

ADAC-Experten informieren

Zukunftstechnologien Was uns morgen antreiben wird.

Alternativen zum Öl für mehr Klimaschutz,
Nachhaltigkeit im Verkehr und bezahlbare
Kraftstoffe.

ADAC

Besser drin. Besser dran.

VERSICHERUNG ■ TOURISTIK ■ FINANZDIENSTLEISTUNG ■ MOBILITÄT

ADAC-Experten informieren:

Zukunftstechnologien

Was uns morgen antreiben wird.

Vorwort	3
Energiebedarf und Ölreserven	4
Energiemix der Zukunft	6
Sparpotenziale herkömmlicher Antriebe	8
Hybridfahrzeuge	10
Alternative Kraftstoffe aus fossilen Quellen	12
Alternative Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen	14
Wasserstoff	16
Elektromobilität	18
Zusammenfassung	20
ADAC-Forderungen	22
Empfehlungen und Tipps	23

Herausgeber: ADAC e.V., Ressorts Verkehr/Test und Technik
Am Westpark 8, 81373 München, Fax (089) 76 76 45 67
E-Mail: verkehr.team@adac.de, www.adac.de/verkehrs-experten

Die Broschüre kann direkt bezogen werden:
ADAC e.V., Ressort Verkehr, Am Westpark 8, 81373 München
Fax (089) 76 76 45 67, E-Mail: verkehr.team@adac.de.

Mengenrabatte auf Anfrage.
Artikelnummer: 2831018, © 2009 ADAC e.V., München

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung des Allgemeinen Deutschen Automobil-Club e.V.



ADAC-Vizepräsident für Verkehr,
Ulrich Klaus Becker



ADAC-Vizepräsident für Technik,
Werner von Scheven

VORWORT

Die individuelle Mobilität ist der Motor, der Wirtschaft und Gesellschaft antreibt und damit unseren Wohlstand sichert. Heute ist die Menschheit mobiler denn je. Für die Zukunft gilt es, diese Mobilität zu erhalten und noch weiter zu verbessern.

Experten zufolge reichen die bekannten Erdölreserven bis ins Jahr 2050. Allerdings wird die Ölförderung technisch immer komplizierter und somit auch teurer. Die Zeiten des preiswerten Öls sind auf Dauer vorbei. Aufgrund des steigenden Energiebedarfs und der ausgereizten Produktionskapazitäten ist der Ölmarkt zusätzlich starken Schwankungen unterlegen. Die Mobilitätskosten werden damit zunehmend unkalkulierbar.

Alternative Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen wie Sonne, Wind, Biomasse und Wasser können zu mehr Kostenstabilität beitragen und die Importabhängigkeit von fossiler Energie verringern. Sie sind von großer Bedeutung für die Verringerung des CO₂ Ausstoßes und der damit einhergehenden Klimaerwärmung. Die Entwicklung heute noch teurer Zukunftstechnologien auf Basis dieser Energiequellen scheint also mehr als eine „rentable“ Überlegung zu sein.

Diese ADAC-Information soll einen Überblick über die zukünftigen Technologien für Energie und Antriebe geben und den Autofahrern eine Perspektive für die individuelle Mobilität der kommenden Jahre und Jahrzehnte eröffnen.



ENERGIEBEDARF UND ÖLRESERVEN

Wir brauchen Energie

Der globale Energiebedarf spiegelt sich in einer astronomischen Zahl wieder: Jedes Jahr verbrauchen wir 140.000 Terrawattstunden (TWh) Energie – knapp 3% davon entfallen auf Deutschland. Von diesen rund 4.000 TWh benötigt der Verkehrssektor mehr als ein Viertel. Den Großteil der Energie gewinnen wir aus Öl, erneuerbare Energieträger tragen derzeit mit weniger als 10%

zur Energiegewinnung bei. Heute liegt Deutschland beim Pro-Kopf-Energieverbrauch noch deutlich vor Ländern wie China oder Indien. Aber der Energiehunger in diesen Staaten nimmt zu – und der weltweite Verbrauch wird nach offiziellen Prognosen bis 2030 um 45% auf 200.000 TWh steigen.

DAS PROBLEM HEISST CO₂

Grundsätzlich sind alle fossilen Brennstoffe endlich. Dabei ist es vollkommen egal, ob Öl, Erdgas oder Kohle – die CO₂-Konzentration wird durch ihre Verbrennung steigen und die damit einhergehende Klimaerwärmung schreitet voran.

Wie viel Öl können wir ins Feuer gießen?

Auch in zwanzig Jahren soll der Energieanteil des Erdöls mit 30% noch an der Spitze der Ressourcen liegen. Laut IEA (International Energy Agency) würden die bekannten Ölreserven aber selbst bei moderatem Anstieg nur noch bis ins Jahr 2050 reichen; nach Berechnungen der EWG (Energy Watch Group) wäre das Ölzeitalter bereits 2030 beendet.

Hoffnung wird in bisher kaum erschlossene Ölsande gesetzt. Aber auch deren Vorräte würden die Frist nur um wenige Jahre verlängern – ihre Förderung ist außerdem mit Umweltzerstörung in sensiblen Ökosystemen verbunden. Es bleibt der Faktor „Unsicherheit“: Manch Ölkonzern-Vertreter hält eine solide Ölversorgung der Menschheit noch bis ans Ende des Jahrhunderts für gesichert – andere sehen erste Engpässe bereits ab 2015.

Besser Gas geben?

Als Alternative und Ergänzung zum Öl eignet sich fossiles Erdgas, dessen Vorräte noch mindestens 30 Jahre ausreichen sollen. Gelänge es technisch und auf umweltverträgliche Weise, die nachgewiesenen Ressourcen in der Arktis anzuzapfen, wäre eine Versorgung mit Erdgas sogar bis ins Jahr 2070 denkbar.

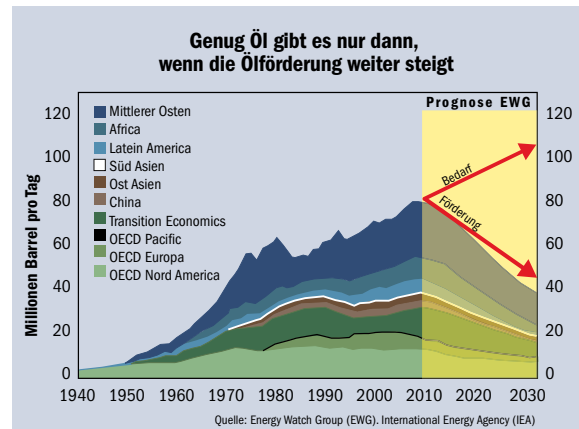
Kohle ist keine Alternative

Die immer noch großen Kohlevorräte reichen als Energielieferant noch für mehr als 100 Jahre. Bei Bedarf lässt sich Kohle sogar zu Kraftstoff verflüssigen (s. Kapitel 6). Allerdings: Die Förderkosten sind hoch – und die CO₂-Umweltbilanz ist desaströs. Deshalb gilt Kohle nicht als geeignete Alternative für zur Neige gehende Ölvorkommen.

Die Zukunft der Energie hat begonnen

Selbst wenn es stimmt, dass es noch jahrzehntelang ausreichend Öl auf der Erde geben sollte – so wird die Produktion immer schwieriger und teurer. Ohne massive Investitionen könnte dem steigenden Energiebedarf kaum Rechnung getragen werden. Die Folge wären Überreaktionen auf den Ölmärkten und unkalkulierbare Mobilitätskosten.

Das Ende des Ölzeitalters wird nicht erst dann eingeläutet, wenn der letzte Tropfen Öl verbraucht ist, sondern bereits dann, wenn sein Preis alternative Kraftstoffe konkurrenzfähig und der Klimaschutz ihren Einsatz zwingend erforderlich machen wird. Um es auf den Punkt zu bringen: Unsere Energieversorgung braucht dringend Alternativen zum Öl.





ENERGIEMIX DER ZUKUNFT

Von Sonne bis Wasser

Die Verfügbarkeit fossiler Rohstoffe wird geringer, die notwendigen Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Reduktion der CO₂-Emissionen werden immer wichtiger. Da die Atomenergie in Deutschland keine gesellschaftliche Akzeptanz hat, bleiben uns erneuerbare Energien wie Biomasse, Erdwärme, Sonne, Wasserkraft oder Wind.

Energie für 2000 Welten

Das Potenzial natürlicher Energieträger, das mit den Technologien von heute genutzt werden könnte, ist fünfmal so hoch wie der weltweite Energieverbrauch. Die gesamte Energiemenge, die jedes Jahr von Sonne & Co. auf der Erde freigesetzt wird, ist sogar 2000mal so groß wie der heutige Weltenergieverbrauch.

Auf den Speicher kommt es an

Erneuerbare Energiequellen unterliegen natürlichen Schwankungen – in der Nacht scheint keine Sonne und der Wind weht nicht jeden Tag. Deshalb wird es für eine ausgeglichene Energieversorgung wichtig sein, neuartige Speicherkapazitäten zu entwickeln.

Die Sonne lacht nicht immer

Aleine die Sonne könnte den dreieinhalb fachen Weltenergiebedarf decken. In Deutschland ist die Photovoltaik zwar auf vielen Dächern installiert, spielt mit einem Anteil von weniger als 1% an der Gesamtenergiemenge aber nur eine untergeordnete Rolle. Der bescheidene Anteil des Solarstroms wird sich im sonnenarmen

Deutschland nicht beliebig erhöhen lassen – und solarthermische Kraftwerke können hierzulande gar nicht effektiv betrieben werden.

Frischer Wind für die Energie

Windkraft könnte die Hälfte des weltweiten Energieverbrauchs decken. Bislang wurden Anlagen überwiegend auf dem Land gebaut, heute errichtet man so genannte Offshore-Windparks in küstennahen Meeresgebieten. In Deutschland stammen ca. 7% des Stroms von Windrädern, künftig könnten es sogar bis zu 25% sein.

Die Masse macht's

Aus organischen Stoffen, die wir als „Biomasse“ bezeichnen, ließen sich bis zu 20% des weltweiten Energieverbrauchs erbringen. Deutschland könnte den gleichen Anteil seines Energiebedarfs aus heimischem Anbau erzeugen. Biomasse kann zur Wärme- und Stromerzeugung sowie zur Herstellung von Kraftstoffen (s. Kapitel 7) verwendet werden.

Wasser marsch!

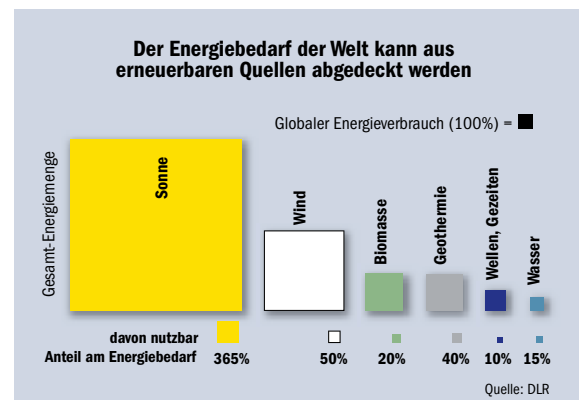
Wasserkraft kann den Weltenergiehunger zu 15% stillen. In Deutschland wird das Potenzial mit knapp 5% schon heute beinahe ausgeschöpft. Von Wellen und Gezeiten angetriebene Rotoren könnten noch einmal bis zu 10% des jährlichen Weltenergiebedarfs erzeugen.

Die Erde liefert Wärme

In der Erde gespeicherte Wärmeenergie könnte bis zu 40% des Energieverbrauchs der Welt abdecken. In Deutschland wird die Erdwärmegewinnung (Geothermie) derzeit ausgebaut und liegt noch unter 0,4% des Energiebedarfs. Zur effektiven Stromerzeugung muss man in Mitteleuropa 2 bis 5 Kilometer tief bohren, zum Heizen sind Wärmesonden schon in 50-160 Metern Tiefe ausreichend – beides ist technologisch keine große Herausforderung mehr.

IN DEUTSCHLAND WIND UND BIO

Bis 2010 sollen in Deutschland 12% der benötigten Energie aus erneuerbaren Quellen stammen, bis 2020 könnten es 30% sein. Die EU möchte die Quote bis 2020 zunächst nur auf 20% erhöhen. Das höchste Potenzial aus heimischer Produktion haben Biomasse, Geothermie und Windkraft.





SPARPOTENZIALE HERKÖMMLICHER ANTRIEBE

Diesel ist genügsam

Den größten Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen hat in der Vergangenheit der Dieselmotor geleistet. Eine bedeutende Entwicklung bei der Dieselmotor-Technologie war und ist die Einführung des „Common Rail Systems“: Durch einen angepeilten Einspritzdruck von 2000 bar und mehr ergeben sich deutliche Verbrauchsvorteile, auch der CO₂ Ausstoß lässt sich somit weiter reduzieren. Zusätzliche Möglichkeiten zur Schadstoffreduktion bieten Abgasnachbehandlungssysteme wie z.B. das SCR-System (Selective Catalytic Reduction): Sie senken die Emissionen von Stickoxid (NOx)

und erlauben sparsame Motoren mit niedrigem CO₂- Ausstoß. So ist z.B. bei Lkw durch das SCR-System eine Verbrauchsreduzierung von bis zu 6% realistisch.

Otto find' ich gut

Die größten Einsparpotenziale hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs bietet in Zukunft der Ottomotor. Auch hier gibt es bereits eine Vielzahl verschiedener Technologien,

teilweise serienmäßig verbaut – z.B. Benzin-Direkteinspritzung mit Piezo-Injektoren (PDI), vollvariable Ventilsteuerung oder Zylinderabschaltung, die eine Verbrauchersparnis von ca. 15% erreichen.

Mit vereinten Kräften

In der Entwicklung befindet sich auch eine neue Motorengeneration. Sie soll die geringen Emissionen des Ottomotors mit dem geringen Kraftstoffverbrauch des Dieselmotors vereinen. Dieser so genannte „Diesotto“ Motor („Combined Combustion System“, CCS) beruht auf der Nutzung von Homogenisierungseffekten, die durch Motor- und Kraftstoffmaßnahmen erreichbar sind.

CLEVER SPRIT SPAREN

Sparsame Autos sind wieder gefragt: Die Hersteller werben mit effizienter Technik und umweltfreundlichen Modellen – und das ist gut so! Wer noch mehr sparen möchte, kann durch clevere Fahrweise und mit ein paar Tipps aus dem ADAC-Spritspartraining noch einmal 20% weniger verbrauchen.

Weniger Hubraum, weniger Verbrauch

Weitere Einsparpotenziale bei Otto- wie auch Dieselmotoren ergeben sich durch das „Downsizing“. Motoren werden mit kleinerem Hubraum ausgestattet, der Leistungsverlust wird durch Aufladung kompensiert, indem eine größere Luftmenge mit mehr Sauerstoff in den Zylinder gepumpt wird. Bei 25% weniger Hubraum und gleichem Drehmoment ergeben sich ca. 10% weniger Verbrauch – und folglich auch weniger CO₂ Emissionen.

Vielfältige Einsparpotenziale

Die Start-Stopp-Automatik schaltet im Stand, z.B. an einer roten Ampel, den Motor ab. Bei Betätigen des Kupplungspedals wird innerhalb weniger Millisekunden wieder gestartet. Im Stadtverkehr ergeben sich Spriteinsparungen von bis zu 15%.

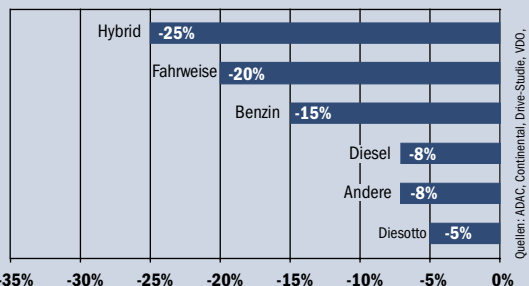
Weitere Einsparpotenziale von ca. 8% werden u.a. durch Leichtbau, bessere Aerodynamik, verbesserte Getriebeübersetzungen und die Optimierung der Nebenaggregate erreicht.

„Blau“ machen ist angesagt

Viele Spartechniken werden bei deutschen Herstellern durch Bezeichnungen wie „Efficient Dynamics“, „Blue Motion“ oder auch „Blue Efficiency“ verdeutlicht. Der Begriff „BlueTec“ stellt ein Konzept zur Abgasnachbehandlung dar.

Bald gehen erste Kleinwagen in Serie, deren Verbrauchsangabe mit einer Drei vor dem Komma beginnt, kleinere Stadtautos sollen sogar einen Verbrauch von unter drei Liter auf 100 km schaffen. Eine unabhängige Vergleichsbasis von Pkw-Modellen unter Berücksichtigung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen bietet der ADAC-EcoTest im Internet unter www.adac.de/ecotest

Maximal mögliche Sparpotenziale beim Kraftstoffverbrauch





HYBRIDANTRIEB

Wirkungsvolle Kombination

Die Kombination verschiedener Antriebsprinzipien oder Energiequellen gilt als Hybridantrieb. Gebräuchlich sind Hybride mit Benzin- und Elektromotor. Aber auch die Kombination von Diesel- und Elektromotor befindet sich in der Entwicklung.

Motor und Batterie als Partner

Bei klassischen Hybridfahrzeugen wird die überschüssige Leistung des Benzinmotors in elektrische Energie umgewandelt und in einer Batterie gespeichert. Diese speist bei Bedarf den Elektromotor. Zusätzlich kann beim Bremsen frei werdende kinetische Energie in der Batterie gespeichert und für den Vortrieb genutzt werden.

Im Gegensatz zum „reinen“ Elektroauto (s. Kapitel 9) muss die Antriebsbatterie nicht über einen externen Stromkreis aufgeladen werden.

Sinkt der Ladezustand der Batterie, arbeitet der Elektromotor als Generator und lädt sie während der Fahrt wieder auf.

Mal mild, mal voll

Beim „Mild-Hybrid“ erzeugt ein kombinierter Starter-Generator beim Rollen und Bremsen Strom, der in der Batterie gespeichert wird. Bei Bedarf unterstützt er als Elektromotor den Verbrennungsmotor – vor allem beim Beschleunigen. Die Verbrauchsreduktion lag im ADAC-EcoTest teilweise bei über 25%.

Der „Voll-Hybrid“ nutzt das gleiche Antriebsprinzip, kurze Strecken können aber auch alleine mit dem Elektromotor bewältigt werden. Die Leistung des verwendeten Elektromotors ist meist deutlich höher als beim Mild-Hybrid. Verbrauchsreduktion im ADAC-EcoTest: bis ca. 35%.

Beim „Plug-In-Hybrid“ kann die Batterie über eine Steckdose extern aufgeladen werden. Die mögliche Verbrauchsreduktion und die Länge der „rein elektrischen“ Fahrten beim Plug-In-Hybrid hängen von der Auslegung der Batteriegröße ab. Nicht ganz passend, werden manchmal Start-Stopp-Systeme als Micro-Hybrid bezeichnet.

Vorteile bei „Stop and Go“

Seine Vorteile zeigt der Hybridantrieb vor allem während Stadt- und Kurzstreckenfahrten, bei denen der uneffiziente und permanent Kraftstoff verbrauchende Verbrennungsmotor vom Elektromotor abgelöst wird: Das Hybridfahrzeug spart dabei Kraftstoff in der Größenordnung von durchschnittlich ca. 15-25% – gleichzeitig sinken die Schadstoffemissionen.

Da der Elektromotor sein volles Drehmoment aus dem Stand heraus entfaltet, ist gleichzeitig eine bessere Beschleunigung von etwa 10-20% möglich. Für leichte bis mittelschwere Nutzfahrzeuge ist die Technik dabei ebenso verwendbar wie für Busse.

Mit Hybrid in den Alltag

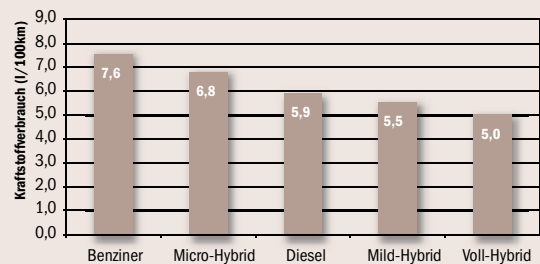
Wie umweltfreundlich Hybridfahrzeuge sind, zeigen die Ergebnisse des ADAC EcoTests: Hier liegen Hybrid-Fahrzeuge ganz vorne. Der Testprimus lief auch bei einem Langzeittest über 90.000 Kilometer absolut problemlos – keine Pannen, keine außerordentlichen Reparaturen.

Eine steuerliche Förderung gibt es in Deutschland allerdings nicht. Kostenvorteile ergeben sich aber durch den geringeren Kraftstoffverbrauch. Darüber hinaus werden Hybridfahrzeuge nach der neuen Kfz-Besteuerung auf CO₂-Basis ab Juli 2009 besser gestellt als bisher nur auf der Basis von Hubraum.

HYBRID HAT ZUKUNFT

Der Hybridantrieb stellt eine sinnvolle Übergangslösung auf dem Weg zum reinen Elektroauto dar. Besonders auf stauegeplagten Strecken oder im Stadtverkehr kann der Verbrauch um ca. 25% reduziert werden.

Weniger Verbrauch mit Hybrid



Quelle: ADAC EcoTest, untere Mittelklasse



□ ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE AUS FOSSILEN QUELLEN

Erdgas vs. Autogas

Erdgas und Autogas können nach entsprechender Modifizierung des Motorumfeldes zum Betrieb von Ottomotoren verwendet werden. Erdgas (CNG, Compressed Natural Gas) besteht zum größten Teil aus Methan und wird unter Hochdruck (200 bar) gespeichert; Autogas (LPG, Liquefied Petroleum Gas) ist ein unter Niederdruck (8 bar) verflüssigtes Gemisch aus Propan und Butan.

Das größte Plus von Erdgas ist die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes um ca. 20 % - bei Autogas liegt diese bei rund 10 %. Grund hierfür ist deren geringerer Kohlenstoffgehalt im Vergleich zu Benzin.

Ist „Gas geben“ wirklich sinnvoll?

Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich für Vielfahrer und Autos mit hohem Verbrauch. Da der volumetrische Heizwert von Autogas um ca. 25 % im Vergleich zu Benzin niedriger liegt, steigt der Verbrauch um 10 bis 30 %. Je nach Spritpreis macht sich eine Umrüstung nach 50.000 bis 70.000 Kilometern bezahlt, eine gute Hilfestellung bieten hierfür ADAC-Kostenvergleiche im Internet.

ERDGAS ODER AUTOGAS?

Neuwagenkäufer entscheiden sich oftmals für ein Erdgasauto ab Werk mit voller Garantie und sauberer Umweltbilanz. Wer sein Auto auf günstigen Gasantrieb umrüsten will und auf ein dichteres Tankstellennetz angewiesen ist, wählt oft Autogas. Der ADAC-Kostencheck im Internet hilft bei der Wahl.

Gut gerüstet für die Zukunft?

Eine Nachrüstung auf Autogas ist nur für Benziner (ohne Direktinspritzung) sinnvoll. Dabei wird ein Stahltank (50 Liter) in der

Reserveradmulde untergebracht. Umrüstungen machen eine technische Abnahme erforderlich, es sollten daher nur Anlagen eingebaut werden, die nach ECE-R 115 zertifiziert sind.

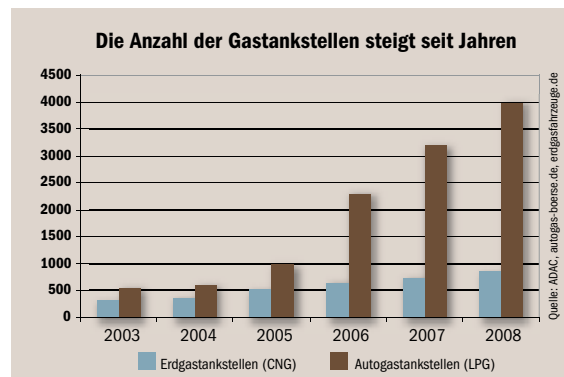
Aufgepasst: Die Werksgarantie erlischt nach einer Nachrüstung durch Dritte - am besten eine Garantievericherung abschließen! Eine Nachrüstung auf Erdgas wird kaum angeboten, weil die Kosten zu hoch sind und viel Platz im Kofferraum verloren geht. Bei Serienfahrzeugen erfolgt die Erdgas-Speicherung in Tanks am Fahrzeugunterboden.

Synthetische Kraft aus Kohle und Gas

Seit einigen Jahren wird an der Entwicklung synthetischer Benzin- und Diesel-Kraftstoffe aus fossilen Rohstoffen wie Kohle oder Erdgas gearbeitet. Bei der Umwandlung von Kohle in Kraftstoff (CtL - Coal to Liquid) wird allerdings viel CO₂ freigesetzt.

Vorteilhafte Eigenschaften

Vorteil synthetischer Kraftstoffe sind deren beeinflussbare Eigenschaften, die eine optimale Abstimmung von Kraftstoff und Brennverfahren ermöglichen. Aus Gründen des Umweltschutzes bietet sich hier vor allem das Erdgas (GtL - Gas to Liquid) an: GtL-Kraftstoff kann dazu beitragen, den CO₂-Ausstoß am Fahrzeug und die Partikel-Emissionen zu reduzieren. Im Vergleich zur direkten Nutzung von Erdgas (CNG) bietet GtL ähnliche Emissionsvorteile. Allerdings ist hier keinerlei Nachrüstung oder neue Infrastruktur notwendig, der Kraftstoff kann direkt oder als Beimischung zum Diesel in beliebiger Menge eingesetzt werden.





ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE AUS ERNEUERBAREN QUELLEN

Bio im Tank

Biodiesel wird durch chemische Umesterung aus Pflanzenöl hergestellt. Dadurch werden Fließfähigkeit und Zündwilligkeit verbessert. Die Verwendung als Kraftstoff für Dieselmotoren ist jedoch nur zulässig, wenn eine Freigabe des Automobilherstellers vorliegt – andernfalls sind Schäden (z.B. an Einspritzpumpen) nicht auszuschließen.

Auch reines Pflanzenöl kann in Dieselmotoren zum Einsatz kommen. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine entsprechende technische Umrüstung, für die allerdings Freigaben der Kfz-Hersteller fehlen und somit die Fahrzeuggarantie erlischt. Einen Beitrag zum Einsatz regenerativer Energieträger kann Biodiesel auch durch Beimischung zum Dieselmotorkraftstoff (derzeit max. 7 %) liefern.

Aus Pflanzen wird synthetische Kraft

Analog zu CtL und GtL (siehe Kapitel 6) lassen sich synthetische Kraftstoffe auch aus Biomasse (BtL – „Biomass to Liquid“) herstellen. BtL gehört zu den Biokraftstoffen der zweiten Generation. Diese ermöglichen die Verwendung einer breiten Rohstoffbasis (z.B. ganze Pflanzen, pflanzliche Abfälle). BtL steht somit nicht zwingend in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion, ermöglicht den

Einsatz landwirtschaftlicher Reststoffe und erfordert keine zusätzlichen Anbauflächen.

Biokraftstoffe der ersten Generation hingegen verwenden vorwiegend Pflanzenfrüchte und treten so direkt in Konkurrenz zum Nahrungsmittelmarkt. Sie sind darüber hinaus weniger effizient als BtL der zweiten Generation.

TANK ODER TELLER?

Sprit vom Acker darf nicht auf Kosten dringend benötigter Nahrungsmittel produziert werden. Biokraftstoffe der zweiten Generation haben das Potenzial, dieses Dilemma zu lösen, wenn vorwiegend Pflanzenreste oder Holz für deren Produktion verwendet werden.

Fahren mit Alkohol

Bioethanol (Ethylalkohol) wird durch Destillation nach alkoholischer Gärung oder durch vergleichbare biochemische Methoden aus nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Getreide, Zuckerrüben, Zuckerrohr) gewonnen. Verfahren zur Herstellung auf Basis von Lignocellulose (z.B. Stroh, Holz) befinden sich noch im Pilotstadium.

Als Kraftstoff wird Ethanol als E85 (85% Ethanol, 15% Benzin) angeboten. Dessen Verwendung ist in den so genannten „Flexible Fuel Vehicles“ (FFV) möglich. Diese basieren auf vergleichbaren Benzinmodellen, ihre Motoren und alle kraftstoffführenden Komponenten werden jedoch auf den ethanolhaltigen Kraftstoff hin angepasst.

Einen Beitrag zum Einsatz regenerativer Energieträger kann Ethanol auch durch Beimischung zum Ottokraftstoff liefern.

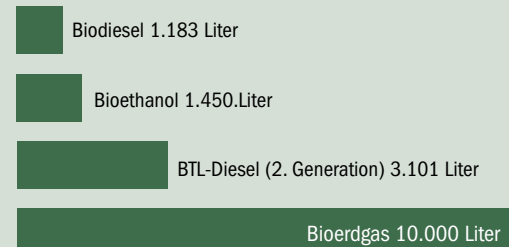
Biogas geben!

Bio-Erdgas (Biomethan) ist ein brennbares Gasgemisch, das bei der Vergärung von Gülle, Lebensmittelabfällen, nachwachsenden Rohstoffen oder anderem organischen Material entsteht. Durch entsprechende Aufbereitung kann Bio-Erdgas auf eine Qualitätsstufe mit Erdgas gebracht, in das bestehende Erdgasnetz eingespeist und sowohl für Gebäudeheizung wie für Stromproduktion oder als Kraftstoff eingesetzt werden.

Die deutsche Erdgaswirtschaft sieht eine freiwillige Beimischung von bis zu 10% Biomethan zum herkömmlichen Erdgas bis 2010 vor. Bis 2020 soll dieser Anteil auf 20% steigen.

Bioerdgas hat die höchste Flächeneffizienz

Ertrag aus 1 ha Ackerfläche



Quelle: EON, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Schmack Biogas AG



WASSERSTOFF

Der Stoff aus dem die Träume sind?

Auf der Suche nach Ersatz für fossile Brennstoffe wie Erdöl wird langfristig Wasserstoff als zukunftsfähiger Energieträger angesehen. Die lokale Emissionsfreiheit ist ein klarer Vorteil des Wasserstoff-Fahrzeuges.

WASSERSTOFF ALS SPRIT DER ZUKUNFT?

Wasserstoff ist zwar das häufigste Element im Universum, kommt in der Natur aber nur in gebundener Form vor. Dessen Gewinnung benötigt daher viel Energie, die zukünftig aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden muss. Der Aufbau einer Tankstellen-Infrastruktur und eine praxiserhaltende Weiterentwicklung der Technik werden noch einige Jahre dauern.

Die Wasserstoff-Gewinnung durch Elektrolyse aus Wasser und mit Strom aus regenerativen Quellen stellt eine Zukunftsoption dar und würde eine CO₂-Bilanz von nur 20 g/km ermöglichen.

Diese Zelle gibt Stoff

Brennstoffzellen-Fahrzeuge werden wie Elektrofahrzeuge von einem Elektromotor angetrieben. Der hierfür erforderliche Strom wird jedoch nicht in einer Batterie mitgeführt, sondern in der Brennstoffzelle im Fahrzeug erzeugt. Dies erfolgt durch die Umkehrung der Elektrolyse.

Dabei reagieren Wasserstoff und Luftsauerstoff zu Wasser – das Resultat sind elektrische Energie und Wärme. In diesem elektrochemischen Prozess wird also chemische Bindungsenergie in elektrische Energie umgewandelt, die den Elektromotor antreibt.

Wasserstoff kommt in der Natur aber nur in gebundener Form vor – d.h. er muss unter hohem Energieeinsatz gewonnen werden. Ein wesentlicher Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Verkehr ist daher erst möglich, wenn die Wasserstoffherzeugung mittels regenerativer Energiequellen erfolgt.

Die größten Mengen Wasserstoff (ca. 98 %) werden heute aus Erdgas, Erdöl oder Kohle hergestellt.

Die Reichweite eines Pkw mit gasförmigen Wasserstoff und Brennstoffzelle liegt heute bei gerade mal 150 Kilometern. Flüssig besitzt Wasserstoff zwar die höchste Energiedichte (33 kWh/kg, zum Vergleich Benzin 12 kWh/kg) und würde höhere Reichweiten ermöglichen, er muss aber in diesem Zustand auf minus 253 °C gekühlt werden, die notwendige Isolation benötigt einen Großteil des Tankvolumens und der Kraftstoff entweicht mit zunehmender Temperatur aus dem Tank durch Überdruck-Ventile.

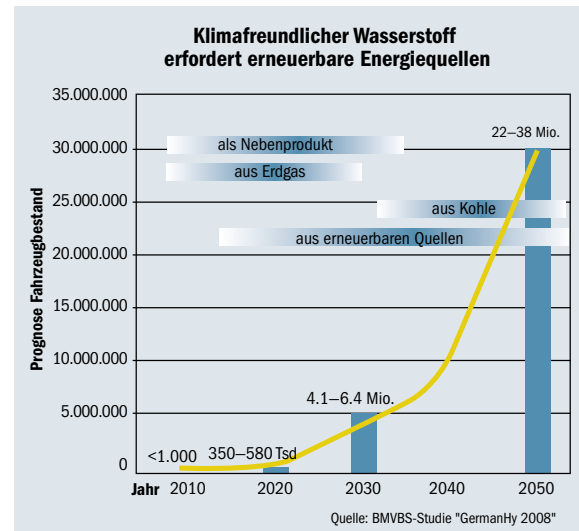
Wasserstoff im Ottomotor

Wasserstoff kann auch in modifizierten Ottomotoren als Kraftstoff zum Einsatz kommen. Bisherige Motoren sind dabei bivalent. Sie basieren auf vergleichbaren Benzinmodellen, unterscheiden sich jedoch durch das modifizierte Ansaugsystem, das einerseits eine Direkteinspritzung des Benzins, andererseits eine Einblasung des Wasserstoffs in die Saugrohre ermöglicht.

Nur 4 Tankstellen im ganzen Land

Die Speicherung von Wasserstoff erfolgt in speziellen Tanks entweder gasförmig unter sehr hohem Druck von 350 bar oder flüssig bei minus 253 ° mit spezieller Tank-Isolierung.

Das Problem bei Wasserstofffahrzeugen sind derzeit nicht nur die hohen Herstellungskosten, sondern auch die ungenügende Tankstellen-Infrastruktur: Anfang 2009 gab es in Deutschland nur 4 öffentliche Wasserstoff-Tankstellen, die gesamte Infrastruktur muss also erst vollständig aufgebaut werden.





□ ELEKTROMOBILITÄT

Sprit aus der Steckdose

Elektroautos beziehen ihre Energie über das Stromnetz und speichern sie in Batterien (Plug-In). Zusätzlich ist es möglich, wie beim Hybridauto die Bremsenergie durch Rückführung „wiederzuverwerten“.

Entscheidend ist dabei die Kapazität der Akkus – sie müssen so viel Energie (Reichweite) wie möglich speichern und gleichzeitig eine hohe Leistungsdichte (Fahrleistungen) garantieren. Außerdem muss die Funktionsfähigkeit bei üblichen Umgebungstemperaturen gewährleistet sein. Diesen Anforderungen werden nach heutigem Kenntnisstand am ehesten Lithium-Ionen-Batterien gerecht.

Leistung hat Gewicht

Grundsätzlich problematisch bei Elektroautos ist das schlechte Verhältnis von Leistung zu Gewicht. Trotz der hohen Energiedichte der

Lithium-Ionen-Akkus von etwa 0,12 kWh/kg (0,20 kWh/kg werden angestrebt) steht dieser Wert einem Liter Diesel (10 kWh/kg) um Faktor 50 erheblich nach. Dieser Nachteil wird durch den dreifach höheren Wirkungsgrad (ca. 75 %) teilweise wettgemacht. Derzeit erreicht man je nach Motorisierung und Fahrzeugklasse eine Reichweite von rund 50

bis 100 km aus 100 kg Lithium-Ionen-Akkus. Trotz der noch geringen Reichweite wäre aber reiner Batteriebetrieb für viele Pendler bereits geeignet, zumal 70 % der Fahrten zur Arbeit unter 40 km liegen.

Batterien müssen laden

Akzeptable Ladezeiten unter 15 Minuten sind noch mit keinem der derzeit bekannten Batterietypen darstellbar. Ein normiertes Batterie-

Austauschsystem oder eine Kombination mit einem Verbrennungsmotor als Stromgenerator könnten aber auch längere Fahrstrecken möglich machen.

Grundsätzlich muss erst ein neues „Tankstellennetz“ aufgebaut werden. Aber auch eine Ladung in der heimischen Garage, in Firmen- und Kaufhausparkhäusern oder an P&R-Parkplätzen erscheint sinnvoll, wenngleich dafür ein neues Abrechnungssystem entwickelt werden müsste.

Zukünftig könnte sogar überflüssiger Strom in die Autos eingespeist und bei Spitzenlast aus den Fahrzeugen entnommen werden, um das Stromnetz effizienter auszulasten.

Wenig CO₂ sparsam im Verbrauch

Positiv ist die lokale Emissionsfreiheit: Die Umweltbilanz der Fahrzeuge mit Elektromotor ist allerdings davon abhängig, woher die Energie stammt. Während der derzeitige Strom-Mix in Deutschland einen CO₂-Ausstoß von 110 g/km ergibt, würde die Herstellung der elektrischen Energie aus rein erneuerbaren Energiequellen diesen Wert auf 10 g/km reduzieren – vorausgesetzt, dass technische Fragen im Bezug auf das Mehrgewicht oder den Batterieverbrauch positiv gelöst werden.

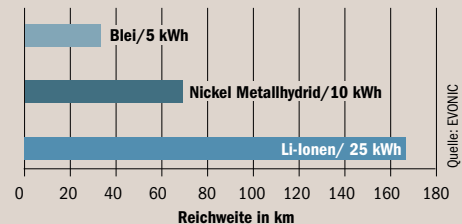
Wenn man für den „Verbrauch“ bei Elektroautos einen Wert von 20 kWh pro 100 km veranschlagt, so würde das bei den heutigen Strompreisen die Halbierung der reinen Spritkosten im Vergleich zu Benzinmotoren bedeuten. Dabei müssen zwar die Mehrkosten für die Akkus noch berücksichtigt werden, sie können aber durch Einsparungen beim Getriebe, das in Elektroautos nicht benötigt wird, teilweise relativiert werden.

Bis 2020 wird von 1 Million Elektrofahrzeugen auf deutschen Straßen ausgegangen. Laut der Energiewirtschaft sollen dafür keine zusätzlichen Kraftwerke gebaut werden müssen.

FÄHRT DIE ZUKUNFT ELEKTRISCH?

Bis praxistaugliche Akkutechnologie zur Verfügung steht, vergehen noch einige Jahre. Für kurze Pendlerstrecken ist die Reichweite von Elektroautos aber heute schon ausreichend. Auf längeren Strecken könnte eine Kombination mit einem herkömmlichen Verbrennungsmotor für genug „Saft“ im Akku sorgen.

So weit kommt man mit einer 125 kg schweren Autobatterie





ZUSAMMENFASSUNG

Benzin und Diesel sind Auslaufmodelle

Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Verringerung der Importabhängigkeit und Erhöhung der Kostenstabilität für Energie und Kraftstoffe – das sind die Beweggründe, warum wir uns auch im Straßenverkehr zeit-

nah auf alternative Energiequellen und Antriebe umstellen müssen.

Benzin und Diesel werden voraussichtlich bis mindestens 2050 verfügbar sein. Der Anteil dieser Kraftstoffe wird aber stark zurückgehen – weil die Ölförderkosten steigen und die Preise alternativer Energien und Antriebe somit konkurrenzfähiger sein werden.

WIE FÄHRT DIE ZUKUNFT?

Eines ist sicher: Zukünftig wird es nicht nur einen Antrieb geben. Aus der heutigen Sicht fährt die Zukunft teils elektrisch und teils mit Biosprit oder Wasserstoff. Entscheidend wird dabei sein, die notwendige Energie aus erneuerbaren und klimaschonenden Energiequellen zu gewinnen.

Alternative Kraftstoffe drängen sich auf

Teurer Sprit und CO₂-Vorgaben werden die Effizienzsteigerung der herkömmlichen Verbrennungsmotoren sowie den Einsatz sparsamer Hybridtechnologie vorantreiben. Autogas (LPG) und Erdgas (CNG) stellen eine sinnvolle Alternative zu Benzin und Diesel dar und haben das Potenzial, weitere Marktanteile zu gewinnen.

Durch konsequente, ökologisch nachhaltige und sozial verträgliche Nutzung der Biomasse können bis zu 20 % des Kraftstoffbedarfs vom Acker oder aus Pflanzenresten bereitgestellt werden. Das höchste Potenzial haben hierbei Biokraftstoffe der zweiten Generation wie Bioerdgas oder BTL-Diesel. Hier sind aber noch intensive Entwicklungen und neue Herstellungswerke vonnöten.

Elektromotoren gehört die Zukunft

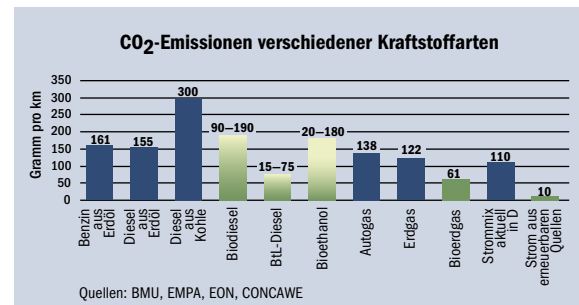
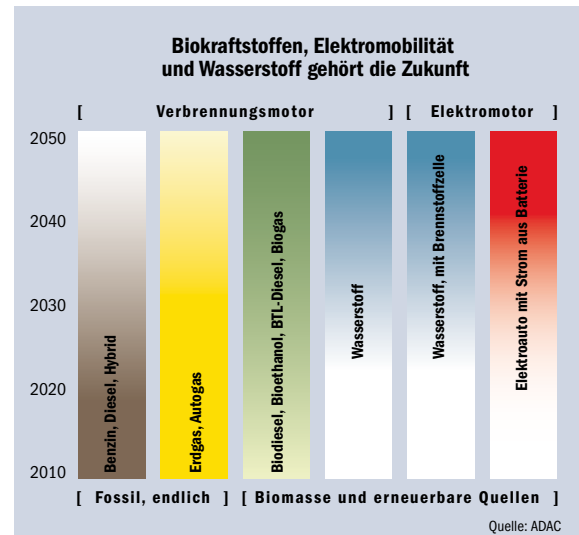
Wenn es den Forschern gelingt, eine praxistaugliche Akkutechnologie für Elektroautos zu entwickeln, dann steht einer flächendecken-

den Einführung dieser Technologie nichts mehr im Wege – zumal es Elektromotoren seit mehr als 100 Jahren gibt.

Die Reichweite der Lithium-Ionen Akkus genügt heute schon für die meisten Pendlerstrecken und Stadtfahrten, für längere Fahrten könnte ein Generator den Strom aus Benzin oder Diesel erzeugen.

Wasserstoff braucht noch Zeit

Wasserstoff kann in einfach modifizierten Verbrennungsmotoren als Kraftstoff direkt eingesetzt werden oder als Energiequelle in einer Brennstoffzelle für die Stromerzeugung sorgen. Bevor aber der Wasserstoff das Öl ersetzen kann, müssen noch viele technologisch ungelöste Probleme mit der Brennstoffzellen-Technik sowie der Praxistauglichkeit dieses Kraftstoffs erforscht werden.





ADAC-FORDERUNGEN

1. Energiestrategie für Deutschland und Europa entwickeln.

Für die zukünftige Mobilität muss ausreichend Energie für Elektroautos oder Wasserstoffherstellung aus erneuerbaren, klimaschonenden Quellen gewonnen werden.

2. Rahmen für nachhaltige Kraftstoffproduktion schaffen.

Ölförderung und Produktion von Biosprit müssen nicht nur nach Umweltkriterien, sondern auch unter sozialen Aspekten verbindlich betrachtet werden.

3. Rechtzeitig in bedarfsgerechte Ölförderung investieren.

Versorgungsengpässe würden zu unkalkulierbaren Energiepreisen führen und sowohl die Mobilität wie auch die wirtschaftliche Entwicklung weltweit gefährden.

4. Energie und Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen entwickeln.

Alternative Kraftstoffe und Energie verringern die Importabhängigkeit und tragen so zur Preisstabilität an der Zapfsäule aber auch zum Klimaschutz bei.

5. Biokraftstoffe der zweiten Generation entwickeln.

Bioerdgas und BtL-Biokraftstoffe haben das größte Potenzial, um aus Pflanzenresten oder Holz auf kleinstmöglicher Ackerfläche umweltfreundliche Kraftstoffe herzustellen.

6. Kraftstoffverbrauch durch Einsatz der Hybrid- und Motorentechnik verringern.

Bewusste Kaufentscheidung für Autos mit modernen Antriebstechnologien spart Betriebskosten und schont natürliche Ressourcen.

7. Neuwagenangebot mit Gasantrieb ausweiten.

Der Einsatz von Gasautos hilft dank steuerlicher Subventionen, Geld zu sparen und verringert die Abhängigkeit von Benzin und Diesel bei gleichzeitig geringerer Umweltbelastung.

8. Alternative Antriebe auf Basis erneuerbarer Energieträger entwickeln.

Elektroautos oder Wasserstoffantriebe können die Abhängigkeit vom Öl verringern – vor allem dann, wenn Strom und Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen produziert werden.

9. Infrastruktur für die Zukunftstechnologien rechtzeitig entwickeln.

Die Versorgungsinfrastruktur (z.B. Wasserstofftankstellen oder Ladestationen für Elektroautos) muss parallel zum technischen Fortschritt geplant, entwickelt und aufgebaut werden.

10. Qualifizierung des Servicepersonals sicherstellen.

Werkstatt-Techniker, Feuerwehr, Rettungsmannschaften oder Pannendienste müssen für die Hochspannungssysteme der Elektroantriebe qualifiziert werden.

ADAC-EMPFEHLUNGEN UND TIPPS FÜR AUTOFÄHRER

1. Informieren Sie sich vor jedem Autokauf, ob für Ihr Wunschauto alternative Antriebskonzepte angeboten werden.
2. Checken Sie die Praxistauglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Umwelteigenschaften (ADAC EcoTest) Ihres Wunschautos.
3. Bei Fahrzeugen mit innovativer Spar- oder Hybridtechnik lassen sich Modelle mit kleinerem Hubraum wählen.
4. Durch spritsparende Fahrweise können Sie bis zu 20% Kraftstoff einsparen – lernen Sie es bei einem ADAC-Spritspartraining!
5. Hybridtechnik ist schon heute einsetzbar und rechnet sich besonders für staugeplagte Strecken oder Stadtverkehr.
6. Fahrzeuge mit bivalentem Autogas- oder Erdgasantrieb helfen, die Spritkosten zu reduzieren – checken Sie aber die Verfügbarkeit der Gastankstellen.
7. Gasfahrzeuge sind genauso sicher wie vergleichbare Benzin- oder Dieselmodelle – das hat der ADAC in Tests bewiesen.
8. Autos mit Gasantrieb sind meist umweltfreundlicher.
9. Durch die Nachrüstung von Gasantrieben erlischt zwar die Fahrzeuggarantie – dieses Risiko kann aber durch den Abschluss einer Zusatzgarantie ausgeschlossen werden.
10. Elektro- und Wasserstoffautos werden erst in einigen Jahren massenmarktauglich sein; bei einer aktuellen Kaufentscheidung spielen sie noch keine Rolle.

Alle wichtigen Informationen zu den in dieser Infobroschüre behandelten Themen erhalten Sie immer aktuell im Internet unter **www.adac.de**

2831018/05.09