

Fortschrittsbericht 2004

Perspektiven für Deutschland

Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung

- Auszug - □

□

"Die Kraftstoffstrategie - □

Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe" □

□

Abschnitt E. III., Seiten 170 - 196, 240

III. Die Kraftstoffstrategie

Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe

1. Ausgangslage

a) Verbrauch fossiler Kraftstoffe mindern

Das Öl ist der Treibstoff für den Verkehr. Als Antwort auf die weltweit steigende Nachfrage nach Öl, dessen verfügbare Vorkommen begrenzt sind, und wegen der Klimarelevanz fossiler Energieträger muss der Verbrauch fossiler Kraftstoffe gesenkt werden. Die Entwicklung alternativer Kraftstoffe und energiesparender Antriebe ist deshalb für die Sicherung einer nachhaltigen Mobilität von überragender Bedeutung.

b) Ziele der Kraftstoffstrategie

Mit der Strategie für alternative Kraftstoffe und Antriebstechnologien verfolgt die Bundesregierung insbesondere folgende Ziele:

- Der Verbrauch fossiler Kraftstoffe soll gesenkt und damit die Abhängigkeit vom Öl verringert werden (Versorgungssicherheit).
- Der Ausstoß von Treibhausgasen aus dem Verkehrsbereich soll vermindert werden (Klimaschutz).
- Die aussichtsreichen alternativen Kraftstoffe und Antriebe, die auch ein hohes Mengenpotenzial haben, sollen identifiziert werden (Innovation und Wirtschaftlichkeit).
- Der Handlungsbedarf, um die wirtschaftlich aussichtsreichen Alternativen voranzubringen, soll ermittelt und in einem Maßnahmenprogramm zusammengefasst werden (Umsetzung).

Zusammenfassend ist die Bundesregierung der Auffassung, dass wegen der langfristigen wirtschaftlichen, verkehrlichen und ökologischen Auswirkungen dringend eine erfolgversprechende Strategie für den Einsatz von wettbewerbsfähigen alternativen Kraftstoffen und Antriebstechnologien erforderlich ist. Vor allem soll das innovative Potenzial alternativer Kraftstoffe und Antriebstechnologien für Wachstum und Beschäftigung genutzt werden. Insgesamt wird damit ein wichtiger Beitrag nicht nur zur umweltfreundlichen Mobilität, sondern insgesamt zur nachhaltigen Entwicklung unseres Landes geleistet.

c) Erfolgversprechende Alternativen

Bei der Kraftstoffstrategie geht es nicht darum, den „idealen Kraftstoff oder Motor der Zukunft“ zu finden. Vielmehr werden die Kraftstoffoptionen und Antriebstechnologien identifiziert, die für die Zukunft viel versprechende Potenziale aufweisen. Darauf sollen die knappen Ressourcen von Staat und Wirtschaft konzentriert werden. Es wird eine Orientierung gegeben, welche Entwicklungen für tragfähig angesehen werden. Vor allem zeigt sich, welche Kraftstoffe und Antriebstechnologien auf der Zeitschiene relevant werden.

Die Kraftstoffstrategie orientiert sich an den Ausbauzielen der Europäischen Union. In diesem Sinne hat das Europäische Parlament in einer EntschlieÙung vom Oktober 2002 die Kommission aufgefordert, „rasch eine langfristige Strategie für

Bio- und Alternativkraftstoffe unter Berücksichtigung ihrer Ökobilanz auszuarbeiten und somit ein klares Signal hinsichtlich der Investitionen in diesem Sektor auszusenden“.

Eine gemeinsam mit Wissenschaft und Wirtschaft entwickelte und in europäische und internationale Strategien eingebundene Kraftstoffstrategie wird auf lange Sicht Planungssicherheit für Investitionen schaffen und Anreize für Innovationen geben. Damit wird es der Industrie erleichtert, auch in Zukunft eine technisch und wirtschaftlich führende Rolle auf dem Weltmarkt zu spielen. Innovationen bei Kraftstoffen und effiziente Antriebstechnologien können hierzu einen wichtigen Beitrag leisten.

2. Vorgehensweise

Damit in dem komplexen Thema nicht die Übersicht verloren geht, ist eine stringente Vorgehensweise erforderlich.

a) Bestandsaufnahme (Abschnitt 3)

Am Anfang muss eine umfassende Bestandsaufnahme (Abschnitt 3) stehen. Diese muss den aktuellen Stand der nationalen, europäischen und internationalen Aktivitäten bei der Entwicklung alternativer Kraftstoffe und Antriebe darstellen und bewerten.

b) Bewertung der Alternativen (Abschnitt 4)

Die Vielzahl möglicher alternativer Kraftstoffe und Antriebe muss auf der Grundlage einheitlicher ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeitskriterien bewertet werden.

c) Identifizierung aussichtsreicher Alternativen (Abschnitt 5)

Auf der Grundlage der Bewertungsmatrix sind die aussichtsreichen Alternativen zu identifizieren, die unter Klimagesichtspunkten gut abschneiden und gleichzeitig hinsichtlich Volumen und internationaler Marktdurchdringung über ein hohes Potenzial verfügen.

d) Handlungsbedarf und Maßnahmenprogramm (Abschnitt 6)

In einem nächsten Schritt ist zu ermitteln, welcher Handlungsbedarf besteht, um die identifizierten aussichtsreichen Alternativen zu entwickeln und das Potenzial zu nutzen (Maßnahmenprogramm).

3. Bestandsaufnahme

Eine national ausgerichtete „Kraftstoffstrategie“ macht gerade für Deutschland mit seiner in hohem Maße exportorientierten Automobilindustrie und seiner Lage im Herzen Europas keinen Sinn. Überlegungen zu einer Strategie für zukunftsfähige Kraftstoffalternativen und innovative Antriebskonzepte müssen daher in das europäische und internationale Umfeld passen. Insbesondere in Japan und den USA wird mit beträchtlicher staatlicher Unterstützung an der Entwicklung innovativer Antriebstechnologien und alternativer Kraftstoffe gearbeitet.

a) Wichtige Kraftstoffoptionen

Herkömmliche, bereits marktfähige Kraftstoffe

Erdgas (überwiegend Methan) kann unter hohem Druck in komprimierter (Compressed Natural Gas [CNG]) und **Autogas/Flüssiggas** in verflüssigter Form (Liquified Petroleum/Natural Gas [LPG], Propan/Butan-Gemisch) direkt als Kraftstoff eingesetzt werden.

Aufgrund seiner hohen Oktanzahl ist Erdgas für entsprechend ausgerichtete Ottomotoren geeignet. Der Vorteil von Erdgas im Vergleich zu konventionellen Otto- und Dieselmotoren liegt in seinen besonders niedrigen Emissionen von NO_x und Partikeln, wie seinem relevanten CO₂-Minderungspotenzial im Vergleich zur bestehenden Fahrzeugflotte. Die Verwendung von Erdgas ist im Vergleich zu anderen fossilen Kraftstoffen derzeit mit höheren Kosten für den Motor, die Speicheranlage sowie für die Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten der Tankstelle verbunden. Mittelfristig können hier deutliche Einsparpotenziale durch Serienproduktion von Fahrzeugen realisiert werden. Weltweit gibt es ca. 9 Mio. Flüssiggasfahrzeuge und ca. 2,5 Mio. Erdgasfahrzeuge, davon allein ca. 1 Mio. in Argentinien und jeweils ca. 0,4 Mio. in Italien, Brasilien und Pakistan. Über 3 Mio. Fahrzeuge werden in der Europäischen Union mit Flüssiggas und mehr als 420.000 mit Erdgas betrieben.

Biodiesel (Fettsäuremethylester [FAME]) wird aus Fetten oder aus Ölpflanzen (Raps/Sonnenblumen; Rapsmethylester [RME]) mit Methanol gewonnen und kann bis zu 5 % dem herkömmlichen Dieselmotorkraftstoff beigemischt werden. Deutschland ist mit einer Anlagenkapazität von knapp 1,1 Mio. t pro Jahr (2003) weltweit der größte Biodieselhersteller. Dabei hat sich die Produktionskapazität in den letzten 10 Jahren verzehnfacht. Wegen der begrenzten Flächen für den Rapsanbau ist in Zukunft nur in engen Grenzen von einem weiteren Ausbau der Kapazitäten auszugehen.

Die Verwendung von **Pflanzenöl in reiner Form** als Kraftstoff beschränkt sich in Deutschland auf den Einsatz von Rapsöl. Betrieben werden derzeit einige tausend Pkw sowie eine geringe Anzahl von landwirtschaftlichen Maschinen.

Die klassische Gewinnung von **Bioethanol** erfolgt über die biotechnologische Vergärung zuckerhaltiger Rohstoffe. In Deutschland mögliche Rohstoffe sind insbesondere Getreide, Kartoffeln oder Zuckerrüben (im Bau befindliche Produktionskapazität 500.000 t aus Getreide). Für den Kraftstoffsektor wird Bioethanol insbesondere in Brasilien genutzt und hauptsächlich aus Zuckerrohr produziert. Die Bioetha-

nolproduktion aus Lignocellulose (Restholz, nicht zuckerhaltige Biomasse) befindet sich derzeit im Entwicklungsstadium (siehe unten). In herkömmlichem Ottokraftstoff kann Ethanol nach DIN EN 228 bis zu 5 % beigemischt werden.

Aufgrund der weltweiten Verbreitung von Ottokraftstoff weist Ethanol außerhalb Europas von allen regenerativen Kraftstoffen die größte Verbreitung auf. Die größten Ethanolproduzenten und Nutzer sind Brasilien (rund 9,5 Mio. t pro Jahr) und die USA (rund 4,8 Mio. t pro Jahr). In der EU wird Bioethanol für den Kraftstoffsektor in geringem Umfang in Frankreich, Spanien und Schweden hergestellt. In Brasilien, den USA und Schweden wird auch die Flexible Fuel Vehicle-Technologie (FFV) genutzt. In diesen Fahrzeugen kann Bioethanol mit einem höheren Anteil dem Ottokraftstoff beigemischt werden.

Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (**ETBE**) ist eine chemische Verbindung aus (regenerativen) Ethanol und (fossilen) Isobutylen. ETBE wird nicht als Reinkraftstoff, sondern – vor allem in Frankreich und Spanien – als Beimischung bis zu 15 % dem Ottokraftstoff zugesetzt.¹

Biogas ist ein Stoffwechselprodukt von Methanbakterien, das beim biochemischen Abbau organischer Stoffe (Biomasse bzw. Abfälle und sonst. organische Reststoffe) im feuchten Milieu und unter Luftabschluss entsteht. Durch eine Reinigung erhält es die Qualität von Erdgas und kann in erdgastauglichen Fahrzeugen eingesetzt werden. In Deutschland wird Biogas derzeit nicht als Kraftstoff eingesetzt, sondern ausschließlich im stationären Bereich. In Schweden und in der Schweiz kann Biogas an öffentlichen Tankstellen bezogen werden. Dabei sind Schweden und Deutschland derzeit die einzigen Länder, die einen Standard für Biogas als Kraftstoff festgelegt haben.

Synthetische Kraftstoffe, Neuentwicklungen – noch nicht marktrelevant

Synthetische Kraftstoffe sind Kraftstoffe, die aus Synthesegas (mittels Fischer-Tropsch-Synthese) produziert werden, das wiederum aus fossiler **Kohle (Coal-to-Liquid-Kraftstoff [CTL])** oder fossilem **Erdgas (Gas-to-Liquid-Kraftstoff [GTL])** gewonnen wird. Daneben kann insbesondere auch **Biomasse (Biomass-to-Liquid-Kraftstoff [BTL])** als Ausgangsrohstoff für synthetische Kraftstoffe dienen.

Das besondere Interesse der Mineralölindustrie an **GTL** aus Erdgas liegt darin begründet, dass sich große Erdgasvorkommen in geografisch ungünstiger Randlage befinden. Durch die hohen Transportkosten von verflüssigtem Erdgas können diese Vorkommen nicht wirtschaftlich genutzt werden. Daneben treten große Erdgasmengen als Erdölbegleitgas auf, das bislang ungenutzt abgefackelt wurde. Die Produktionskosten von **GTL** werden insbesondere von den Kosten des eingesetzten Energieträgers (feed) bestimmt. Je nachdem, ob es sich um „stranded gas“ (Gas aus abgelegenen Gasfeldern) oder um Gas aus infrastrukturell erschlossenen Gasfeldern handelt, schwanken die Kosten deutlich. Die Vorteile von **GTL**-Kraftstoffen liegen vor allem in einer hohen Cetanzahl und der Aromaten- und Schwefelfreiheit. Vorteile in Bezug auf die Reduktion von CO₂ sind bei **GTL** und **CTL** im Vergleich zu herkömmlichen Kraftstoffen nicht vorhanden.

¹ ETBE kann das fossile MTBE als Oktanzahlverbesserer ersetzen.

Ausgangsstoff für die Produktion von **BTL** ist Synthesegas, das grundsätzlich aus jeder Art von Biomasse gewonnen werden kann. **BTL** wird derzeit noch nicht kommerziell hergestellt. **BTL** hat die gleiche hohe Qualität wie der **GTL-Kraftstoff**. Auch **BTL-Kraftstoffe** sind frei von Verunreinigungen. Vorteil gegenüber synthetisch hergestellten Kraftstoffen aus Erdgas (oder Kohle) ist sein **CO₂-Vorteil**. **BTL** kann als Beimischung oder auch als Reinkraftstoff in Dieselmotoren eingesetzt werden.

Zwar ist die Bioethanolvergewinnung durch „Holzverzuckerung“ lange bekannt, aber erst in jüngster Zeit wurden Verfahren entwickelt, die die **Bioethanolvergewinnung aus Holz, Stroh oder anderen Pflanzen (Lignocellulose)** ermöglichen. Durch solche Verfahren, die nicht mehr zucker- oder stärkehaltige Rohstoffe benötigen, kann die Biomassebasis der Ethanolproduktion deutlich verbreitert werden.

Wasserstoff kann prinzipiell mit Hilfe von allen (fossilen, regenerativen und nuklearen) Primärenergieträgern hergestellt werden. Das Spektrum der unterschiedlichen Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff und der hierfür genutzten Rohstoffe ist überaus vielfältig. Die Unterscheidung der Rohstoffbasis nach erschöpflichen (fossilen, nuklearen) und unerschöpflichen (regenerativen) Primärenergien ist aber von zentraler Bedeutung bei der Beurteilung von Wasserstoff als Energieträger. Alle regenerativen Primärenergien – Sonnen-, Wind- und Wellenenergie, Wasserkraft, Erdwärme etc. –, die in Form von Elektrizität nutzbar gemacht werden können, sind damit auch in **Wasserstoff** umwandelbar.

Wasserstoff kann in der mobilen Anwendung sowohl im Verbrennungsmotor als auch in der Brennstoffzelle eingesetzt werden. Die Speicherung ist flüssig bei sehr niedrigen Temperaturen (LH₂) oder gasförmig unter hohem Druck (CGH₂) möglich.

b) Aktuelle Situation in Deutschland

aa) Derzeitige Verwendung alternativer Kraftstoffe in Deutschland

Neben den konventionellen Otto- und Dieselmotoren werden in Deutschland hauptsächlich die alternativen Kraftstoffe Biodiesel, Erdgas und Flüssiggas im Straßenverkehr eingesetzt.

Im Jahr 2003 war in Deutschland bei den Biokraftstoffen nur Biodiesel als Reinkraftstoff von erheblicher Marktbedeutung. Seit dem 1. Januar 2004 sind neben biogenen Reinkraftstoffen auch biogene Mischungsanteile (z. B. von Biodiesel, Bioethanol oder ETBE) in fossilen Kraftstoffen von der Mineralölsteuer im Rahmen der Ökologischen Steuerreform freigestellt. Seitdem wird in nennenswertem Umfang in Deutschland Biodiesel bis zur zulässigen Höchstgrenze von 5 % dem fossilen Diesel beigemischt.

Bei einem Gesamtbestand von insgesamt 54 Mio. Fahrzeugen in Deutschland hat Erdgas mit weniger als einem Promille und etwa 20.000 Fahrzeugen gegenwärtig nur einen geringen Anteil am Gesamtkraftstoffmarkt. Durch die seit 1995 bestehende und bis 2020 verlängerte Mineralölsteuerbegünstigung soll Erdgas seinen Anteil im Kraftstoffmarkt weiterhin steigern. Dies wird auch durch eine Ver-

doppelung der Erdgastankstellen auf etwa 1.000 in Deutschland und damit ein flächendeckendes Angebot in den nächsten zwei Jahren unterstützt.

Ebenso wie Erdgas hat auch Flüssiggas mit 15–20.000 Fahrzeugen einen Anteil von weniger als einem Promille des gesamten Kraftstoffmarktes in Deutschland. Durch die zunächst bis 2009 bestehende Mineralölsteuerbegünstigung ist auch hier noch mit gering steigendem Marktanteil zu rechnen. Bis Ende 2006 sollen rund 1.000 Tankstellen Flüssiggas anbieten.

Verbrauch an Kraftstoffen in Deutschland 2003		
	in 1.000 Tonnen	Anteil in % Gesamtkraftstoffverbrauch
Gesamtkraftstoffverbrauch	53.600	100
Ottokraftstoff	26.000	48,5
Diesekraftstoff	27.600	51,5
Erdgas (CNG)	47	0,08
Flüssiggas/Autogas (LPG)	113	0,2
darunter biogene Kraftstoffe		
Biodiesel	800	1,4
(reines) Rapsöl	5	0
Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE)	0	0
Bioethanol	0	0
Biogas	0	0

bb) Aktivitäten der Industrie

Die deutsche Industrie – insbesondere Automobilindustrie und Anlagenbau – ist seit Jahren aktiv an der Forschung und Entwicklung alternativer Konzepte für den Verkehr beteiligt und hat sich hier eine weltweit führende Position erworben. Im Rahmen europäischer Initiativen, wie z. B. in der „Alternative Fuels Contact Group (AFCG) oder der „Hydrogen Technology Platform“, nehmen deutsche Unternehmen eine wichtige Rolle ein.

In Deutschland sind alle nationalen Automobilunternehmen sowie die Mineralölkonzerne BP/Aral, Shell, Total in der Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie (VES) engagiert, in der u. a. eine gemeinsame Positionierung über künftige alternative Kraftstoffoptionen erfolgt.

Strategien der Automobilunternehmen

Volkswagen (VW) hat eine Kraftstoffstrategie entwickelt, die sich auf die Entwicklung **synthetischer Kraftstoffe** konzentriert. VW setzt dabei zunächst auf GTL-Kraftstoffe, engagiert sich aber zugleich an Projekten zur Nutzung von BTL-Kraftstoffen. Vorteil hier ist, dass diese Kraftstoffe mit dem herkömmlichen Diesekraftstoff mischbar sind. VW engagiert sich derzeit nicht öffentlich im Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Bereich.

DaimlerChrysler (DC) fährt eine „Doppelstrategie“. Alternative Kraftstoffoptionen, wie synthetische Kraftstoffe einschließlich BTL-Kraftstoffe, sind für DC eine willkommene „Zusatzoption“, langfristiges Ziel ist Wasserstoff als Kraftstoff. Darüber hinaus hat DC mit der Entwicklung so genannter „Hybridkonzepte“ begonnen und – wie BMW und VW – erste Erdgasfahrzeuge auf den Markt gebracht. DC ist neben Toyota und General Motors (GM) weltweit der größte Hersteller von Brennstoffzellen-Fahrzeugen.

BMW setzt künftig ganz auf Wasserstoff und hat hierfür eine „eigene Übergangsstrategie“. BMW entwickelt zurzeit keine Brennstoffzellen-Prototypen, sondern will über die Nutzung von (flüssigem) Wasserstoff in (bivalenten) Verbrennungsmotoren die Einführung von Wasserstoff als Kraftstoff und den Ausbau der dafür notwendigen Infrastruktur beschleunigen. (Der Nutzfahrzeughersteller **MAN** verfolgt ein ähnliches Konzept.)

Opel und **Ford** verfügen in Deutschland über erhebliche Kapazitäten zur Forschung und Entwicklung. Da diese Aktivitäten in die jeweilige internationale Konzernstrategie eingebettet sind, wird darüber im Abschnitt 3.c) berichtet.

cc) **Ausbauziele für alternative Kraftstoffe**

Für den weiteren Einsatz alternativer Kraftstoffe bis zum Jahr 2020 orientiert sich die Bundesregierung im Grundsatz an den in der Europäischen Union formulierten Zielen. Die Richtlinie zur „Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen und anderen Kraftstoffen im Verkehrssektor“ (Biokraftstoffrichtlinie) wurde im Mai 2003 verabschiedet. Sie sieht vor, dass der Absatz von Biokraftstoffen bis 2005 auf 2 % und bis 2010 auf 5,75 % des Kraftstoffmarktes ansteigt. Darüber hinaus hat die EU-Kommission in einer Mitteilung ein optimistisches Entwicklungsszenario dargestellt, das von einem Anteil von 20 % für alternative Kraftstoffe bis 2020 ausgeht und aufzeigt, wie dieser insgesamt zusammengesetzt sein könnte:

	2005	2010	2020
Biokraftstoffe	2 %	5,75 %	8 %
Erdgas		2 %	10 %
Wasserstoff		2 %	5 %

Vor dem Hintergrund der EU-Erweiterung und der Entwicklung neuer Technologien – wie z. B. synthetischer Kraftstoffe – hat die EU-Kommission im Sommer 2004 angekündigt, diese Zielvorstellungen zu überprüfen.

Der Anteil von Biokraftstoffen in Deutschland lag im Jahre 2003 bei 1,4 % des Gesamtkraftstoffverbrauchs. Wie im ersten Bericht zur Umsetzung der „EU-Biokraftstoffrichtlinie“ im Juli 2004 dargelegt, strebt die Bundesregierung für das Jahr 2005 einen Anteil von mindestens 2 % Biokraftstoffen am Gesamtkraftstoffverbrauch an.

dd) Forschungsaktivitäten in Deutschland

Programme im Bereich Forschung und Entwicklung (FuE) des Bundes konzentrieren sich derzeit auf innovative Antriebstechnologien und den mobilen Einsatz von Brennstoffzellen, auf die Verwendung von Erdgas sowie auf flüssige Kraftstoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe.

FuE – Entwicklung von Gesamtstrategien

Programme im Rahmen des UFO-Plans (Umweltforschungsplan) untersuchen die Entwicklung von Gesamtstrategien für alternative Kraftstoffe und Antriebstechnologien. Hierfür wurden über den Zeitraum 2000–2004 1,1 Mio. Euro mit folgenden Forschungszielen investiert:

- Ermittlung von Grundlagen für die beschleunigte Markteinführung umweltschonender und innovativer Antriebs- und Fahrzeugkonzepte bei Nutzfahrzeugen;
- Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugtem Wasserstoff als Kraftstoff für den mobilen Bereich;
- Entwicklung eines demonstrationsfähigen Erdgasfahrzeugmotors zur beschleunigten Markteinführung;
- Fortentwicklung von fahrzeugbezogenen Erdgas-Spezialtechnologien.

Seit 1995 wurden rund 35 Mio. Euro für nationale Pilotprojekte zum Einsatz von Erdgas in verschiedenen Bereichen des Straßenverkehrs investiert.

Die Bundesregierung ist seit 1998 Mitglied der „Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie (VES)“, ein Zusammenschluss deutscher und europäischer Automobil- und Mineralölunternehmen. Konkret sind die Mitglieder derzeit in der Clean Energy Partnership (CEP) engagiert, die den gemeinsamen Bau und Betrieb der europaweit ersten öffentlichen Wasserstofftankstelle in Berlin betreibt. Die Bundesregierung ist hier mit einem Gesamtvolumen (Projektlaufzeit 2003–2007) von insgesamt 5 Mio. Euro engagiert.

FuE – Energieforschung und Energietechnologien

Übergeordnete Programme der Bundesregierung zu „Energieforschung und Energietechnologien“ beschäftigen sich im Wesentlichen mit der Entwicklung von Technologien zur rationellen und umweltschonenden Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie, zum Beispiel:

- Demonstration der gesamten Kette einer solaren Wasserstoff-Energiewirtschaft inkl. Nutzung des Wasserstoffs im mobilen Sektor,
- Entwicklung von Batterietechniken für den Einsatz in Elektro-Fahrzeugen;
- Grundlagenentwicklung bei der Brennstoffzellen-Technologie für den mobilen Einsatz.

Diese Maßnahmen wurden im Wesentlichen Ende der 1990er Jahre abgeschlossen. Durch die zusätzlichen Mittel des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) konnten dann folgende Maßnahmen erneut aus dem Verkehrsbereich unterstützt werden:

- Entwicklung und Test eines Zink/Luft-Batteriesystems in einem Demo-Fahrzeug (Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft; Fördersumme 6 Mio. Euro).
- Projekte zum Bau und der Erprobung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen inkl. Realisierung der Wasserstoffinfrastruktur (Stuttgarter Straßenbahn AG, Hamburger Hochbahn AG, HEW, Berliner Verkehrsbetriebe, Stadt Barth, Audi AG; Fördersumme 9,4 Mio. Euro).
- Erneuerbare Kraftstoffe aus Biomasse (CHOREN Industries GmbH; Fördersumme 5,4 Mio. Euro).

Seit Auslaufen dieser ZIP-Projekte bilden Förderprogramme im Bereich „Energieforschung und Energietechnologien“ für den Verkehrssektor allerdings keinen Schwerpunkt mehr.

FuE-Biokraftstoffe

Die derzeitigen Fördermittel für laufende Projekte im Bereich biogener Kraftstoffe belaufen sich auf ca. 4,0 Mio. Euro. Grundlage für die gegenwärtige Forschungs- und Entwicklungsförderung (FuE) auf dem Gebiet biogener Kraftstoffe ist das im Jahre 2000 in Kraft getretene Förderprogramm der Bundesregierung „Nachwachsende Rohstoffe“.

Mit den ersten FuE-Projekten zu **synthetischen Biokraftstoffen**, insbesondere BTL, wurde eine zukunftsweisende Entwicklungsrichtung aufgegriffen, die nicht nur einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Mobilität leisten, sondern auch der heimischen Land- und Forstwirtschaft wirtschaftliche Perspektiven erschließen kann. In diesem Rahmen wird derzeit u. a. die Errichtung einer Pilotanlage zur Erzeugung von BTL-Kraftstoffen in einem großtechnisch relevanten Maßstab geprüft. Außerdem hat die Bundesregierung zur Verbesserung des Informationsaustausches und zur Nutzung von Synergieeffekten in diesem Jahr eine BTL-Informationsplattform gestartet.

Da die Herstellung und die Verwendung von Biodiesel und von Bioethanol (aus Zuckerrüben und Getreide) Stand der Technik sind, werden Forschungsmittel aktuell nur in begrenztem Umfang eingesetzt. Die gegenwärtigen Fördermaßnahmen im Bereich Pflanzenöl beziehen sich nur auf den Einsatz in der Landwirtschaft. Nach Einschätzung der Industrie wird Pflanzenöl als Kraftstoff auch zukünftig nur in Nischen einsetzbar sein und für den breiten Markt keine Alternative bieten.

FuE Innovative Antriebstechnologien

Im Programm der Bundesregierung „Mobilität und Verkehr“ wird die Entwicklung und Demonstration alternativer Antriebe gefördert. Dies umfasst das Antriebssystem (Kombinationen von effizienten Verbrennungsmotoren mit elektrischen Motor-/Generator-Antriebssystemen) und das zugehörige Energiemanagement (Batteriespeichersysteme für Energierückgewinnung und Wiederverwendung während der Fahrt) sowie die notwendigen Simulationswerkzeuge, mit denen das Betriebsverhalten und die Effizienz einzelner Konzepte vorab untersucht werden können.

Diese FuE-Projekte beinhalten auch die konkrete Entwicklung neuer elektrischer Antriebskomponenten für Elektro- und Hybridfahrzeuge. Grundlage dafür sind

Hochleistungsbatterien für Hybridfahrzeuge, die außer hohen Leistungsanforderungen gleichzeitig eine lange Lebensdauer und eine hohe Sicherheit, z. B. bei Unfällen, bieten müssen.

Auch Konzepte für eine vorausschauende und dem Verkehrsfluss angepasste Fahrweise wurden untersucht. Dabei zeigte sich, dass bei diesen Fahrzeugkonzepten und den darauf abgestimmten Energiemanagementstrategien Einsparpotenziale von bis zu 20 % erreicht werden können.

Auf der Basis dieser Konzeptuntersuchungen sind unter maßgeblicher Beteiligung der Fahrzeug- und der Zuliefererindustrie unterschiedliche Pkw-Hybrid-Konzepte konkret in Planung. Neuartige Konzepte hybrider Antriebssysteme werden in Versuchsfahrzeugen eingesetzt, um die grundlegenden Fragen hinsichtlich Batteriebensdauer und einem anforderungsgerechten Betrieb zu klären. Danach können auch die erzielbaren CO₂-Minderungspotenziale aufgrund der Erfahrungen aus dem realen Fahrbetrieb zuverlässiger eingeschätzt werden.

Im Förderprogramm „Mobilität und Verkehr“ wurden in den Jahren 1999 bis 2003 für die Entwicklung umweltschonender Antriebe 17,1 Mio. Euro an Fördermitteln zur Verfügung gestellt. Die Aktivitäten werden fortgeführt.

ee) Steuerliche Förderung alternativer Kraftstoffe in Deutschland

Die von der Bundesregierung geschaffenen steuerpolitischen Rahmenbedingungen haben entscheidend dazu beigetragen, dass sich alternative Kraftstoffe in Deutschland dynamisch entwickeln und Deutschland damit eine Führungsposition in Europa einnimmt. Gleichwohl muss sehr genau geprüft werden, inwieweit die kraftstoffspezifischen Steuerreduktionen im Hinblick auf die angestrebten Ziele (CO₂-Reduktion, Steigerung der Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit) konsistent sind.

In Deutschland gibt es derzeit im Mineralölsteuerrecht Steuerbegünstigungen wie beispielsweise die Steuerermäßigung für Biokraftstoffe, Erdgas und Flüssiggas sowie die Möglichkeit einer Steuerbegünstigung für den Einsatz von Mineralöl zu Versuchszwecken. Biokraftstoffe sind entsprechend ihres biogenen Anteils von der Mineralölsteuer bis Ende 2009 befreit.

Bei den jetzigen Mineralölsteuersätzen für Otto- und Dieselmotoren, der Steuerbefreiung für Biokraftstoffe und der Steuererminderung für Erdgas und Flüssiggas sind erhebliche Subventionen in Deutschland zur Erreichung der EU-Ziele erforderlich. Schätzungen, die auf Expertenannahmen zur Entwicklung des Fuhrparks beruhen, ergeben bei den aktuellen Mineralölsteuersätzen folgende Steuerausfälle: Für das Jahr 2010 würden die steuerlichen Subventionen bis zu 3 Mrd. Euro pro Jahr betragen (5,75 % Biokraftstoffe, 2 % Erdgas), im Jahr 2020 rund 5 Mrd. Euro (8 % Biokraftstoffe, 10 % Erdgas). Allerdings weisen die geförderten Kraftstoffe überwiegend positive externe Effekte auf.

Wasserstoff als Kraftstoff unterliegt seit 2004 grundsätzlich der Mineralölbesteuerung, wird jedoch über eine Ausnahmegenehmigung steuerfrei belassen.

Kraftstoff-Förderkulisse, Stand: 1. Juli 2004				
Produkt	Rohstoffquelle	Art der Steuerbegünstigung	a) Regelsatz b) Ermäßigter Satz	Besteuerung pro MWh
2003 IM MARKT BEFINDLICHE KRAFTSTOFFE				
Ottokraftstoff (Benzin) ¹	- Erdöl	keine	a) 654,50 €/1.000 Liter	72,58 €
Diesel ¹	- Erdöl	keine	a) 470,40 €/1.000 Liter	47,45 €
Erdgas (CNG)	- Erdgas (CNG) - Fernab/Fackelgas	Ermäßigung bis 2020	a) 31,80 €/MWh b) 13,90 €/MWh	13,90 €
Flüssiggas/ Autogas (LPG)	- Fernab/ Fackelgas - Erdöl	Ermäßigung bis Ende 2009	a) 1.217 €/t b) 180,32 €/t	13,92 €
Biodiesel (Reinkraftstoff oder 5 % Beimischung)	- aus Fetten (FAME) - aus Ölpflanzen (RME)	Bioanteil frei		
(reines) Rapsöl	- Ölpflanzen	frei		
Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE; 15 % Beimischung)	- Getreide - Zuckerrüben	Bioanteil frei		
Bioethanol (5 % Beimischung)	- Getreide - Zuckerrüben	Bioanteil frei		
Biogas	- Alt-, Abfall-, Tierfette - Energiepflanzen	Bioanteil frei		
SONSTIGE KRAFTSTOFFOPTIONEN (NICHT ODER NOCH NICHT MARKTRELEVANT)				
Synthetische/Designer-Kraftstoffe	- Erdgas (Gas-to-Liquid/GTL)	keine	a) 654,50 €/1.000 Liter	
	- Kohle (Coal-to-Liquid/CTL)	keine	a) 654,50 €/1.000 Liter	
	- Alt-, Abfall-, Restholz, Energiepflanzen (Biomass-to-Liquid/BTL)	Bioanteil frei		
Bioethanol	- Lignocellulose (Restholz)	Bioanteil frei		
Ethanol (fossil)	- (fossiles) Fackelgas (fernab)	Ermäßigung bis 2020	a) 31,80 €/MWh b) 13,90 €/MWh	
Fettsäureethylester (FAEE)	- Ölpflanzen - Alt-, Abfall-, Tierfette	Bioanteil frei		
Methyl-Tertiär-Butyl-Ether (MTBE; 10 % Beimischung Ottomotor)	- Erdöl	keine	a) 654,50 €/1.000 Liter	
	- Erdgas bis 2020	Ermäßigung	a) 31,80 €/MWh b) 13,90 €/MWh	
Dimethylether (DME)	- Erdgas	Ermäßigung bis 2020	a) 31,80 €/MWh b) 13,90 €/MWh	
Druck-/gasförmiger Wasserstoff (CGH ₂)	- Erdgas - Fernab/Fackelgas - LPG	Ermäßigung bis 2020	a) 31,80 €/MWh b) 13,90 €/MWh	
	- Kohle	keine	a) 654,50 €/1.000 Liter	
	- Biogas - Alt-, Abfall-, Restholz - Energiepflanzen	frei		
	- Strom konventionell		a) 20,50 €/MWh	
	- Strom regenerativ	bei eingespeistem Strom, sonst frei	a) 20,50 €/MWh	

Produkt	Rohstoffquelle	Art der Steuerbegünstigung	a) Regelsatz b) Ermäßigter Satz	Besteuerung pro MWh
Flüssigwasserstoff (LH ₂)	– Erdgas	Ermäßigung bis 2020	a) 31,80 €/MWh b) 13,90 €/MWh	
	– Kohle	keine	a) 654,50 €/1.000 Liter	
	– Alt-, Abfall-, Restholz	frei		
	– Energiepflanzen			
	– Strom konventionell		a) 20,50 €/MWh	
	– Strom regenerativ	bei eingespeistem Strom, sonst frei	a) 20,50 €/MWh	

¹ Benzin: unverbleit und schwefelfrei; Diesel: schwefelfrei

c) Internationale Entwicklung Strategien der Automobilunternehmen

Toyota und Honda haben **Hybridantriebe** mit Ottomotoren als alternative Antriebsformen vor dem Hintergrund der strengen Abgasgesetzgebung vor allem in den USA bereits anwendungsreif entwickelt. Opel/GM und Ford schlagen den gleichen Weg ein. Toyota soll bereits mehr als 100.000 entsprechende Fahrzeuge in Japan und den USA verkauft haben und bringt jetzt einen Nachfolgetyp auf den Markt.

Opel/GM ist Vorreiter bei der Herstellung von Serienfahrzeugen auf **Erdgasbasis**. Weitere Hersteller von flüssig- und/oder erdgasbetriebenen Fahrzeugen sind z. B. Volvo, Renault, Ford und Fiat. Darüber hinaus bieten einzelne Hersteller, z. B. Ford und VW, Flexible Fuel Vehicles an.

Darüber hinaus sind amerikanische und japanische Automobilhersteller bei der **Brennstoffzellen-Entwicklung** führend und betreiben bereits heute eigene Wasserstofffahrzeuge.

Internationale Forschungsaktivitäten und Förderprogramme

Während sich die Forschungsaktivitäten in Deutschland und Europa gleichermaßen mit der Kraftstoffentwicklung und mit innovativen Antriebstechnologien befassen, konzentrieren sich internationale Forschungsaktivitäten wie in Nordamerika oder Japan eher auf die Entwicklung der Antriebstechnologien. In jüngster Zeit wurden hier insbesondere groß angelegte Programme im Bereich Wasserstoff- und Brennstoff-Technologien initiiert.

Europäische Union

In den letzten Jahren engagierte sich die EU bei zahlreichen **Projekten zu biogenen Kraftstoffen** und ihrer Verbreitung innerhalb der EU oder im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit (z. B. Projekt „STEER“ und „COOPENER“).

Schwerpunkte lagen besonders in den Bereichen Biodiesel und Bioethanol. So wurden Projekte zur Produktion von Ethanol auf Basis von lignocellulosehaltigem Material wie Holz oder Stroh zur Erweiterung der Rohstoffbasis unterstützt. Im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms werden u. a. Projekte unterstützt, die sich mit der Herstellung von BTL-Kraftstoffen befassen (z. B. „RENEWS“ mit ca. 10 Mio. Euro und „CHRISGAS“ mit ca. 8,8 Mio. Euro).

Die EU hat im Rahmen der Forschungsaktivitäten sowohl im 5. als auch im aktuellen 6. Forschungsrahmenprogramm die **Entwicklung alternativer Antriebe** unterstützt. Forschungsprojekte zur Entwicklung alternativer Antriebe haben zum einen den Schwerpunkt bei der Brennstoffzellen-Entwicklung sowie auch bei der Entwicklung kurzfristig einsetzbarer Alternativen wie den Hybridantrieb. Hier werden z. B. in einem Projektkonsortium drei seriennahe Fahrzeuge mit Hybridantrieb von Automobilfirmen mit deutscher Beteiligung entwickelt. Als Antriebssysteme wurden dabei so genannte „Mild-Hybrid“-Antriebskonzepte realisiert (Elektromotor/Generator mit Verbrennungsmotor gekoppelt und Starter/Generator mit elektrischer Beschleunigungsfunktion aus der Speicherbatterie).

Ende letzten Jahres hat die EU-Kommission in Abstimmung und in Ergänzung zu den nationalen Aktivitäten in der 1. Ausschreibung des aktuellen 6. Rahmenprogramms zur Abgabe von Projektvorschlägen zum Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Antriebe für Transportsysteme aufgerufen. In dem Zusammenhang hat die EU-Kommission im Januar 2004 die „Europäische Plattform für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform – HFP)“ ins Leben gerufen. Diese Plattform hat die Aufgabe, ein Konzept für den reibungslosen Übergang von der überwiegend auf fossilen Brennstoffen beruhenden europäischen Energiewirtschaft zu einer „Wasserstoffwirtschaft“ zu entwerfen (HyWays).

Vereinigte Staaten

Der Kraftstoffmarkt in den USA wird dominiert von Benzin; Diesel spielt dort nur eine marginale Rolle. Daher wird der Einsatz von Biokraftstoffen in den USA von Bioethanol dominiert. 2001 lag der Einsatz bei 6,8 Mio. m³ Ethanol (1,6 % des Benzinverbrauchs). Die Markteinführung wird durch Steuererleichterungen und Beimischungszwänge sauerstoffhaltiger Kraftstoffkomponenten (Clean Air Act) unterstützt.

Der noch nicht verabschiedete „Energy Policy Act“ (HR6) aus dem Jahr 2003 sieht für Biokraftstoffe weitere Anreize vor. Danach sollen sie bis zum Jahr 2012 18,9 Mio. m³ des Kraftstoffverbrauchs stellen.

In den USA wurde Mitte der 1990er Jahre gemeinsam von der Regierung und den drei großen nationalen **Automobilherstellern** General Motors (GM), Ford und Chrysler das PNGV-Programm (Partnership for a New Generation of Vehicles), ein gemeinsames Forschungs- und Entwicklungsprogramm für Pkw gestartet, wonach in einem 10-Jahres-Programm eine nach amerikanischen Vorstellungen vollwertige Limousine als 3 L-Auto realisiert werden soll. Allerdings ist derzeit noch nicht zu erkennen, dass die Projektziele erreicht werden können. Das Programm PNGV hat sich aber mittlerweile zu einem breiter und längerfristig angelegten Forschungsprogramm für die US-amerikanische Automobilindustrie entwickelt (ausländische Partner sind weitgehend ausgeschlossen), das Aktivitäten zur Telematik sowie insbesondere auch Programme im Bereich Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien umfasst. Hier hat die amerikanische Regierung im Jahr 2003 mit weiteren Programmen (Freedom Car, rund 1,7 Mrd. US-Dollar und Freedom Fuels, rund 1,2 Mrd. US-Dollar) die Initiativen zur Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technik weiter ausgebaut.

Steuerliche Förderung alternativer Kraftstoffe international

Die existierenden Abgaben auf Kraftstoffe in Europa sind zum großen Teil

historisch bedingt auf fossile Kraftstoffe beschränkt (vgl. **Mineralölsteuer**). Gesonderte Steuersätze für alternative Kraftstoffe (Ausnahme Autogas/LPG), sind hingegen nicht üblich. Im Rahmen der in Kraft getretenen Energiesteuer-Richtlinie wird derzeit eine Harmonisierung der sehr unterschiedlichen Besteuerung angestrebt.

In den USA fällt auf, dass dort sowohl Abgaben des Bundes wie auch der Bundesstaaten auf im Verkehr genutzte Kraftstoffe existieren. Insgesamt zeigt sich für die USA, dass die Sätze für fossile Kraftstoffe sehr niedrig und zudem spezielle Abgabensätze auf alternative Kraftstoffe weit verbreitet sind.

4. Bewertung der Alternativen

Die aktuelle Situation – in Deutschland und in Europa – ist bestimmt von einer Vielzahl technologischer Verfahren und Ideen potenzieller alternativer Kraftstoffe und ihrer Möglichkeiten der Erzeugung und Verwendung. Angesichts dieser unübersichtlichen Situation ist es dringend erforderlich, die vielfältigen Alternativen einheitlich mit definierten ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeitskriterien in einer Matrix zu bewerten. Diese Arbeit wurde seit dem Sommer 2003 von einer interdisziplinären Expertengruppe (s. Tabelle) geleistet.

Expertenarbeitsgruppe „Kraftstoffmatrix“	
Mitglieder der Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie (VES)	Mineralölwirtschaftsverband (MWV)
Verband der Automobilindustrie (VDA)	Umweltbundesamt (UBA)
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)	ifeu Institut, Heidelberg
Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig	Deutsche Energie-Agentur (dena)
Mineralöl-Analytik und Qualitätsmanagement	Ludwig-Bölkow-System-Technik (LBST)
Institut f. Energieverfahrenstechnik u. Chemieingenieurwesen, TU Freiberg	
beratende Ressorts	
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW)	
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)	
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)	
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL)	
Bundesministerium der Finanzen (BMF)	
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, für den Bereich Antriebstechnologien)	

In diesem so genannten „**Matrixprozess**“ wurden die Potenziale aller zurzeit bekannten rund 270 Kraftstoffherstellungsoptionen für die Zeiträume bis 2010 und bis 2020 bewertet.

a) Bewertungskriterien

Jede technologische Aktivität, so auch die Nutzung alternativer Kraftstoffe und Antriebstechnologien, ist mit Umweltwirkungen verbunden. Entscheidend für eine Gesamtbewertung ist jedoch, wie diese Technologien heute und zukünftig im Vergleich zu den herkömmlichen Technologien zu bewerten sind.

Wesentlich dafür sind die bereits erwähnten Kriterien:

– Klimarelevanz,

- Verfügbarkeit/Versorgungssicherheit und
- Wirtschaftlichkeit.

Das Ergebnis der Expertenarbeit ist eine „**Kraftstoff-Verwendungs-Matrix**“ für die Jahre 2010 und 2020, die zukunftssträchtige Kraftstoffe in Verbindung mit dem jeweiligen Antriebskonzept abbildet und die nach Einschätzung der Experten geeignet sind, einen Beitrag zur künftigen Kraftstoffversorgung zu leisten.

Als eine wesentliche Datengrundlage für die Arbeitsgruppe wurde die „European Well-to-Wheel Study“ von CONCAWE/EUCAR/JRC [CONCAWE 2003] gewählt sowie Berechnungen des ifeu-Instituts. Die Ergebnisse dieser Studie bauen auf wichtigen Vorläuferstudien auf, wie insbesondere den Arbeiten der VES und der General Motors Studie [GM 2002]. Tatsächlich existieren im Augenblick keine anderen Datengrundlagen, die eine ähnliche Breite aufweisen und von den wesentlichen Akteuren in Europa mitgetragen werden. Gleichwohl sollte die Datenbasis künftig weiter ausgebaut werden.

Eine ausführliche Darstellung der Arbeitsergebnisse des „Matrixprozesses“ und die entsprechenden Schlussfolgerungen sind detailliert nachzulesen im **Gesamtbericht** der „Expertengruppe“ zum „Matrixprozess“. Es empfiehlt sich, die dort abgebildeten Matrizen für die Jahre 2010 und 2020 nur zusammen mit dem Berichtstext zu lesen. Der Gesamtbericht kann unter www.bmvbw.de abgerufen werden.

aa) Potenzial zur Verminderung der Treibhausgase

Maßstab für eine Bewertung der „**Klimarelevanz**“ ist der jeweilige Beitrag, den ein Kraftstoff bei seiner Nutzung in geeigneten Fahrzeugen zur Emissionsreduktion von Treibhausgasen leisten kann. Ein sinnvoller und aussagekräftiger Vergleich zwischen verschiedenen Kraftstoffen lässt sich nur im Rahmen von Well-to-Wheel (WTW)-Betrachtungen anstellen, d. h. der Weg des Kraftstoffs von „der Quelle bis zum Rad“. Das bedeutet, dass eine „Kraftstoffbewertung“ sowohl seine Herstellung und Bereitstellung als auch seine Nutzung im Fahrzeug umfassen muss.

Dabei ist zu beachten, dass der mögliche Beitrag eines Kraftstoffs zur Emissionsreduktion von Treibhausgasen nicht als Prognose zu verstehen ist, sondern als Potenzial. Beschrieben wird daher der maximale Beitrag, den ein Kraftstoff unter günstigsten Bedingungen bis zu einem bestimmten Zeithorizont leisten kann. Diese Bedingungen beinhalten die technisch erschließbaren Mengenpotenziale des Kraftstoffs, den technischen Entwicklungsstand der Fahrzeuge/Antriebe und die mögliche Marktdurchdringung der Fahrzeuge/Antriebe innerhalb des betrachteten Zeitraums.

Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der von der Experten-Gruppe erstellten Kraftstoffverwendungsmatrizen, klassifiziert nach dem jeweiligen Treibhausgasreduktionspotenzial (Bandbreiten) potenzieller Kraftstoff/Antriebskombinationen und eine Abschätzung des jeweiligen Mengenpotenzials für die Jahre 2010 und 2020. Alle Kraftstoffpfade beinhalten die Treibhausgas-Emissionen „Well-to-Wheel“. Bewertet wurde das Mengenpotenzial der Kraftstoffe im Kraftstoffmarkt unter aktuellen rechtlichen und technischen Bedingungen.

Die detaillierten Angaben sind im oben erwähnten Gesamtbericht nachzulesen.

CO₂-Reduktionspotenziale pro Fahrzeugkilometer und Abschätzung der Mengenpotenziale

Kraftstoff/Antriebskombination mit 0 bis 33 % CO₂-Reduktionspotenzial		Abschätzung Marktpotenzial im Jahr 2010	Abschätzung Marktpotenzial im Jahr 2020
► Hinweis: Es gibt im Zeitraum bis 2010 keine marktfähigen Optionen mit höherem CO ₂ -Potenzial Referenz: Ottokraftstoff und Ottomotor, Technologiestand 2002: 189 g CO ₂ -Äquivalent/Fahrzeugkilometer		(Werte sind nicht addierbar)	(Werte sind nicht addierbar)
Dieselmotor, Dieselmotor	– Rohöl	55 %	65 %
Ottomotor, Ottomotor	– Rohöl	45 %	35 %
Biodiesel (Beimischung 5 %, Dieselmotor)	– Biodiesel aus div. Quellen	max. 2,75 % ⁰⁾	max. 3,25 % ⁰⁾
Bio-Ethanol (Vorauss.: Beimischung 5 %, Ottomotor)	– aus Zuckerrüben – aus Weizen	max. 2,25 %	max. 1,75 % ¹⁾
Erdgas (CNG), Ottomotor	– über Pipeline	0,5–1 % ⁵⁾	2–4 % ⁵⁾
Autogas (LPG), Ottomotor	– Erdölverarbeitung – Erdgasverarbeitung	max. 0,4 %	max. 1 %
Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE); Beimischung 15 %, Ottomotor	– Ethanol aus Zuckerrüben, Isobutylen aus Rohöl – Ethanol aus Weizen, Isobutylen aus Rohöl	max. 0,5 %	max. 2,7 % ²⁾
MTBE (Beimischung 10 %), Ottomotor	– Methanol aus Erdgas	max. 0,5 %	max. 0,5 %
Dimethylether (DME), Dieselmotor	– Erdgasreformierung – DME-Synthese	0	0 ³⁾
Kraftstoff/Antriebskombinationen mit 33 bis 66 % CO₂-Reduktionspotenzial		Abschätzung Marktpotenzial im Jahr 2020	
► Kraftstoffe, die erst nach dem Jahr 2010 marktrelevant werden könnten		(Werte sind nicht addierbar)	
Druckwasserstoff (CGH ₂), Brennstoffzellenantrieb	– Dampfreformierung von Erdgas – Dampfreformierung von LPG	2–4 % ⁴⁾⁵⁾	
Flüssigwasserstoff (LH ₂), Brennstoffzellenantrieb	– Dampfreformierung von Erdgas, dann Verflüssigung		
Kraftstoff/Antriebskombinationen mit mehr als 66 % CO₂-Reduktionspotenzial		Abschätzung Marktpotenzial im Jahr 2020	
► Kraftstoffe, die erst nach dem Jahr 2010 marktrelevant werden		(Werte sind nicht addierbar)	
Synthetische Dieselmotor (BTL), Dieselmotor	– Biomassevergasung (Restholz/Kurzumtrieb), Fischer-Tropsch-Synthese	2–4 % ⁴⁾	
Synthetischer Ottomotor	– Vergasung von Lignocellulose (Restholz/Kurzumtrieb), Methanol-to-Gasoline-Prozess	2–4 % ⁴⁾	
Bio-Ethanol, Ottomotor	– Hydrolyse und Vergärung von Lignocellulose (Restholz/Kurzumtrieb)	1,3–2,6 % ¹⁾⁴⁾	
Dimethylether (DME), Dieselmotor	– Vergasung von Lignocellulose (Restholz/Kurzumtrieb), DME-Synthese	0 ³⁾	
Methan, Ottomotor	– Biogas (Reststoffe) – via Vergasung von Lignocellulose (Restholz/Kurzumtrieb)	2–4 % ⁴⁾⁵⁾	
Wasserstoff (Ottomotor und Brennstoffzellenantrieb)	– via Reformierung von Biogas – via Vergasung von Lignocellulose (Restholz/Kurzumtrieb) – via Elektrolyse mit regenerativem Strom	2–4 % ⁴⁾⁵⁾	

⁰⁾ Biodiesel wird darüber hinaus auch künftig zu einem gewissen Anteil als Reinkraftstoff insbesondere in Fahrzeugflotten verwendet.

¹⁾ Bei einer Nutzung von so genannten Flexible Fuel Vehicles könnte sich in 2020 ein begrenztes Marktpotenzial ergeben. Die Anteile an Bioethanol im Jahr 2020 können in Abhängigkeit von der Markteinführung von BTL-Kraftstoffen zurückgehen; sollten hingegen neue Technologien zur Produktion von Bioethanol auf Ganzpflanzenbasis (Lignocellulose) erfolgreich sein, könnte der Anteil über 1,75 % steigen.

²⁾ 15 % ETBE-Beimischung bedeuten ca. 7,5 % Ethanol-Einsatz.

³⁾ Nicht abschätzbar, da derzeit keine Kfz-Entwicklung.

⁴⁾ Begrenzt durch die Möglichkeit, das Angebot bis 2020 bereitzustellen.

⁵⁾ Begrenzt durch Größe der bis 2020 im Markt befindlichen Fahrzeugflotte.

bb) Verfügbarkeit/Versorgungssicherheit

Für den Verkehrssektor ist eine realistische Einschätzung der für die Kraftstoffherstellung tatsächlich **verfügbaren** und erschließbaren Energiequellen von großer Bedeutung. Nennenswerte (technische) Mengenpotenziale werden insbesondere bei den Biokraftstoffen, abgestuft bei Erdgas und Flüssiggas und nach 2020 bei Wasserstoff gesehen.

Kennzeichnend für alle alternativen Kraftstoffoptionen ist die Tatsache, dass sie mit dem oftmals energieeffizienteren Strom- und Wärmesektor um limitierte Energiequellen konkurrieren. Insofern muss bei der Bewertung/Diskussion immer die relevante alternative Verwendung mitbetrachtet werden.

(1) Biokraftstoffe

Biokraftstoffe weisen durch ihre geringe Wasser- und Bodengefährdung und geringe Toxizität Vorteile gegenüber fossilen Kraftstoffen auf. Sie tragen darüber hinaus zu Wertschöpfung und Beschäftigung insbesondere in ländlichen Räumen bei.

Bei der Verfügbarkeit von Biokraftstoffen ist zu berücksichtigen, dass bei ihrer energetischen Nutzung grundsätzlich eine „Konkurrenzsituation“ der vorhandenen Biomasse zwischen dem stationären und dem Verkehrsbereich besteht. Von der im Jahr 2003 insgesamt produzierten Energie aus Biomasse entfielen 82 % auf die Wärmeerzeugung, 7,8 % auf die Stromerzeugung und 10,2 % auf Kraftstoffe. In dieser Verteilung spiegelt sich die Tatsache wider, dass die Nutzung der Bioenergiepotenziale im stationären Bereich derzeit u. a. aufgrund der hohen Umwandlungswirkungsgrade bei KWK-Anlagen mit deutlich höheren Klimagaseinsparungen verbunden ist als im mobilen Sektor. Langfristig wird dieses Verhältnis durch Strukturveränderungen im Strom und Wärmesektor und insbesondere auch bei den innovativen Biokraftstoffen neu bewertet werden müssen. Die Wärmeerzeugung beruht im Wesentlichen auf dem Einsatz von Holz, die Stromerzeugung auf der Nutzung von Altholz und Biogas. Der Beitrag an Kraftstoffen wurde durch die bis heute für die deutsche Landwirtschaft wichtigste Anbaubiomasse, den Raps, erbracht.

So wird einerseits durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) oder das Marktanzreizprogramm die Nutzung von Biomasse für die Erzeugung von Strom und Wärme gefördert. Neben den genannten Nachhaltigkeitszielen gibt es auch das Ausbauziel einer Verdopplung des Anteils regenerativer Energieträger an der Stromerzeugung und am Primärenergiebedarf bis 2010 gegenüber 2000. Andererseits wird erwartet, dass in steigendem Umfang Kraftstoffe aus Biomasse erzeugt werden. Derzeit werden Nutzungskonkurrenzen untersucht, um die für die Wärme- und Stromerzeugung einerseits und die Herstellung von Kraftstoffen andererseits realistischen Potenziale zu ermitteln.

Die Biomassepotenziale, die für die Erzeugung von Wärme, Strom und Biokraftstoffen genutzt werden können, sind derzeit nicht ausgeschöpft. Es gibt langfristig aber Entwicklungen, beispielsweise im Zuge von Reformen der Agrarpolitik, die eine größere Flächenverfügbarkeit für die energetische Nutzung auch für Biokraftstoffe erwarten lassen.

Die Klimabilanz ist nicht der einzige Aspekt, der zwischen der Verwertung im mobilen oder stationären Bereich entscheidend sein kann. Auch die Versorgungssicherheit mit Kraftstoffen ist ein wichtiges Anliegen. Relevant ist in dem Zusammenhang die Frage der Brennstoff-Diversifizierung, insbesondere da Anteile von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch die Ölabhängigkeit des Verkehrsbereichs verringern können.

Die Frage der Biomasseverfügbarkeit in Deutschland wird überlagert von der Frage möglicher Importe von Biokraftstoffen. Zwar zeigen erste Arbeiten über Flächenpotenziale in der EU 25, dass sich die Situation in den anderen Ländern der EU nicht grundsätzlich von der in Deutschland unterscheidet. Demnach ist nicht zu erwarten, dass sich in einigen Ländern der EU 25 Flächenpotenziale auftun, die ein Vielfaches der hiesigen Freiflächen ausmachen. Gleichwohl ist anzunehmen, dass im Zuge der weiteren Liberalisierung des Welthandels in verstärktem Maße mit Biokraftstoffimporten aus Drittländern zu rechnen ist. Dabei sollte bei Importen berücksichtigt werden, dass die Biomasse im Einklang mit den Ansprüchen einer nachhaltigen Entwicklung angebaut und erzeugt wird, um negative ökologische oder soziale Folgen in den Herkunftsländern sowie für das Weltklima zu vermeiden. Im Sinne der Well-to-Wheel-Betrachtung müssen hierbei auch veränderte Flächennutzungsformen in die Klimabilanz Eingang finden.

In diesem Zusammenhang wird wegen der Überschussprobleme bei Zucker auch der Aufbau einer eigenen Kraftstoffschiene (über Beimischung hinaus) für Bioethanol diskutiert. Dies wird wegen der hohen Kosten für die Infrastruktur (Logistik und Tankstellen) von der Industrie überwiegend abgelehnt. Die Lösung des Problems durch so genannte Flexible Fuel Vehicles (FFV), die neben den herkömmlichen Kraftstoffen auch mit Bioethanol betankt werden können, hat in Deutschland derzeit Potenzial in Nischenanwendungen (z. B. für Flottenbetreiber). Gleichwohl sind deutsche Unternehmen regional (z. B. Brasilien, USA) an der Entwicklung und Markteinführung von FFV beteiligt.

(2) Erdgas und Flüssiggas

Erdgas ist – wie auch Flüssiggas – eine fossile und damit endliche Energiequelle. Es kann vielfältig zum Einsatz kommen, so dass auch hier Nutzungskonkurrenzen vorliegen. Die Expertengruppe „Kraftstoffmatrix“, die die Grundlagen für die alternative Kraftstoffstrategie erarbeitet hat, kommt zu dem Ergebnis, dass der realistisch betrachtete Marktanteil bis 2020 für Erdgas als Kraftstoff bei 4 % liegt. Der Bundesverband der Gas- und Wasserwirtschaft stellt sich in seinen Investitionen auf einen Anteil von 10 % ein. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass Erdgas eine Brückenfunktion für andere alternative Kraftstoffe haben kann. Der realistisch betrachtete Marktanteil von Flüssiggas als Kraftstoff bis 2020 liegt bei 1,5 %.

(3) Wasserstoff

Wasserstoff wird erst nach 2020 eine marktrelevante Bedeutung im Kraftstoffmarkt erlangen. Ein Anteil von 2 % wird von den Experten als wichtiger Schwellenwert betrachtet.

Insbesondere Strom aus Offshore-Windanlagen kann und soll einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen Energie- und Klimapolitik der Bundesrepublik leisten. In dem Zusammenhang koordiniert die Deutsche Energie-Agentur (dena) eine Studie,

die das technische, ökologische und wirtschaftliche Potenzial untersucht, den Strom aus Offshore-Windanlagen zur Erzeugung von Wasserstoff zu nutzen. Dies könnte ein Weg zur regenerativen Erzeugung eines Teils der benötigten Wasserstoffmenge bedeuten. Ergebnisse liegen voraussichtlich Ende 2004 vor.

cc) **Wirtschaftlichkeit**

Die meisten der neuen, innovativen Techniken zur Herstellung alternativer Kraftstoffe befinden sich in einer frühen Phase der Entwicklung. Aussagen zur Wirtschaftlichkeit alternativer Kraftstoffe der zweiten Generation bewegen sich daher noch im Ungewissen. Dementsprechend liegen auch Schätzungen der Kosten für die Kraftstoffherstellung heute noch deutlich über den Kosten der konventionellen Kraftstoffherstellung. Beispielsweise wären Biokraftstoffe ohne Steuerbefreiung derzeit erst bei einem Rohölpreis von etwa 100 Dollar pro Barrel wettbewerbsfähig. Dabei sind allerdings die ersparten externen Kosten nicht berücksichtigt.

Durch technische Weiterentwicklungen, Verbesserungen bei der Herstellung und bei Fertigung in größeren Serien können allerdings diese Kosten im Vergleich zu etablierten Technologien reduziert werden. Gerade bei der Entwicklung von Langfristszenarien, die Zeiträume von mehreren Dekaden umfassen, spielt die zeitliche Dynamik der Kostenentwicklung eine entscheidende Rolle für die Identifizierung von volkswirtschaftlich sinnvollen Ausbaustrategien. Auch verbessert sich durch einen tendenziell zu erwartenden Anstieg der Rohölpreise die Wettbewerbsfähigkeit alternativer Kraftstoffe. Im weiteren Fortgang der Arbeiten ist auch der volkswirtschaftliche Kosten/Nutzen der einzelnen Kraftstoffe zu ermitteln.

b) **Ergebnis der Bewertungsmatrix**

Im Folgenden werden die oben genannten Bewertungskriterien in einer Zusammenschau dargestellt. Als zentrales Ergebnis werden die alternativen Kraftstoffe und innovative Antriebstechnologien in Deutschland identifiziert, die aus heutiger Sicht auf Dauer ökonomisch und ökologisch sinnvoll sind.

aa) **Potenziale bis 2010**

Die **Potenziale** der Kraftstoffe und Antriebe werden bis 2010 wie folgt bewertet:

- Bis 2010 stehen Effizienzsteigerungen bei Diesel- und Ottomotoren sowie innovative Antriebskonzepte eindeutig im Vordergrund.
- Es wird im Wesentlichen bei der bisherigen Struktur des Kraftstoffmarktes bleiben. Die weitere Optimierung der Kraftstoffqualität wird weitere Verbrauchsverbesserungen zur Folge haben.
- Ein kleineres Marktpotenzial werden Erdgas als Kraftstoff (CNG) und in geringerem Umfang auch Autogas (LPG) haben.
- Die herkömmlichen Biokraftstoffe wie Biodiesel und Bioethanol werden insbesondere als Beimischung eine wichtige Rolle spielen. Die in der EU derzeit verfügbaren Mengen an Biodiesel und Bioethanol werden aber nicht ausreichen, die EU-Zielstellung (2010: 5,75 % Anteil) zu erfüllen. Zusätzliche Kapazitäten, aber auch Importe aus Drittländern können hier die Anteile allerdings steigern.

– Bei Biomass-to-Liquid-Kraftstoffen (BTL) ist kurzfristig nicht davon auszugehen, dass größere Herstellungskapazitäten geschaffen werden. Ähnliches gilt für Gas-to-Liquid-Kraftstoffe (GTL). Abhängig vom Anlagenbau im industriellen Maßstab werden sie daher im Kraftstoffmarkt der nächsten Jahre eine langsam steigende Relevanz haben. Ein gewisser Importanteil könnte sich Ende des Jahrzehnts ergeben, falls die derzeit geplanten GTL-Anlagen (Katar, Alaska) bis dahin errichtet sind.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass im Kraftstoffmarkt bis 2010 keine wesentlichen Neuerungen neben den jetzt bekannten alternativen Kraftstoffoptionen zu erwarten sind. Dies liegt einerseits daran, dass in den wenigen Jahren bis 2010 bei den technisch ausgereiften Alternativen für relevante Mengen nicht die Herstellungskapazitäten aufgebaut werden können und bei anderen Alternativen noch erheblicher Entwicklungsbedarf besteht.

Kurzfristige Einsparpotenziale im Verbrauch fossiler Kraftstoffe und bei den Treibhausgas-Emissionen werden daher bis 2010 weitestgehend über eine Erhöhung des biogenen Anteils der Kraftstoffe sowie insbesondere durch Effizienzsteigerungen bei den Antriebstechnologien erreicht werden. Die Weiterentwicklung konventioneller Motorentechnik (Effizienzsteigerung herkömmlicher Verbrennungsmotoren) sowie innovativer Antriebstechnologien (Hybridkonzepte mit der Kombination von Verbrennungsmotor, Elektromotor/Generator, elektrischem Speicher und Energierückgewinnung) können mittelfristig bereits zur weiteren Einsparung fossiler Kraftstoffe führen und dem breiteren Einsatz regenerativ erzeugter Kraftstoffe neue Wege eröffnen.

bb) Potenziale bis 2020

Die **Potenziale** der Kraftstoffe und Antriebe werden bis 2020 wie folgt bewertet:

- Auch im Zeitraum bis 2020 werden Effizienzsteigerungen bei Diesel- und Ottomotoren eine zentrale Rolle spielen.
- Erdgas (CNG) und in geringeren Mengen Autogas (LPG) werden weiterhin wachsende Anteile im Kraftstoffmarkt haben, insgesamt bis zu 5 %. Das Klimagasreduktionspotenzial im Kraftstoffmarkt 2020 wird hier auf bis zu 2 % eingeschätzt.
- Komprimiertes Methan (CMG) aus Biogas kann die Verfügbarkeit von Erdgas als Kraftstoff ergänzen oder substituieren. In der Kraftstoffmatrix 2020 ist ein Marktpotenzial von 2 bis 4 % angegeben.
- Kraftstoffe aus Biomasse sollen entsprechend den Zielvorstellungen der EU bis zu 8 % des Volumens ausmachen. Daran müssen – will man das Ziel erreichen – neben den herkömmlichen Biokraftstoffen auch synthetische Biokraftstoffe einen wachsenden Anteil haben. Abhängig von der verfügbaren Biomasse haben vor allem BTL-Kraftstoffe ein hohes Potenzial. Bei zunehmender Marktetablierung von BTL-Kraftstoffen dürfte der Verbrauch von Biodiesel und Ethanol zurückgehen.
- Die weltweiten Kapazitäten zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe aus Erdgas (GTL-Kraftstoff) werden weiter aufgebaut. Schätzungen gehen bis 2020 von ca. 10 Mio. t/a an GTL aus. Bezüglich der Treibhausgas-Emissionen ist dieser Kraftstoff nachteilig gegenüber Otto- und Dieselmotorkraftstoffen.

- Zunehmend werden sich Hybridkonzepte (z. B. Energierückgewinnung bei Bremsvorgängen und Wiederverwendung während der Fahrt) bei den Antrieben durchsetzen.
- Nach 2020 wird Wasserstoff als Kraftstoff zunehmend an Bedeutung gewinnen. Ein Anteil von 2 % (ca. 1 Mio. Fahrzeuge) wird als entscheidende Schwelle für den Beginn einer Marktdurchdringung angesehen. Um den Aufbau der entsprechenden Infrastruktur zu ermöglichen und zu beschleunigen, kann Wasserstoff kostengünstiger in Verbrennungsmotoren eingesetzt werden als in der Brennstoffzelle, die langfristig aber eine höhere Effizienz verspricht. Beide Systeme weisen noch erheblichen Entwicklungsbedarf auf, um sich künftig am Markt zu etablieren und über den Einsatz von regenerativ erzeugtem Wasserstoff zur Klimaverbesserung und Versorgungssicherheit beizutragen.

cc) Dynamik der Entwicklung

Die Zusammenschau der Szenarien für 2010 und 2020 zeigt die Dynamik der Entwicklung:

- **Effiziente Antriebstechnologien** eröffnen kurz- bis mittelfristig bei weiterer Nutzung fossiler Brennstoffe einschließlich der Kraftstoffalternativen innovative Wege zur weiteren Verbrauchsreduzierung. Hierzu zählen insbesondere kombinierte Antriebe (Hybrid).
- Angesichts endlicher fossiler Energieressourcen muss die **Biomasse** zur energetischen Nutzung einen zunehmend bedeutenden Beitrag leisten.
- Mit einer **neuen Generation von Biokraftstoffen**, den synthetischen Biokraftstoffen (BTL) oder Verfahren zur Gewinnung von Bioethanol aus Lignocellulose, besteht mittelfristig die Möglichkeit, herkömmliche Biokraftstoffe (Biodiesel, Bioethanol, ETBE) zu ergänzen.
- Die breite Spanne der Schätzungen des Marktanteils von **Erdgas** macht deutlich, dass hier ein ausbaufähiges Potenzial vorliegt, dessen Entwicklung von der zur Verfügung stehenden Infrastruktur, der Fahrzeugentwicklung sowie der Verfügbarkeit von außereuropäischem Erdgas abhängt.
- Erst langfristig wird der reine **Elektroantrieb** mit Brennstoffzellen-Versorgung nach heutiger Einschätzung die konventionelle Antriebstechnik ablösen können. Einerseits hat dieses Konzept langfristig ein hohes Mengenpotenzial, andererseits bedarf es noch umfangreicher Entwicklungsarbeiten.
- Bei der **Brennstoffzellen-Technologie** gibt es noch erheblichen Entwicklungsbedarf. Aufgrund vielfältiger Synergien zwischen mobilen und stationären Anwendungen unterstützen sich diese Märkte und Entwicklungen gegenseitig.

Der Verkehrssektor ist heute zu mehr als 95 % vom Erdöl abhängig. Will man diese Abhängigkeit langfristig reduzieren, so ist die oben dargestellte Dynamik zu nutzen und wegen der langen Umstellungszeiten ein frühzeitiger Einstieg in alternative Kraftstoffe notwendig.

5. Fokussierung auf wenige Alternativen mit hohem Potenzial

Ein wesentlicher Zweck der hier vorliegenden Kraftstoffstrategie besteht darin, dass Bundesregierung, Wirtschaft und Wissenschaft die begrenzten finanziellen und sonstigen Ressourcen auf wenige wirklich aussichtsreiche Alternativen konzentrieren, ohne andere Entwicklungen abzuschneiden.

Dies geschieht auf der Grundlage der oben dargestellten Ergebnisse der Bewertungsmatrix. **Unter der Voraussetzung, dass die Klimabilanz stimmt**, sind vor allem jene Alternativen als aussichtsreich zu bewerten, die folgende Kriterien erfüllen:

- Hohes Mengenpotenzial,
- Chancen zur Marktdurchdringung.

Die Wirtschaftlichkeit, insbesondere die Kosten für die Herstellung des Kraftstoffs, ist ebenfalls ein wichtiges Kriterium. Viele alternative Kraftstoffe und Antriebe sind heute noch weit von der Wirtschaftlichkeit entfernt. Wie oben dargestellt wurde, ist es auf der Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse und sehr begrenzten Erfahrungen (Entwicklungsstadium) derzeit aber kaum möglich, die Wirtschaftlichkeit der Alternativen belastbar zu beurteilen. Deshalb wurde dieses Kriterium nur aufgenommen, soweit darüber Aussagen möglich sind.

a) Effizienzsteigerungen bei Otto- und Dieselmotoren

Potenzial: Die Experten sind sich einig, dass über 2010 hinaus Effizienzsteigerungen bei Otto- und Dieselmotoren im Vordergrund stehen werden. Die Potenziale zur Verminderung des Kraftstoffverbrauchs sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Vor allem ist hier die Wirtschaftlichkeit deutlich günstiger zu beurteilen als bei den alternativen Kraftstoffen und Antrieben.

Handlungsbedarf: Die hohen Kraftstoffpreise sind für alle Hersteller ein erstrangiges Wettbewerbsmotiv, um in weitere Effizienzsteigerungen zu investieren. Daher bedarf es keiner gesonderten politischen Anreize mehr.

b) Erdgas

Potenziale: Erdgas als Kraftstoff emittiert – solange er aus europäischen Quellen stammt – weniger CO₂ als Benzin und Diesel in herkömmlichen Motoren, ist aber dennoch klimarelevant. Vor allem zeigt sich zunehmend, dass mit zeitlicher Verzögerung und gewissen Abschwächungen hinsichtlich Verfügbarkeit und Preisen bei Erdgas eine ähnliche Entwicklung wie bei Öl eintritt. Andererseits hat Erdgas eine gewisse Bedeutung für den Übergang zum Wasserstoff. Insgesamt besitzt Erdgas aus den genannten Gründen ein begrenztes Potenzial für einen wachsenden Anteil am Kraftstoffmarkt. Die Industrie schätzt den Marktanteil bis 2010 auf 0,5 % und bis 2020 auf rund 3 %.

Handlungsbedarf: Für Erdgas wurde bereits eine Steuerermäßigung bis 2020 beschlossen. Voraussichtlich wird bis Ende 2007 jede zehnte Tankstelle Erdgas anbieten. Erdgasmotoren sind bereits entwickelt und im Einsatz. Einen darüber hinausgehenden wesentlichen Handlungsbedarf gibt es nicht.

c) Biokraftstoffe (Biodiesel und Bioethanol)

Potenzial: Biodiesel und Bioethanol werden als Beimischung zu den bestehenden Kraftstoffen weiter eine wichtige Rolle spielen. Ihr im Grundsatz beachtliches Potenzial wird durch limitierte Anbauflächen der Rohstoffe begrenzt (z. B. Rapsanbau). Ein Marktanteil von 5 % wäre ein beachtlicher Beitrag.

Handlungsbedarf: Wie alle Biokraftstoffe sind auch Biodiesel und Bioethanol von der Mineralölsteuer befreit. Für Forschung und Entwicklung besteht nur bei bestimmten Fragen Bedarf, z. B. Technologieentwicklungen und Auswirkungen auf die Emissionen. Durch überwiegend privat finanzierte Modellprojekte könnte geprüft werden, ob durch die Nutzung der FFV-Technologie ein zusätzliches Potenzial für den Einsatz von Bioethanol erschlossen werden kann.

d) Synthetische Kraftstoffe aus Biomasse (BTL)

Potenzial: Mittel- bis langfristig hat eine neue Generation von Biokraftstoffen, die synthetisch aus Biomasse hergestellt werden, die höchsten Potenziale. Da hier mit jeder Art von Biomasse (z. B. Abfälle, Pflanzen, Holz) durch Vergasung und anschließende Synthese ein hochwertiger Dieselmotorkraftstoff hergestellt werden kann, besteht hier der Vorteil einer breiten Rohstoffbasis. Das Mengenpotenzial ist daher entsprechend größer. Allerdings ist auch hier einschränkend für Biomasse die Konkurrenz zu anderen Nutzungen zu beachten.

Handlungsbedarf: Derzeit gibt es Demonstrationsanlagen zur Herstellung von BTL-Kraftstoffen. Notwendig ist vor allem eine weitere Effizienzsteigerung, um die Kosten zu senken. Einerseits müssen in diesem Sinne die Konzepte weiter entwickelt werden. Andererseits muss bald die nächste Generation von Anlagen im industriellen Maßstab gebaut werden, um die Potenziale zu nutzen und praktische Erfahrungen zu sammeln. Ebenso sind Fragen der Logistik und der Integration in eine nachhaltige ländliche Entwicklung und landwirtschaftliche Produktion noch offen.

e) Kombinierte Antriebe (Hybrid)

Zunehmend werden sich kombinierte Antriebe (Hybrid) durchsetzen. Diese nutzen die bei Bremsvorgängen frei werdende Energie, speichern sie (Batterien) und setzen sie später für den Antrieb ein. Dadurch haben sie ein sehr hohes Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz.

Handlungsbedarf: Es sind bereits von zwei Herstellern Autos mit kombiniertem Antrieb auf dem Markt. Allerdings besteht hier noch großer Entwicklungsbedarf, um die Energieeffizienz zu steigern, die Leistung der Batterien zu erhöhen und das Zusammenspiel der Elemente im Gesamtsystem zu optimieren. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten werden intensiviert und auf eine breitere Basis gestellt. Ziel muss es sein, alltagstaugliche Fahrzeuge zu akzeptablen Preisen herzustellen. Es bleibt dann zu prüfen, inwieweit eine vorübergehende Flankierung für die Markteinführung geboten ist.

f) Wasserstoff/Brennstoffzelle

Potenzial: Langfristig (ab 2020) wird Wasserstoff als Kraftstoff eine zentrale Bedeutung gewinnen. Wasserstoff kann direkt in Verbrennungsmotoren oder mit höherer Energieeffizienz in Brennstoffzellen eingesetzt werden. Wasserstoff ist allerdings lediglich ein Energiespeicher. Umweltverträglich ist diese Alternative nur, wenn der Strom für die Elektrolyse (Erzeugung von Wasserstoff) aus erneuerbaren Energien erzeugt wurde.

Handlungsbedarf: Entscheidend ist der Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffwirtschaft (Erzeugung, Speicherung und Transport) und die Senkung der Kosten für die Erzeugung des Wasserstoffs. Große Demonstrationsprojekte, mit denen praktische Erfahrungen gesammelt werden können, sind jetzt der nächste Schritt. Bei den Antrieben besteht insbesondere bei der Brennstoffzelle noch Entwicklungsbedarf.

g) Die vier Alternativen mit dem höchsten Potenzial

Auch in den nächsten zwei Jahrzehnten werden die fossilen Energieträger mit weit über 80 % den Kraftstoffmarkt bestimmen, andere Kraftstoffalternativen werden bis dahin in größeren Mengen nicht verfügbar sein. Daher wird ein substantieller Beitrag zur Reduktion von Klimagasen und zur künftigen Versorgungssicherheit bis dahin insbesondere über die Optimierung herkömmlicher Motoren und über die Entwicklung effizienter, verbrauchsarmer, innovativer Antriebstechnologien zu erreichen sein. Die komplementäre Nutzung alternativer Kraftstoffoptionen ist eine wichtige und sinnvolle Ergänzung.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, dass die folgenden **vier Alternativen das höchste Potenzial aufweisen, um den Verbrauch fossiler Kraftstoffe zu mindern:**

- Effizienzsteigerungen bei Benzin- und Dieselmotoren,
- synthetische Kraftstoffe aus Biomasse (BTL),
- kombinierte Antriebe (Hybrid),
- Wasserstoff (Motor und Brennstoffzelle).

6. Maßnahmenprogramm

Der Zweck der Kraftstoffstrategie besteht im Ergebnis darin, die Ressourcen auf die erfolgversprechenden Alternativen zu konzentrieren und deren Entwicklung beschleunigt voranzubringen. Diese wurden oben dargestellt und die vier Alternativen mit dem höchsten Potenzial im Abschnitt 5.g) genannt. Nachfolgend werden systematisch für die verschiedenen Handlungsfelder die erforderlichen Maßnahmen ermittelt und in einem Maßnahmenprogramm zusammengefasst.

Folgende Handlungsfelder sind wichtig:

- steuerliche Förderung,
- Forschung und Entwicklung,
- Demonstrations- und Pilotanlagen,
- technische und rechtliche Standards.

Die Bundesregierung ist nur ein Akteur, wenn es gilt, aussichtsreiche Kraftstoffe und Antriebe voranzubringen. Der Staat muss vor allem bei der steuerlichen Förderung, bei FuE-Programmen sowie den rechtlichen Standards (z. B. Sicherheit und Umweltschutz) die richtigen Rahmenbedingungen setzen. Es ist dann Sache der Wissenschaft, Forschung und Entwicklung voranzubringen, der Mineralöl- und Energiewirtschaft, die Anlagen zur Erzeugung der Kraftstoffe zu bauen und der Autoindustrie, die Entwicklung bei den Antriebstechnologien voranzubringen. Nur wenn jeder Akteur seine Aufgabe erfüllt, wird der große Durchbruch gelingen. Umso wichtiger ist die mit dieser Kraftstoffstrategie mit den Akteuren erreichte Verständigung über die aussichtsreichen Alternativen und darüber, wer was macht.

a) Steuerliche Förderung

Bei der steuerlichen Förderung hat der Bund in dieser Legislaturperiode wichtige Grundentscheidungen bereits getroffen. So sind alle Biokraftstoffe, vorbehaltlich einer Prüfung auf Überkompensation, bis 2009 von der Mineralölsteuer befreit. Diese zeitliche Begrenzung ergibt sich aus bindenden europarechtlichen Vorgaben. Für die erforderlichen umfangreichen Investitionen, insbesondere in die Anlagen zur Herstellung der Kraftstoffe, ist aber eine längerfristige Perspektive entscheidend. Die Bundesregierung wird sich europaweit und national für eine steuerliche Begünstigung der Biokraftstoffe über 2009 hinaus einsetzen. Voraussetzungen und Umfang der steuerlichen Begünstigung hängen davon ab, inwieweit für einen höheren Marktanteil die steuerliche Förderung notwendig ist und in welchem Umfang sich daraus Einnahmeausfälle für den Bund ergeben.

Die mineralölsteuerlichen Rahmenbedingungen zu Wasserstoff als Kraftstoff genügen derzeit den Ergebnissen der Kraftstoffmatrix. Wasserstoff unterfällt nach dem derzeit geltenden Recht der Mineralölsteuer (Besteuerung wie Erdgas als Kraftstoff). Eine Besteuerung findet jedoch tatsächlich nicht statt, da die Verwendungen von Wasserstoff in der Entwicklung alternativer Antriebstechnologien als Projekte steuerfrei belassen werden können. Da Wasserstoff nach den Ergebnissen der Kraftstoffmatrix erst ab dem Jahr 2020 eine bedeutende Rolle spielen kann, ist auch eine weitergehende Regelung zu Wasserstoff zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht. Über den Zeitpunkt des Übergangs von einer Projektbegünstigung zu einer Steuerbegünstigung ist mit Blick auf die Marktentwicklung und die Planungssicherheit der Investoren rechtzeitig zu entscheiden.

Die steuerliche Förderung alternativer Kraftstoffe muss auf der Grundlage der hier entwickelten Kriterien einheitlich regelmäßig überprüft werden. In diesem Sinne strebt die Bundesregierung ein regelmäßiges Monitoring für alle alternativen Kraftstoffe an, wie es jetzt schon bei den Biokraftstoffen vorgesehen ist. So wird die Bundesregierung dem Bundestag über die Markteinführung der Biokraftstoffe erstmals zum 31. März 2005 berichten.

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich eine etwaige Umgestaltung der Förderkulisse im Rahmen der bestehenden Finanzplanung bewegen und der schwierigen Haushaltslage Rechnung tragen muss. Dies bedeutet insbesondere, dass die Erweiterung von Fördertatbeständen an einer Stelle mit der Prüfung verbunden sein muss, wo Fördertatbestände an anderer Stelle eingeschränkt werden können.

b) Forschung und Entwicklung

Schon bisher hat die Bundesregierung bei der Forschung und Entwicklung für alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe einen wesentlichen Schwerpunkt gesetzt. Entsprechend den hier definierten aussichtsreichen Alternativen konzentrieren sie sich einerseits auf kombinierte Antriebe (Hybrid) sowie auf die Herstellung flüssiger Biokraftstoffe (BTL) auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Beim Wasserstoff lag der Schwerpunkt bei Forschung und Entwicklung der Brennstoffzellen für den stationären und den mobilen Einsatz.

Der Regierungsentwurf für den Bundeshaushalt 2005 sieht Mittel in Höhe von rund 43 Mio. Euro für die Markteinführung und die Forschung und Entwicklung im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe vor, die auch für Biokraftstoffe eingesetzt werden. Zusätzliche Mittel können ggf. im Rahmen der Innovationsoffensive bereitgestellt werden.

c) Demonstrations- und Pilotanlagen

Während bei Forschung und Entwicklung im Großen und Ganzen die Schwerpunkte richtig gesetzt sind, kommt es für einen Durchbruch zu Gunsten aussichtsreicher alternativer Kraftstoffe in einem zweiten Schritt darauf an, dass Pilot- und Demonstrationsvorhaben errichtet werden.

Dies gilt insbesondere für den Bau von Anlagen zur Herstellung von flüssigem Kraftstoff aus Biomasse (BTL). Hier wurde eine erste Anlage in Freiberg (Sachsen) mit 1 MW bereits errichtet. Die Bundesregierung bereitet derzeit ein Projekt zur Entwicklung und zum Bau eines zweiten Anlagentyps mit alternativer Technologie vor, mit dem offene technologische, ökonomische und ökologische Fragen geklärt werden sollen und u. a. die Energieeffizienz weiter verbessert werden soll. Auf der Basis von Demonstrationsanlagen kann der Aufbau der notwendigen Kapazitäten im industriellen Maßstab vorangetrieben werden. Hier sind Industrie, Mineralölwirtschaft und Automobilindustrie gefordert. Derzeit erarbeitet die Deutsche Energie-Agentur (dena) gemeinsam mit der Industrie einen Fahrplan, um die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für weitere Investitionen zu schaffen.

Aber auch die bis zu 5 % mögliche Beimischung von Bioethanol zu Benzin und von Biodiesel zum Dieselkraftstoff verlangt eine größere Herstellungskapazität, die derzeit noch nicht besteht. Die Technik ist vorhanden. Mit der Befreiung der Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer hat der Bund das richtige ökonomische Signal gesetzt.

Der Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffwirtschaft ist von strategischer Bedeutung. Notwendig sind vor allem Erfahrungen mit konkreten Anlagen, um Wasserstoff durch Elektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Energien kostengünstiger als bisher erzeugen zu können. Die Ausbaustrategie für Offshore-Windkraftanlagen in Nord- und Ostsee bietet hier eine Chance. Voraussichtlich kann nicht der gesamte erzeugte Strom zu wirtschaftlich vernünftigen Bedingungen (Netzausbau) in das Stromnetz eingespeist werden. Damit eine hier voraussichtlich verfügbare Strommenge eingesetzt werden kann, sind noch weitere Erfahrungen bei der Erzeugung, der Speicherung und dem Transport, insgesamt also eine leistungsfähige Wasserstoffwirtschaft erforderlich. Die Bundesregierung prüft gemeinsam mit der

Industrie, wie die EU-Initiative zur Entwicklung großer regionaler „Wasserstoff-Leuchtturmprojekte“ hierfür genutzt werden kann. Diesem Thema nimmt sich auch der „Strategiekreis Wasserstofftechnologien“ an, der in einem Netzwerk alle relevanten Akteure an einen Tisch bringt.

d) Technische und rechtliche Standards

Wie die Beispiele aus der Telekommunikation (UMTS) und der Informationstechnik belegen, können technische Standards eine wichtige Rolle spielen, um international eine Führungsrolle einzunehmen. So ist es auch bei alternativen Kraftstoffen und Antrieben. Auch hier kommt es auf eine enge Zusammenarbeit zwischen staatlichen Stellen und der Industrie an.

Aufgabe der Bundesregierung ist es, die rechtlichen Rahmenbedingungen für Genehmigungs- und Sicherheitsanforderungen für eine Wasserstoffinfrastruktur sowie für Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb angemessen anzupassen. Gemeinsam mit den Industriepartnern der Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie hat die Bundesregierung hierzu ein entsprechendes Gutachten zu den Genehmigungs- und Sicherheitsanforderungen in diesem Bereich in Auftrag gegeben.

7. Ausblick

Die hier vorgelegte Kraftstoffstrategie lässt noch viele Fragen offen. Sie muss konkretisiert und die Konzeption weiterentwickelt werden. Aber sie gibt eine klare Richtung für die Entwicklung und den Einsatz alternativer Kraftstoffe und innovativer Antriebe vor. Sie setzt klare Prioritäten und skizziert den Handlungsbedarf.

Für die Bundesregierung hat das Thema auch in den kommenden Jahren hohe Priorität. Deshalb ist die Kraftstoffstrategie auch ein wichtiger Baustein ihrer Innovationsstrategie „Partner für Innovation“. Die Bundesregierung wird im Fortschrittsbericht 2006 (Nachhaltige Entwicklung) über den Fortgang der Aktivitäten berichten.

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung.
Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.

Herausgeber

Presse- und Informationsamt
der Bundesregierung
11044 Berlin

Bezugsquelle

Servicetelefon: 01 80/5 22-19 96 (12 Cent/Min.)
Servicefax: 01 80/5 22-19 97 (12 Cent/Min.)
E-Mail: bestellung@publikationsversand.bpa.bund.de
Schriftlich: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung
Postfach 301163, 53191 Bonn

Stand

Oktober 2004

Druck

Bonifatius GmbH
33042 Paderborn

Gestaltung

UVA Kommunikation und Medien GmbH
14482 Potsdam