



# Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland – Voruntersuchung.

Projektpartner:



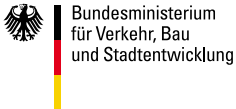
progtrans

Im Auftrag von:



Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung

**Im Auftrag von:**



**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)  
Berlin**

Johannes Wien  
Nilgün Parker  
Inga Ahrens

**Autoren:  
Projektkoordination.**



**Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Berlin**

Dr. Christian A. Rumpke  
Dirk Peters  
Dr. Dominika Kalinowska

**Projektpartner.**



**DBFZ – Deutsches BiomasseForschungsZentrum gGmbH  
Leipzig**

Franziska Müller-Langer  
Dr. Michael Seiffert  
Dr. Daniela Thrän



**ifeu – Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH  
Heidelberg**

Udo Lambrecht  
Dr. Ulrich Höpfner



**LBST – Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH  
München-Ottobrunn**

Dr. Ulrich Büniger  
Patrick Schmidt  
Werner Weindorf

**progtrans**

**ProgTrans AG  
Basel / Schweiz**

Dr. Stefan Rommerskirchen  
Natalia Anders

# Impressum.

**Herausgeber.**

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Energieeffiziente Verkehrssysteme  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600  
Fax: +49 (0)30 72 61 65-699

**E-Mail.**

info@dena.de

**Internet.**

www.dena.de

**Layout.**

MÜLLER MÖLLER BRUSS Werbeagentur GmbH,  
Berlin

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung  
steht unter dem Zustimmungsvorbehalt  
der dena.

**Förderkennzeichen.**

Z 14/SeV/288.3/1045/UI40

ISBN 978-3-9813760-3-6

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Die dena übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet die dena nicht, sofern ihr nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

© 2011 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Stand: August 2011

# Inhalt.

<b>Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen.</b>	<b>6</b>
<b>1. Situation und Ziele im Verkehrssektor.</b>	<b>9</b>
1.1 Verkehrsentwicklung.	9
1.2 Endenergieverbrauch.	10
1.3 Energiebasis.	12
1.4 Treibhausgasemissionen.	15
1.5 Notwendigkeit einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.	17
<b>2. Methodisches Vorgehen bei der Voruntersuchung.</b>	<b>18</b>
<b>3. Weiterentwickelte Kraftstoffmatrix.</b>	<b>21</b>
3.1 Überprüfung bestehender und Erweiterung um neue Kraftstoff-Antriebspfade.	23
3.2 Ergänzung um weitere Verkehrsträger und Verkehrsmittel.	26
3.3 Anpassung der Bewertungsdimensionen.	30
<b>4. Prozessschritte zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.</b>	<b>33</b>
4.1 Konkretisierung energie- und klimapolitischer Ziele für den Verkehrssektor.	33
4.2 Umsetzung energie- und klimapolitischer Maßnahmen.	35
4.3 Wahl sektoradäquater Zeithorizonte.	37
4.4 Aufbau einer lernenden Strategie.	38
4.5 Wissenschaftliche Begleitung.	39
<b>5. Vorgehensvorschlag zur Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.</b>	<b>44</b>
5.1 Einbeziehung eines umfassenden Akteursspektrums.	44
5.2 Nutzung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie als integrativer Rahmen.	45
5.3 Erarbeitung bis Anfang 2013.	46
<b>6. Quellenverzeichnis.</b>	<b>48</b>
<b>7. Abbildungsverzeichnis.</b>	<b>52</b>
<b>8. Kurzvorstellung der Projektpartner der Voruntersuchung.</b>	<b>53</b>

# Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen.

## **Der Verkehrssektor hat seinen Energieverbrauch in den letzten zehn Jahren nur leicht reduzieren können – die Minderungsziele lauten hier nun minus 10 Prozent bis 2020 und minus 40 Prozent bis 2050.**

Der Verkehr verbraucht in Deutschland rund 30 Prozent der gesamten Endenergie. Seit 1960 hat sich der Energieverbrauch des Verkehrssektors verdreifacht, seit 2000 ist er wieder leicht rückläufig. Zwischen 2005 und 2009 konnte der Endenergieverbrauch um drei Prozent gesenkt werden. Einem Rückgang im dominanten Pkw-Verkehr steht in diesem Zeitraum eine Zunahme des Energieverbrauchs im Straßengüterverkehr und im Luftverkehr gegenüber. Dabei basiert der Verkehr noch nahezu vollständig auf fossilen Kraftstoffen und ist somit entsprechend von Importen abhängig. Angesichts knapper Ressourcen und zunehmender Verkehrsleistung besteht die Herausforderung darin, die im Energiekonzept der Bundesregierung für den Verkehrssektor definierten Reduktionsziele zu erreichen: bis 2020 Reduktion des Endenergieverbrauchs um rund 10 Prozent, bis 2050 um 40 Prozent (jeweils gegenüber 2005).

## **Der Straßen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr steht vor der Herausforderung, künftig einen nennenswerten Beitrag zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen zu leisten.**

Der Verkehr ist für rund 200 Millionen Tonnen der in Deutschland emittierten Treibhausgas-Emissionen verantwortlich. Da dieser Sektor maßgeblich von fossilen Energieträgern abhängt, haben sich die Treibhausgas-Emissionen in etwa analog zum Energieverbrauch entwickelt: Zwischen 1990 und 2009 sind sie bei steigender Verkehrsleistung um nur zwei Prozent gesunken. Der vergleichsweise starken Reduktion im Pkw-Verkehr in diesem Zeitraum steht ein erheblicher Anstieg der Treibhausgasemissionen im Straßengüterverkehr und insbesondere im Luftverkehr gegenüber. Zur Erreichung des weltweiten „2-Grad-Ziels“ strebt die Bundesregierung an, sektorübergreifend die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 und bis 2050 um 80 Prozent zu senken (jeweils gegenüber 1990). Hierzu einen nennenswerten Beitrag zu leisten, ist für den Verkehrssektor eine weitere Herausforderung.

## **Um den im Verkehrssektor erforderlichen energie- und klimapolitischen Veränderungsprozess voranzubringen, will die Bundesregierung eine übergreifende Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie entwickeln.**

Die aktuelle energiepolitische Diskussion zeigt, dass auch der Verkehrssektor einen Beitrag zur Energiewende leisten muss. Um den dazu nötigen Veränderungsprozess einzuleiten, stellt die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept 2010 die Notwendigkeit einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie heraus. In diesem Sinne soll nunmehr die Kraftstoffstrategie aus dem Jahr 2004 aktualisiert und auf ein breites, verkehrsträgerübergreifendes Fundament gestellt werden. Zur Reduktion des Endenergieverbrauchs und der Umweltfolgen des Verkehrs gilt es aber nicht nur, einen technologieoffenen Ansatz zu konzipieren, sondern auch, umweltfreundliche Mobilitätsformen als Alternativen zu stärken. Als Vorbereitung der Erstellung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unter Koordination der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) vier Institute mit einer Voruntersuchung beauftragt: Deutsches BiomasseForschungsZentrum gGmbH (DBFZ), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) sowie ProgTrans AG. Diese kommen unter Einbringung ihrer Expertise und Durchführung einer Expertenbefragung von Vertretern der unterschiedlichen Verkehrsträger (Straße, Schiene, Luft und Wasser) sowie Akteuren aus Energiewirtschaft, von Herstellern, Verkehrsdienstleistern, Beratern, Nutzerverbänden, etc. zu den im Folgenden zusammengefassten Ergebnissen.

## Handlungsempfehlungen der Projektpartner.

### **Es gilt die energie- und klimapolitischen Ziele im Verkehrssektor zu konkretisieren.**

Die Bundesregierung hat sich ambitionierte Ziele bei der Reduktion des Energieverbrauchs und der Vermeidung von Treibhausgasemissionen gesetzt. Bezogen auf den Verkehrssektor werden bislang im Energiekonzept 2010 aber lediglich konkrete Minderungsziele für den Endenergieverbrauch benannt: minus rund 10 Prozent bis 2020 und 40 Prozent bis 2050 vs. 2005. So ist unklar, welchen Beitrag der Verkehr zur Reduktion der Treibhausgasemissionen leisten soll. Es fehlen demnach konkrete Treibhausgas- bzw. CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionsziele für den Verkehrssektor. Zudem mangelt es an zeitlichen Zwischenzielen, die deren Erreichung oder Verfehlung nachvollziehbar machen. Des Weiteren sind die Ziele nur beschränkt einzelnen Verkehrsträgern oder -mitteln zugeordnet. Also gilt es zunächst, insbesondere die klimapolitischen Ziele für den Verkehrssektor zu konkretisieren, um maximale Transparenz für die handelnden Akteure zu schaffen und politische Maßnahmen nachvollziehbar zu begründen.

### **Es bedarf einer kritischen Analyse, ob die bislang auf den Weg gebrachten Maßnahmen genügen, die energie- und klimapolitischen Ziele zu erreichen.**

Erste Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs bzw. zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen im Verkehr sind auf den Weg gebracht. Es fehlt bislang aber eine umfassende Bestandsaufnahme, welchen Beitrag diese Maßnahmen zur Zielerreichung leisten. Dazu sollte eine fundierte und anerkannte Wirkungsabschätzung von bereits implementierten Maßnahmen durchgeführt werden.

### **Wenn die bislang ergriffenen Maßnahmen aufgrund weiter steigender Verkehrsleistungen zur Zielerreichung nicht ausreichen, müssen zusätzliche Instrumente und Maßnahmen entwickelt und konsequent umgesetzt werden.**

Es ist absehbar, dass aufgrund des zu erwartenden Verkehrswachstums die bislang auf den Weg gebrachten Maßnahmen nicht ausreichen, die gesteckten energie- und klimapolitischen Ziele zu erreichen. Deshalb sollte das Instrumentenspektrum weiterentwickelt und um zusätzliche Maßnahmen ergänzt werden. Eine Vielzahl wirksamer Instrumente kommt noch nicht zum Einsatz, obwohl diese teilweise mit vergleichsweise geringen Treibhausgas-Vermeidungskosten verbunden sind. Verkehrsverbesserung über technische Optimierung sowie Verhaltensbeeinflussung, Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung, ohne den Verzicht auf Mobilität, stellen wichtige Hebel dar, um das Verkehrsgeschehen klimaschonend und energiesparend zu gestalten. Zudem konzentrieren sich gezielte energie- und klimapolitische Maßnahmen bislang auf den Pkw und den Luftverkehr. Weitere Verkehrsträger bzw. -mittel werden (noch) kaum berücksichtigt.

### **Die Betrachtung sollte auf sämtliche relevanten Verkehrsträger ausgeweitet werden.**

Die Kraftstoffstrategie 2004 reicht als Basis nicht mehr aus, den energie- und umweltpolitischen Herausforderungen zu begegnen, da sie lediglich Kraftstoffe für Pkw-Antriebe berücksichtigt. Bereiche, in denen weiterhin erhebliche Zuwächse in der Verkehrsleistung und im Energieverbrauch erwartet werden, etwa der Straßengüterverkehr oder die Luftfahrt, bleiben unberücksichtigt. Zudem bestehen zwischen den einzelnen Verkehrsträgern bzw. -mitteln erhebliche Abhängigkeiten – beispielsweise hinsichtlich Nutzungskonkurrenzen beim Einsatz von Biokraftstoffen. Insofern ist es geboten, die Betrachtung auf relevante Verkehrsträger bzw. -mittel auszudehnen.

### **Als Datenbasis soll die Kraftstoffmatrix erweitert werden.**

Die Kraftstoffstrategie 2004 besteht in erster Linie aus einer Kraftstoffmatrix zur Aufnahme und Bewertung unterschiedlicher Kraftstoff- bzw. Antriebspfade. Im weiteren Prozess zu einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie gilt es, diese wichtige Datengrundlage für die Bewertung zu aktualisieren und weiterzuentwickeln. Dabei sollte die Kraftstoffmatrix um zusätzliche Aspekte (z. B. weitere Antriebe und Energieträger, Energieinfrastrukturen) und Bewertungsdimensionen (z. B. Soziales, Wirtschaft, Ressourcen) ergänzt werden.

**Die Wahl des Betrachtungszeitraums muss den unterschiedlichen Lebenszyklen der einzelnen Verkehrsmittel Rechnung tragen.**

Bei der Wahl des Zeithorizonts für die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie ist die Berücksichtigung individueller Produktentwicklungs- und -lebenszyklen der einzelnen Verkehrsträger erforderlich. Bei einer Fokussierung auf den Pkw können Zeiträume von 15 bis 20 Jahren adäquat sein. Bei Schienenfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen gelten sehr viel längere Zyklen – ebenso bei (Verkehrs- und Energie-)Infrastrukturen. Unter Berücksichtigung begrenzter Prognosezeiträume gilt es demnach, eine Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für 2020 / 2030 zu erarbeiten und eine Perspektive bis 2050 zu geben.

**Es sollte ein lernendes Gesamtkonzept entworfen werden, das die energie-, klima- bzw. umweltpolitischen Herausforderungen im Verkehrssektor aufgreift.**

Im Prozess der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollten Ziele definiert und wirksame Maßnahmenpakete identifiziert werden. Es ist zudem erstrebenswert, diese verbindlich einzuführen und in ihrer Umsetzung nachzuverfolgen, um so die Strategie handlungsleitend zu machen. Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollte als eine „lernende Strategie“ aufgefasst werden, bei der Erfahrungen aus der Umsetzung einbezogen werden können. Dabei kann die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie unter Berücksichtigung politischer, technologischer oder gesellschaftlicher Trends im Zeitverlauf aktualisiert sowie weiterentwickelt werden.

**Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie bietet die Möglichkeit, ressortübergreifend notwendige Maßnahmen abzustimmen.**

Die Zuständigkeiten für energie- und klimapolitische Maßnahmen im Verkehr sind auf Bundesebene auf verschiedene Ressorts verteilt. Zur optimalen Ausgestaltung der Maßnahmen müssen aber Abhängigkeiten berücksichtigt werden. Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollte dazu genutzt werden, erforderliche Maßnahmen im Verkehrssektor untereinander abzustimmen und mit anderen Sektoren sowie auf EU-Ebene abzugleichen.

**Die Einbindung von Marktakteuren sowie Vertretern aus der Bevölkerung und die Sicherstellung einer wissenschaftlichen Begleitung sind Voraussetzung für das Gelingen des Strategieprozesses bis 2013.**

Um Validität, Glaubwürdigkeit und insbesondere die gesellschaftliche Akzeptanz der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie zu erhöhen, bedarf es der konsequenten Beteiligung der Öffentlichkeit sowie der betroffenen Akteure. Eine wissenschaftliche Begleitforschung wiederum ermöglicht, Daten und Informationen neutral aufzubereiten, Fragestellungen flexibel zu beantworten und Szenarien zur Wirkung von Instrumenten und Maßnahmen zu modellieren. Aufgrund des dringenden Handlungsbedarfs sollte möglichst bald mit der Entwicklung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie begonnen werden. Dabei ist eine Fertigstellung wesentlicher Ergebnisse bis Anfang 2013 gefordert.

# 1. Situation und Ziele im Verkehrssektor.

Mobilität ist ein zentrales Element unserer Gesellschaft. Geistige und physische Mobilität kennzeichnen den Menschen. Mobilität wird meist gleichbedeutend mit Verkehr gesetzt und dort vor allem mit dem motorisierten Verkehr. Die Bewegung von Menschen und Gütern mit verschiedenen Verkehrsmitteln ermöglicht höhere Lebensqualität und wirtschaftliche Prosperität. Der Verkehr ist aber auch Treiber für Ressourcen- und Flächenverbrauch, Treibhausgas-, Schadstoff- und Lärmemissionen und den damit verbundenen Folgen für Mensch und Umwelt. Es ist erstrebenswert, eine saubere und diversifizierte Energieversorgung zu sichern, die Verkehrsstrukturen nachhaltiger zu gestalten und die Belastungen für Mensch und Natur zu minimieren.

## 1.1 Verkehrsentwicklung.

In den letzten Jahrzehnten hat der Verkehr in Deutschland kontinuierlich zugenommen (vgl. Abbildung 1). Die heutige Verkehrsleistung im motorisierten Personenverkehr ist mehr als viermal so hoch wie 1960. Dabei stieg die Motorisierung von 71 Pkw/1.000 Einwohner im Jahr 1960 auf 553 Pkw/1.000 Einwohner in 2010. Erst in den letzten Jahren ist eine Stagnation zu verzeichnen. Besonders stark hat in der jüngsten Vergangenheit der Luftverkehr zugenommen. So stieg die Verkehrsleistung inländischer und von Deutschland abgehender Luftverkehre seit 1990 auf das 2,5-Fache.

**Verkehr ermöglicht wirtschaftliche Prosperität und prägt heutige Lebensstile – wobei negative Wirkungen auf Mensch und Natur minimiert werden müssen.**

**Heute ist die Personenverkehrsleistung viermal so hoch wie 1960. Die Verkehrsleistung im Luftverkehr stieg seit 1990 auf das 2,5-Fache.**

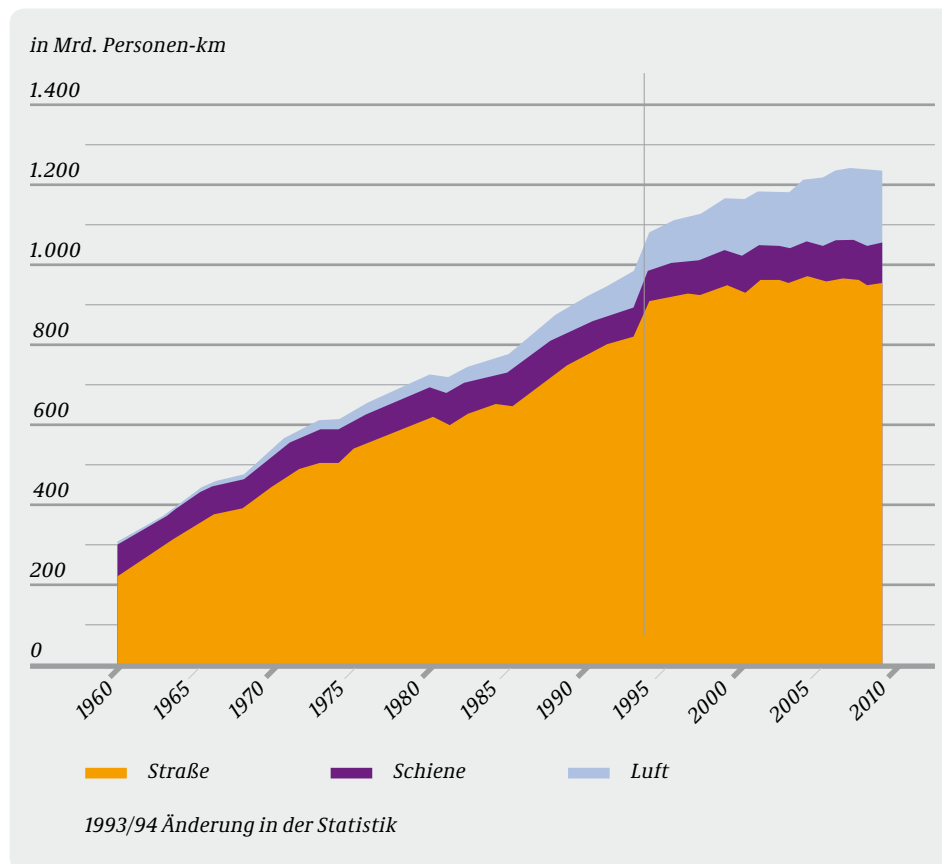


Abbildung 1: Verkehrsleistung im Personenverkehr, 1960 bis 2009

Quelle: TREMOD; Luftverkehr innerdeutsch und grenzüberschreitend bis zur 1. Zwischenlandung, Werte für Gesamtdeutschland



**Lkw erbringen mittlerweile über 70 Prozent der Gütertransportleistung in Deutschland.**

Auch der Güterverkehr hat stark zugenommen (vgl. Abbildung 2). Die EU-Erweiterung und die Globalisierung der Märkte, die zu einer fortschreitenden Arbeitsteilung bei Produktionsprozessen geführt haben, trugen zu einem Anstieg der Transportleistungen bei. Änderungen in der Produktionsstruktur (z. B. „Just in Time“) und der Rückgang bahnaffiner Massengüter (z. B. Kohle) führten dazu, dass der Anstieg des Güterverkehrs im Wesentlichen vom Lkw-Verkehr getragen wurde, während Bahn- und Binnenschifftransport nur wenig zunahmen. Damit ist der Lkw heute das wichtigste Transportmittel mit einem Anteil von über 70 Prozent an der Gütertransportleistung in Deutschland [BMVBS 2009].

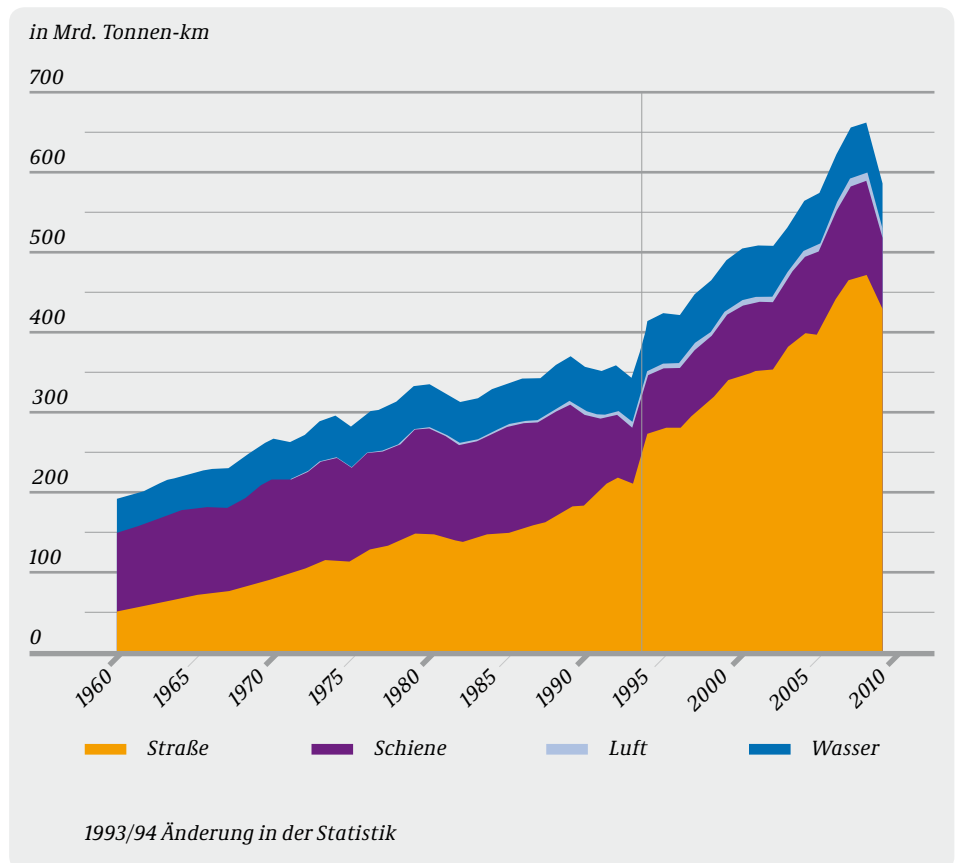


Abbildung 2: Transportleistung im Güterverkehr, 1960 bis 2009

Quelle: TREMOD; Luftverkehr innerdeutsch und grenzüberschreitend bis zur 1. Zwischenlandung, Werte für Gesamtdeutschland

**Es ist zu erwarten, dass die Verkehrsleistung weiter steigt.**

Aktuelle Studien gehen von einem weiteren Wachstum des Güter- und Personenverkehrs aus. Danach werden die Transportleistungen im Güterverkehr zwischen 2004 und 2025 in Deutschland um 80 Prozent steigen, die Fahrleistungen im Pkw-Verkehr um 14 Prozent [ITP 2007]. Weltweit wird nahezu eine Verdoppelung des Güter- und Personenverkehrs zwischen 2000 und 2020 erwartet [ITF 2011].

**Der Verkehrssektor hat einen 30-prozentigen Anteil am Endenergieverbrauch.**

**1.2 Endenergieverbrauch.**

Der Verkehr hat einen Anteil von rund 30 Prozent am Endenergieverbrauch in Deutschland [AGE 2009] (vgl. Abbildung 3). Dabei hat der Straßenverkehr einen Anteil von über 80 Prozent des Energieverbrauchs im Verkehr, wovon zwei Drittel auf den Personenverkehr entfallen. Flugzeuge tanken etwa 15 Prozent der in Deutschland verkauften Kraftstoffe. Auf den Schienenverkehr entfallen etwas mehr als zwei Prozent des Endenergieverbrauchs, wovon zwei Drittel elektrisch sind. Der Schienenverkehr ist damit aktuell der einzige relevante Stromverbraucher im Verkehrssektor.

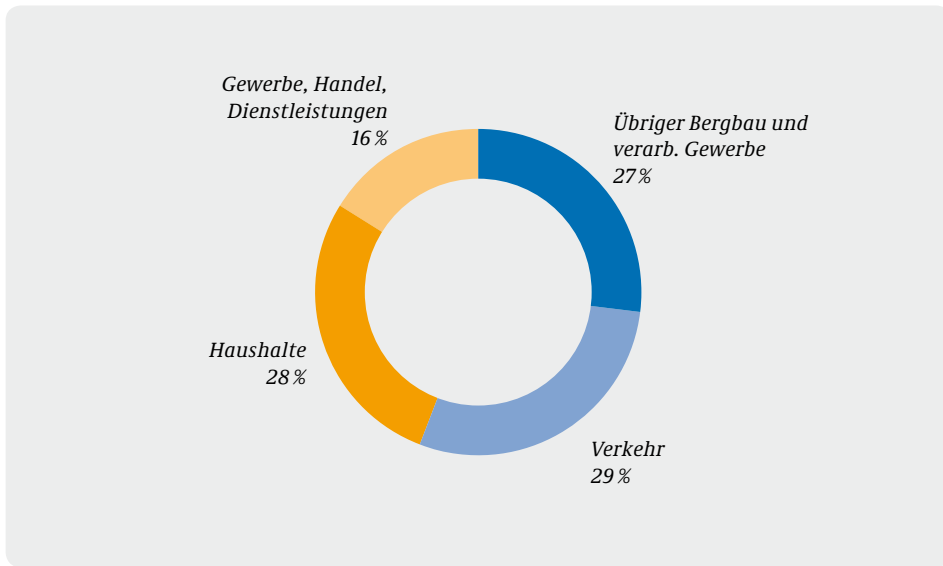


Abbildung 3: Anteil aller Sektoren am Endenergieverbrauch in Deutschland, 2009  
Quelle: AGE 2009

Zwischen 1960 und 2009 hat sich der Endenergiebedarf des Verkehrs etwa verdreifacht, der des Straßenverkehrs verfünffacht. Erst in den letzten Jahren konnte ein leichter Rückgang verzeichnet werden. Der Energieverbrauch des Flugverkehrs hat sich seit 2000 etwa verdoppelt (vgl. Abbildung 4).

Der Endenergiebedarf des Verkehrs hat sich seit 1960 verdreifacht.

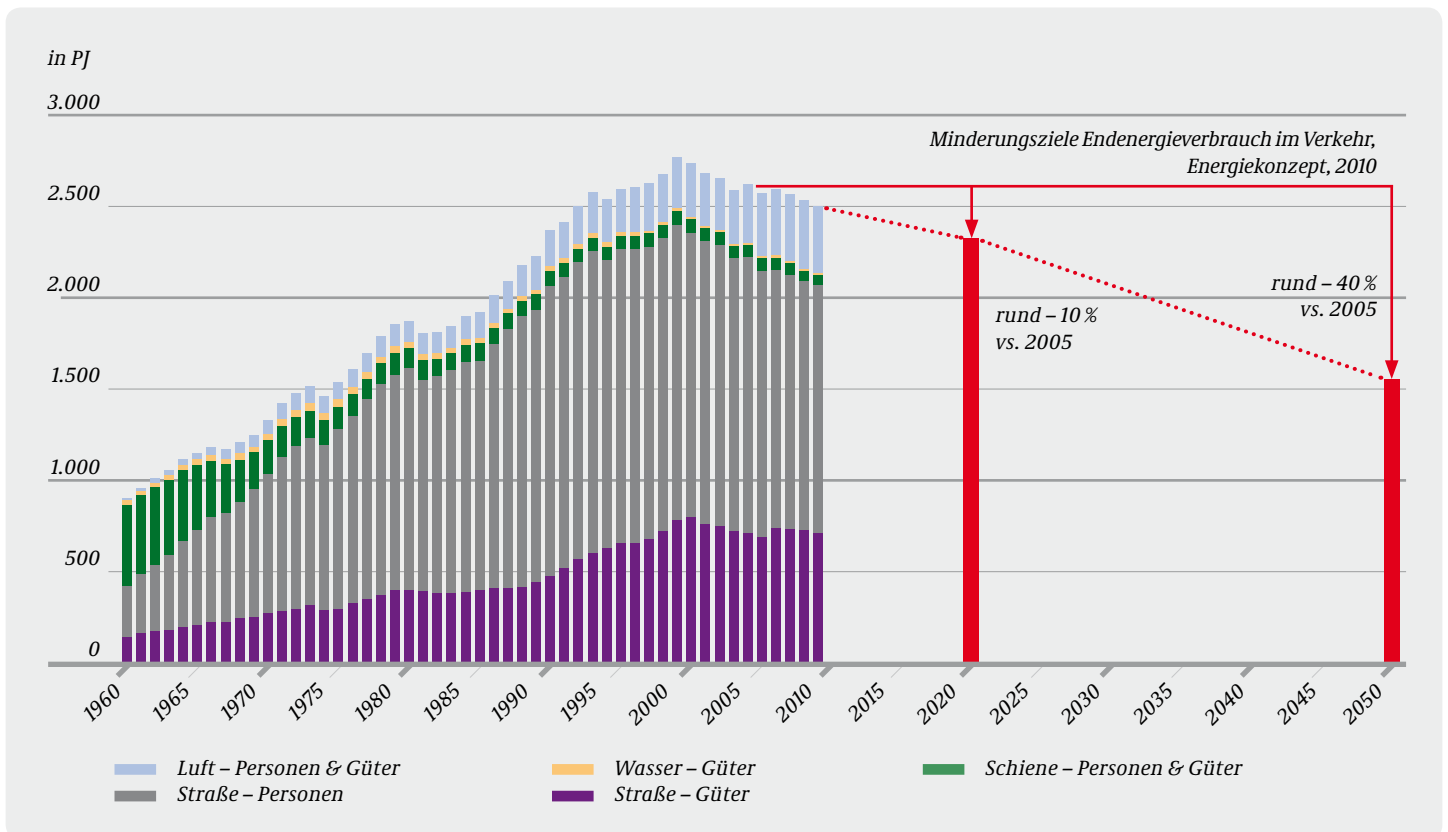


Abbildung 4: Endenergieverbrauch nach Verkehrsträgern, 1960 bis 2009  
Quelle: TREMOD; Luftverkehr innerdeutsch und grenzüberschreitend bis zur 1. Zwischenlandung, Abgrenzung nach AGE 2009, Werte für Gesamtdeutschland

**Der Endenergieverbrauch des Verkehrs soll bis 2020 um rund zehn Prozent gegenüber 2005 gesenkt werden.**

Die Bundesregierung hat 2010 in ihrem Energiekonzept erstmals ein Energieeinsparziel für den Verkehrssektor definiert: „Im Verkehrsbereich soll der Endenergieverbrauch bis 2020 um rund 10 Prozent und bis 2050 um rund 40 Prozent gegenüber 2005 zurückgehen“ [BMU 2010a]. Die Szenarien für das Energiekonzept der Bundesregierung 2010 zeigen, dass im Referenzszenario bis 2050 eine Minderung des Energieverbrauchs von 25 Prozent realisierbar ist. Eine Minderung von 40 Prozent wird erst in einem ambitionierten Zielszenario erreicht. Vor dem Hintergrund des zu erwartenden Verkehrswachstums sind die Energieeinsparziele für den Verkehrssektor als besonders ambitioniert zu bewerten. Um die von der Bundesregierung formulierten Ziele dennoch zu erreichen, bedarf es eines ergebnisorientierten Vorgehens, dessen Schritte im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie gemeinsam mit den involvierten Akteuren sowie gesellschaftlichen Gruppen erarbeitet werden sollten.

### 1.3 Energiebasis.

**Der Verkehrssektor hängt nach wie vor fast vollständig vom Energieträger Erdöl ab, aber das Fördermaximum scheint erreicht.**

Die meisten motorisierten Verkehre basieren derzeit fast vollständig auf Kraftstoffen aus Erdöl. Die Internationale Energie Agentur geht davon aus, dass das weltweite Fördermaximum von Rohöl bereits im Jahr 2006 erreicht wurde [IEA 2011] (vgl. Abbildung 5). Die weltweite Energienachfrage, auch im Verkehr, nimmt nach aktuellen Prognosen aber weiter zu – mit entsprechenden Auswirkungen auf den Rohölbedarf [WEO 2010]. Die weltweit steigende Erdölnachfrage treibt die Erdölförderung aus neuen Quellen (z. B. aus unkonventionellen Ölvorkommen durch Tiefseebohrungen oder in der Arktis) und die aufwändige Produktion von flüssigen Kraftstoffen aus Erdgas und Kohle, die aber jeweils mit entsprechend hohen Kosten, Ressourcenverbräuchen und Umweltwirkungen einhergehen.

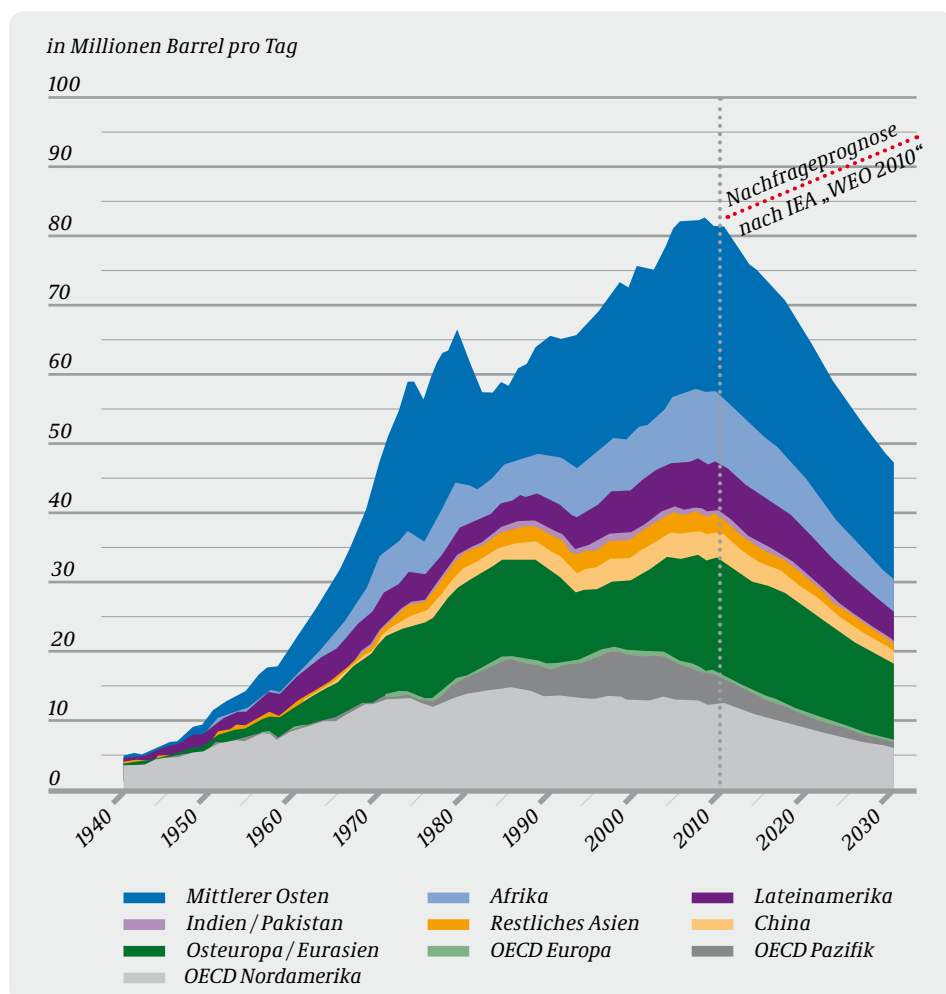


Abbildung 5: Bisherige und prognostizierte Entwicklung der weltweiten Erdölproduktion und -nachfrage

Quellen: WEO 2010 und LBST 2008

Die Diversifizierung des Energieträgermixes im Verkehrssektor stellt daher eine wichtige Komponente bei der Sicherung der künftigen Energieversorgung dar. Kurz- und mittelfristig verfügbare Bausteine einer Diversifizierung der Kraftstoffbasis Benzin und Diesel sind dabei komprimiertes Erdgas (CNG) und Autogas (LPG) als fossile Alternativen sowie biomassebasierte Kraftstoffe (Biomethan, Biokraftstoffe) und mittel- bis langfristig zusätzlich die Elektromobilität als regenerative Alternativen.

Das wichtigste langfristige Ziel für den Verkehrssektor ist die weitgehende Umstellung auf eine Versorgung mit erneuerbaren Energien. Zur frühzeitigen Verfolgung dieses Ziels legt die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG) für das Jahr 2020 ein Ziel von zehn Prozent erneuerbare Energien (inkl. Strom, Methan und Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen) im Verkehr fest. Für eine kommende Strategie gilt es, diese Vorgabe in sinnvollen Schritten in die Zukunft fortzuschreiben.

**Die Kraftstoffbasis der Zukunft ist ein Mix aus unterschiedlichen Alternativen.**

**Die Kraftstoffbasis sollte langfristig erneuerbar werden.**

## Exkurs.

### Erdgas und Autogas sind wichtige Bausteine einer diversifizierten Kraftstoffbasis.

Komprimiertes Erdgas (CNG) und Autogas (LPG, ein Nebenprodukt der Erdgas- und Erdölindustrie) werden als kurz- bis mittelfristige Ergänzung des erdölbasierten Benzin und Diesel im Straßenverkehr gesehen. Erdgas- und LPG-Fahrzeuge können dabei auch mit Benzin betrieben werden (Multifuel). Insbesondere CNG gilt als sinnvolle Übergangslösung zu erneuerbaren gasförmigen Kraftstoffen (Biomethan), welche sowohl aus Biomasse als auch aus Strom erzeugt werden können. Steuervorteile sollen einen Anreiz für die Einführung dieser Kraftstoffe setzen. Eine im Rahmen des „Gesetzes zur Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform“ beschlossene Reduktion der Energiesteuer auf CNG und LPG gilt bis 2018. In der Folge dessen und beschleunigt durch hohe Preise für Benzin und Diesel nahm der Anteil von LPG- und CNG-Fahrzeugen in den vergangenen Jahren stark zu – mit rund 500.000 Kfz, davon 90.000 CNG-Fahrzeugen, liegt ihr Anteil aber immer noch bei nur etwa einem Prozent des Kfz-Gesamtbestands (vgl. Abb. 6).

in Tausend

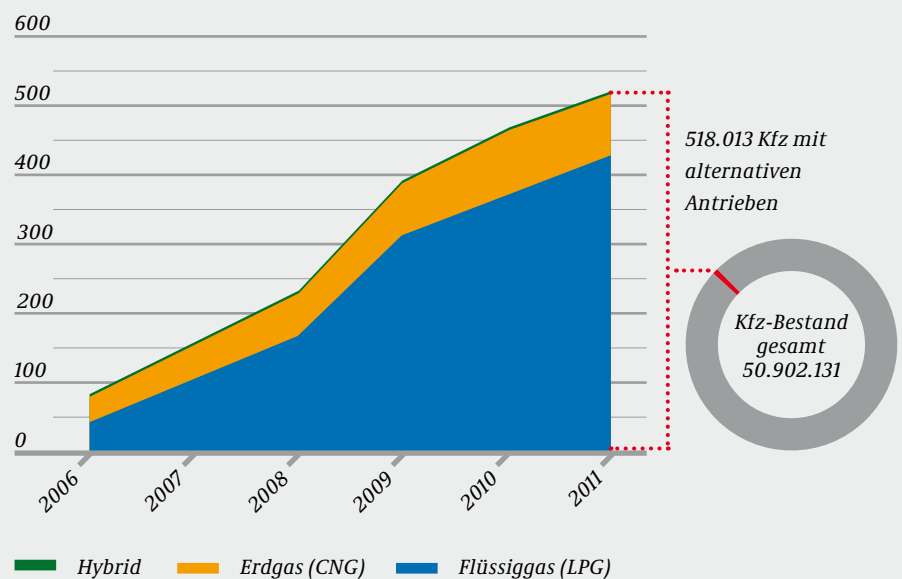


Abbildung 6: Bestand von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben in Deutschland, Jahresanfangswerte jeweils zum 1. Januar 2006 bis 2011

Quellen: KBA 2010a und 2010b

**Quotenregelungen führen zu einer Zunahme erneuerbarer Kraftstoffe für konventionelle Antriebe.**

Von den erneuerbaren Alternativen im Straßenverkehr sind bisher vor allem Biodiesel und Bioethanol im Einsatz. Ihr Anteil nahm zwischen 1995 und 2007 kontinuierlich auf über sieben Prozent zu. Mit der Einführung der Quotenregelung ist ein Rückgang zu verzeichnen (vgl. Abbildung 7). Ab dem Jahr 2010 muss eine energiebezogene Quote von 6,25 Prozent erreicht werden. Diese wird ab 2015 schrittweise durch eine treibhausgasbezogene Quote ersetzt. Demnach müssen Biokraftstoffe bis 2020 zu einer Minderung der Treibhausgas-Emissionen des Verkehrs um sieben Prozent beitragen.

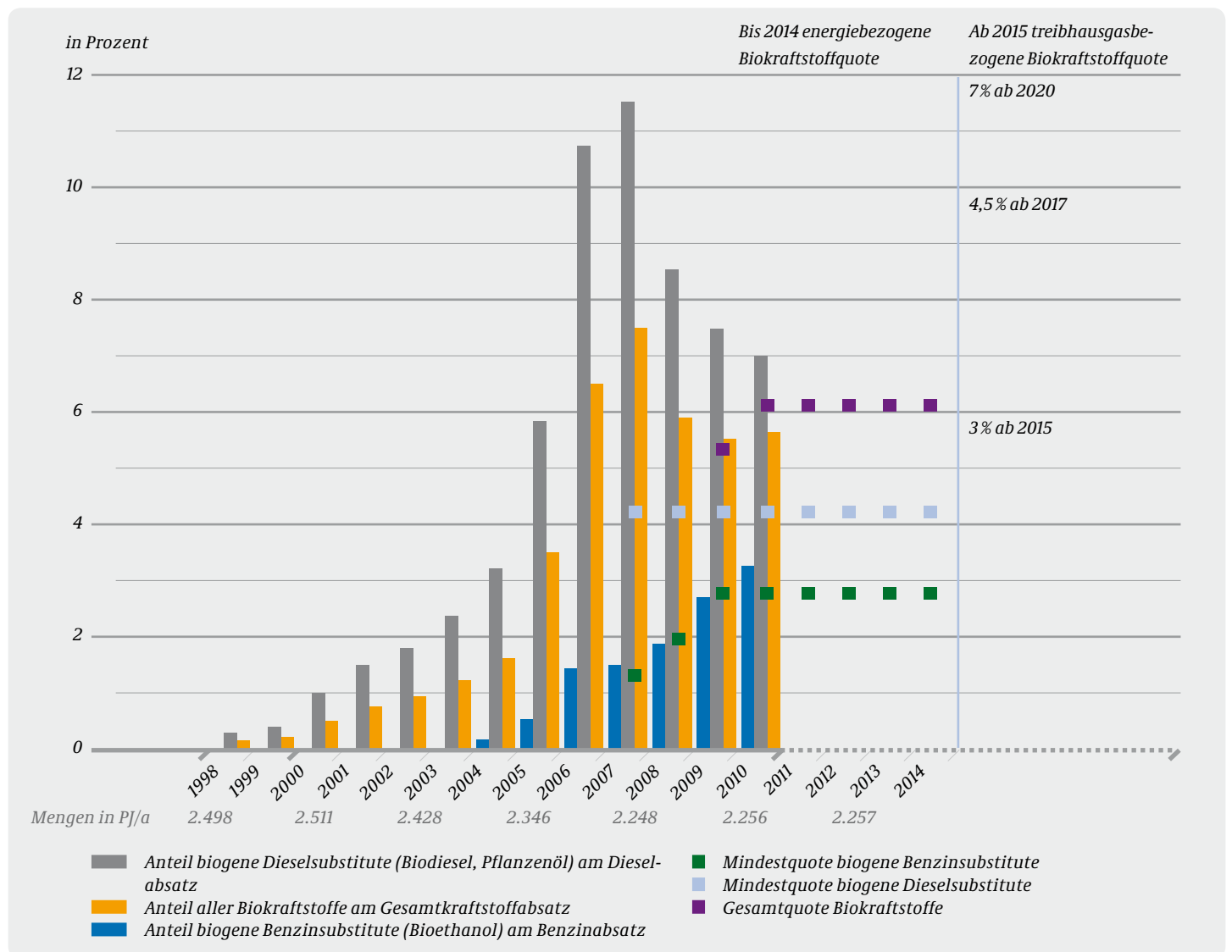


Abbildung 7: Anteil alternativer Kraftstoffe am Energieverbrauch im deutschen Straßenverkehr

Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von BMU 2008, DBT 2010, BAFA 2011

*Exkurs.*

**Bioenergie ist eine Alternative im Erneuerbaren-Energien-Mix der Zukunft.**

Biomassebasierte Kraftstoffe gelten als sinnvolle und vergleichsweise kostengünstige Alternative zum Einstieg in die erneuerbare Kraftstoffversorgung für den Verkehrssektor. Damit steigt allerdings auch die Nachfrage nach diesen Kraftstoffen in unterschiedlichen Sektoren (z. B. Wärme- und Stromerzeugung, Nahrungs- und Lebensmittel, Straßen-, Luft-, Bahn- und Schiffsverkehr oder stoffliche Nutzung in der chemischen Industrie). Mit der zunehmenden Nachfrage nach Bioenergie gehen verstärkte Nutzungskonkurrenz um die Ressource Biomasse und um Flächen für deren Anbau einher. Deshalb ist der potenzielle Beitrag von Biokraftstoffen im Verkehrssektor vergleichsweise begrenzt.

*Exkurs.***Elektromobilität – effiziente Nutzung erneuerbaren Stroms im Verkehr.**

In die Entwicklung der Elektromobilität werden große Hoffnungen gesetzt. Ein wesentlicher Grund besteht in der Einsicht, dass sich aufgrund der Endlichkeit fossiler Ressourcen die globale Energieversorgung langfristig auf erneuerbare Energien umstellen muss. Da der größte Teil davon als Elektrizität bereitgestellt wird (Windenergie, Wasserkraft, Photovoltaik, Geothermie und solarthermische Kraftwerke), wird langfristig auch der Verkehrssektor elektrifiziert werden müssen. Nach vergeblichen Kommerzialisierungsversuchen in der Vergangenheit scheinen strombasierte Antriebe insbesondere im Pkw-Sektor jetzt vor dem Durchbruch in den Massenmarkt zu stehen. Zu den Technologieoptionen zählen batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV) sowie auf längere Sicht auch wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV). Wegen ihrer anfänglich geringen Marktdurchdringung werden alle Elektroantriebe kurzfristig aber nur geringe Beiträge zur Reduktion der Treibhausgasemissionen leisten.

**1.4 Treibhausgasemissionen.**

Die Treibhausgasemissionen von Deutschland werden für die Klimaberichterstattung nach der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Abgrenzung berechnet. Demnach trugen der nationale bodengebundene Verkehr und der inländische Luftverkehr im Jahr 2009 etwa zu 20 Prozent zu den energiebedingten Treibhausgasemissionen (hauptsächlich CO<sub>2</sub>) in Deutschland bei [UBA 2011].

Hierzu kommen die Emissionen des von Deutschland abgehenden internationalen Luftverkehrs, der bei den berichteten nationalen Treibhausgasemissionen nicht einbezogen wird. Gleiches gilt für die Emissionen zur Bereitstellung von Kraftstoffen und Strom, die anderen Sektoren zugerechnet werden (z. B. bei Raffinerien oder Kraftwerken). Diese umfänglicher erfassten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors haben im Jahr 1999 ihren bisher höchsten Stand erreicht. Seither sind sie leicht rückläufig. Die Emissionen des Gesamtverkehrs haben gegenüber 1990 – dem Bezugsjahr der Klimaverpflichtungen – um etwa zwei Prozent abgenommen (vgl. Abbildung 8).

Den größten Anteil an den Treibhausgasemissionen hat der Straßenverkehr mit etwa 85 Prozent, davon entfallen 65 Prozent auf den Verkehr mit Pkw. Seit 1990 sind die Treibhausgasemissionen des Pkw-Verkehrs um über 20 Prozent zurückgegangen. Ursache dafür sind der Rückgang des Verbrauchs bei Neufahrzeugen, dämpfende Effekte auf die Fahrleistungen durch höhere Kraftstoffpreise (bedingt durch Rohölpreise, Mineralöl- und Ökosteuer), konjunkturelle Einflüsse sowie die Zunahme von Biokraftstoffen. Die Treibhausgasemissionen des Straßengüterverkehrs dagegen nahmen, bedingt durch die mehr als 50-prozentige Zunahme der Fahrleistungen von schweren Lkw, im gleichen Zeitraum um fast 40 Prozent zu. Die höchsten Steigerungsraten bei den Treibhausgasemissionen wies mit über 80 Prozent der Luftverkehr auf (vgl. Abbildung 8).

**Etwa 20 Prozent der Treibhausgasemissionen stammen vom Verkehr.**

**Auch wenn beim Pkw mit einer weiteren Reduktion der Treibhausgasemissionen zu rechnen ist, drohen die Treibhausgasemissionen im Lkw- und Luftverkehr weiter zu steigen.**

1. Situation und Ziele im Verkehrssektor.

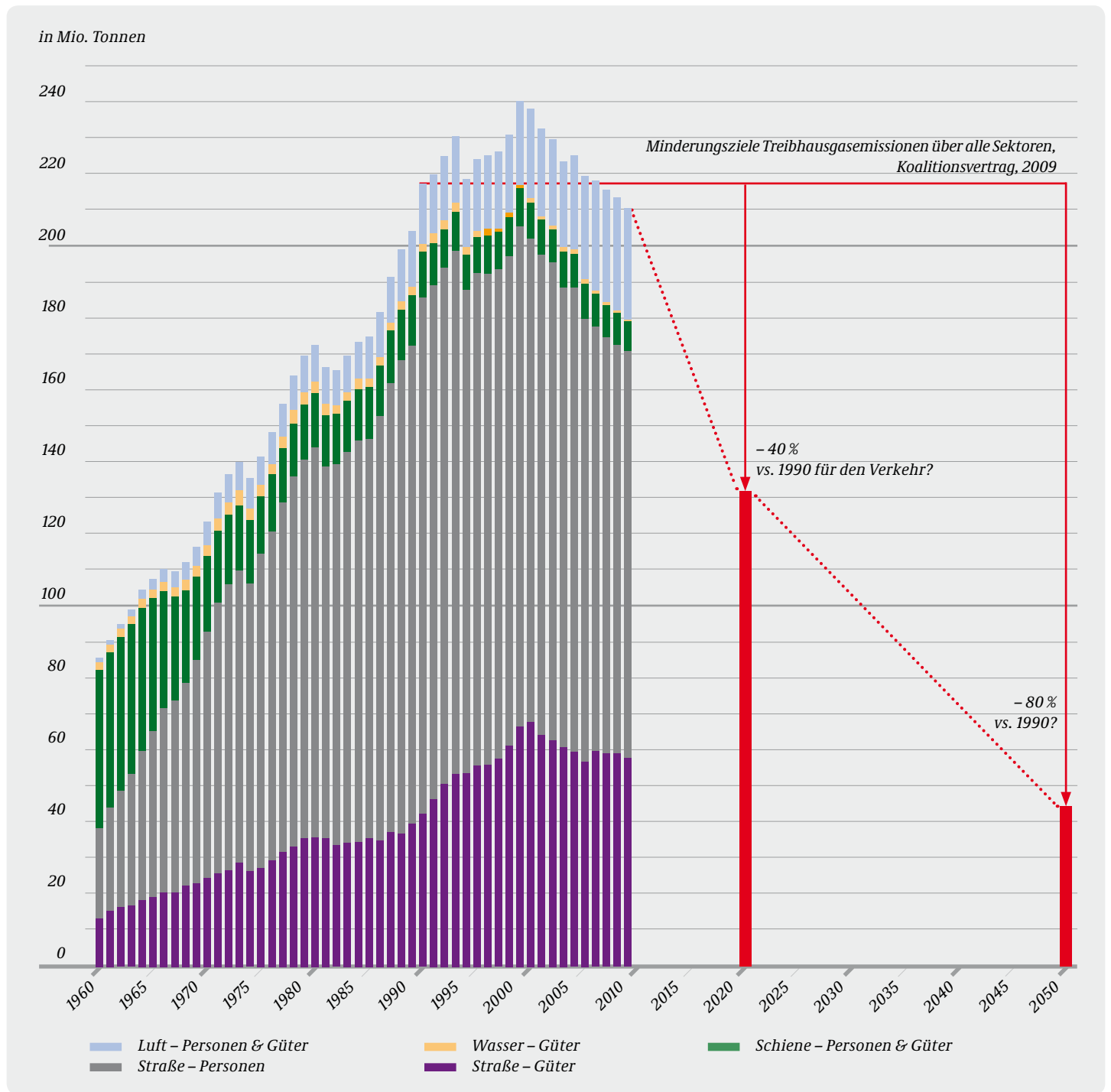


Abbildung 8: Treibhausgasemissionen nach Verkehrsträgern, 1960 bis 2009

Quelle: TREMOD; Luftverkehr innerdeutsch und grenzüberschreitend bis zur 1. Zwischenlandung, Abgrenzung nach AGE 2009, zudem Berücksichtigung von Emissionen bei der Energiebereitstellung, Werte für Gesamtdeutschland

Nach internationalen Vereinbarungen sollen die Industriestaaten ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80 Prozent reduzieren. Im Koalitionsvertrag von 2009 [Koalitionsvertrag 2009] bekräftigt die Bundesregierung zudem ihr Ziel, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2020 um 40 Prozent zu reduzieren. Um dieses zu erreichen, sind erhebliche Anstrengungen in allen Sektoren notwendig. Dabei wird z. B. im aktuellen EU-Weißbuch Verkehr „Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum“ [EC 2011a] für den Verkehrssektor ein Langfristziel von 60 Prozent Emissionsminderung bis 2050 (vs. 1990) konkretisiert. Fraglich ist, welchen Beitrag in Deutschland der Verkehrssektor bzw. die einzelnen Verkehrsträger zu diesen Treibhausgas-Minderungszielen leisten sollen.

### 1.5 Notwendigkeit einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.

Die Reduktion des Verbrauchs fossiler Energien sowie des Ausstoßes von Treibhausgasemissionen stellt die verschiedenen Sektoren vor große Herausforderungen. Auch der Verkehrssektor wird einen Beitrag zur Energiewende leisten müssen. Dazu steht prinzipiell eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung: Die Effizienz des Gesamtverkehrssystems kann erhöht, neue Antriebssysteme verstärkt genutzt oder erneuerbare bzw. weniger kohlenstoffhaltige Energieträger im Verkehr eingesetzt werden. Zudem müssen alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die Fahrleistungen durch z. B. Auslastungsgraderhöhungen oder angepasste Standort- und Städtebaupolitik zu reduzieren. Die Verlagerung von Pkw- und Lkw-Fahrten auf energieeffizientere Verkehrsmittel kann einen weiteren Beitrag zur Reduzierung der Energieabhängigkeit und weiterer Umweltfolgen leisten. Diese Maßnahmen markieren die Erfolge auf dem Weg „weg vom Öl“ [BMVBS 2011].

Im Koalitionsvertrag (2009) für die 17. Legislaturperiode ist die Entwicklung einer breit angelegten und technologieoffenen Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie angekündigt. Diese soll alle alternativen Technologien und Energieträger berücksichtigen. Die Bedeutung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie wird noch einmal im Energiekonzept der Bundesregierung (2010) unterstrichen. Dabei sollen auch konkrete Angebote gemacht werden, um umweltfreundliche Mobilitätsformen als Alternativen zum motorisierten Individualverkehr zu stärken.

Auch die im Rahmen der hier vorliegenden Voruntersuchung durchgeführte Expertenbefragung (vgl. Kapitel 2) hat gezeigt, wie relevant dieses Thema ist: 45 Prozent der befragten Experten erachten die Aktualisierung der Kraftstoffstrategie aus dem Jahre 2004 als „dringend nötig“ und 55 Prozent als „eher nötig“. Diese Voruntersuchung beschreibt den möglichen Weg der Erarbeitung einer solchen Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.

**Es wird eine erhebliche Reduktion der Treibhausgasemissionen angestrebt – aber es ist noch unklar, welchen Beitrag der Verkehrssektor hierzu leisten soll.**

**Mit den energie- und klimapolitischen Minderungszielen sind auch erhebliche Veränderungen im Verkehrssektor verbunden.**

**Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie soll den Fahrplan für die künftige Entwicklung des Verkehrssektors und seiner Energieversorgung aufzeigen.**

**Es herrscht breiter Konsens über die Notwendigkeit der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.**



## 2. Methodisches Vorgehen bei der Voruntersuchung.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat eine Voruntersuchung beauftragt, um den Prozess der Erarbeitung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie zu strukturieren.

Um den zuvor skizzierten Herausforderungen im Verkehrssektor begegnen zu können, bedarf es einer Aktualisierung der Kraftstoffstrategie 2004 und ihrer Weiterentwicklung zu einer umfassenden Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie. Als Grundlage für die Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) die vorliegende Voruntersuchung beauftragt. Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Wie stellen sich die Analysen, Prognosen und Szenarien der Kraftstoffstrategie 2004 angesichts der aktuellen Situation und der heutigen Erkenntnisse dar?

Verkehrsträger/-mittel	Prozessbeteiligte				
	Wirtschaft				
	Erzeuger bzw. Vermarkter vornehmlich konventioneller Kraftstoffe bzw. Antriebsenergien inkl. ihrer Interessensverbände	Erzeuger bzw. Vermarkter vornehmlich alternativer Kraftstoffe bzw. Antriebsenergien inkl. ihrer Interessensverbände	Hersteller von Fahrzeugen, Flugzeugen, Schiffen etc. inkl. ihrer Interessensverbände	Verkehrsdienstleister inkl. ihrer Interessensverbände	
<b>Straßenverkehr</b>	MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e. V.  MWW Mineralölwirtschaftsverband e. V.  UNITI Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e. V.  BDEW Bundesverband Energie und Wasserwirtschaft e. V.	BdBE Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e. V.  Energieversorger  Anbieter von Ökostrom und Biogas  UFOP Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen e. V.  DVFG Deutscher Verband Flüssiggas e. V.  CHOREN Industries GmbH  BEE Bundesverband Erneuerbarer Energien e. V.  erdgas mobil GmbH	VDA Verband der Automobilindustrie e. V.  VDIK Verband der internationalen Kraftfahrzeughersteller e. V.  MTU Friedrichshafen GmbH	BDO Bundesverband Deutscher Omnibusunternehmen e. V.  BZP Deutscher Taxi und Mietwagen Verband e. V.  ZDK Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e. V.  LeasePlan Deutschland GmbH  VDV Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.  Logistik-Verbund  Schenker Deutschland AG  TÜV Rheinland AG	
<b>Schieneverkehr</b>				Deutsche Bahn AG	
<b>Binnenschifffahrt</b>					
<b>Seeschifffahrt</b>			Blohm + Voss GmbH	Branchen-Verband	
<b>Luftverkehr</b>			Hersteller von Flugzeugen		

Abbildung 9: Teilnehmer an der Expertenbefragung

Quelle: Eigene Darstellung

- Welche Vollständigkeit hat die damalige Kraftstoffmatrix, welche neuen Kraftstoffe und Antriebstechnologien müssten aufgenommen werden, welche Parameter müssen heute neu bewertet werden bzw. müssen Bewertungskriterien ergänzt werden?
- Welche Erwartungen von Wirtschaft, Wissenschaft und relevanten/ betroffenen Interessenverbänden gibt es hinsichtlich einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie und welchen Einfluss kann das auf die Weiterentwicklung von Bewertungskriterien haben?
- Welche technologischen, ökonomischen und verkehrs- und umweltpolitischen Fragestellungen sollten im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie zusätzlich erforscht werden?
- Welches Verfahren soll zur Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie gewählt werden?

		Wissenschaft / Forschung	Politiknahe Organisationen	NGO / Nutzer / Sonstige
	Beratungsunternehmen			
	Beratungsunternehmen im Bereich der Nachhaltigkeit	Wissenschaftliches Institut im Straßenwesen TU Freiburg TU München TU Dresden DLR Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e. V. ForNeBik Forschungsnetzwerk Biogene Kraftstoffe ISI Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung HWWI Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut	UBA Umweltbundesamt Vertreter kommunaler Politik PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt FNR Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V. NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH EnergieAgentur NRW	Pro Mobilität – Initiative für Verkehrsinfrastruktur e. V. BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. DUH Deutsche Umwelthilfe e. V. WWF Deutschland e. V. BDI Bundesverband Deutscher Industrie e. V. Deutsches Verkehrsforum e. V. VCD Verkehrsclub Deutschland e. V.
	Internationales Beratungsunternehmen	Öko Institut e. V.		ACE Auto Club Europa e. V. ADAC Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e. V. Allianz pro Schiene e. V.

## 2. Methodisches Vorgehen bei der Voruntersuchung.

Quellen für die im Folgenden beschriebenen Ergebnisse dieser Voruntersuchung sind zum einen die Expertisen der an der Erarbeitung beteiligten Projektpartner. Zum anderen sind mit einer Expertenbefragung die Einschätzungen und Erwartungen einer Vielzahl von Branchenakteuren ermittelt und in diesem Rahmen aufbereitet worden.

### **Eine breit angelegte Expertenbefragung spiegelt die Ansprüche der Branchenakteure an eine Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie wider.**

Bei der Expertenbefragung wurden relevante Marktakteure des Verkehrssektors in Deutschland zu ihrer Meinung zur bisherigen Kraftstoffstrategie und zu ihren Erwartungen an eine Weiterentwicklung befragt. Die Erhebung wurde im Januar / Februar 2011 schriftlich durchgeführt und erreichte eine Rücklaufquote von rund 80 Prozent. Die knapp 56 Organisationen, die letztlich geantwortet haben, sind sowohl für die betroffenen Verkehrsträger bzw. Verkehrsmittel als auch für die relevanten Prozessketten dieses Sektors hinreichend repräsentativ. Zu den beteiligten Verkehrsträgern zählen: der Straßenverkehr (mit Pkw und Nutzfahrzeugen), der Schienenverkehr, die Binnen- und Seeschifffahrt sowie der Luftverkehr. Die einbezogenen Branchen und Nutzer umfassten die Energiewirtschaft (konventionell und alternativ), Hersteller, Verkehrsdienstleister, Berater, Wissenschaft sowie Nichtregierungsorganisationen (vgl. Abbildung 9). Rund 40 Prozent der Antworten stammen von Vorständen und Geschäftsführern, 30 Prozent lieferten Abteilungsleiter.

Durch das breite Spektrum der befragten Akteure ist sichergestellt, dass unterschiedliche Interessenslagen in die Ergebnisfindung eingeflossen sind. Die quantitativen Ergebnisse wurden statistisch abgesichert. Wertende Angaben wurden auf eine mögliche Verzerrung im Sinne einer bewussten Vertretung eigener Interessen überprüft.

### **Diese Voruntersuchung wurde unter Koordination der dena von DBFZ, ifeu, LBST sowie ProgTrans durchgeführt.**

Die Grundlagen der vorliegenden Voruntersuchung lieferten zudem die fünf Projektpartner: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Deutsches BiomasseForschungsZentrum gGmbH (DBFZ), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (ifeu), Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) und ProgTrans AG (für Kurzvorstellung der Autoren vgl. Kapitel 8, S. 53 f.). Bis auf ProgTrans waren alle bereits an der Erstellung der Kraftstoffstrategie 2004 beteiligt.

### 3. Weiterentwickelte Kraftstoffmatrix.

Im Rahmen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und als Teil des Fortschrittsberichts 2004 hat die Bundesregierung 2003 und 2004 die „Kraftstoffstrategie – Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe“ erarbeitet. Deren Ziel war, existierende bzw. künftige Kraftstoffe und Antriebstechnologien übersichtsartig zusammenzutragen und unter Nachhaltigkeitskriterien zu beurteilen.

Wie Abbildung 10 zeigt, können im Verkehrssektor eine Vielzahl unterschiedlicher Rohstoffe sowie Produktionspfade für die Bereitstellung von Kraftstoffen bzw. Energieträgern eingesetzt werden. Diese können in unterschiedlichen Antriebstechnologien eingesetzt werden, um Fahrzeuge, Flugzeuge oder Schiffe zu bewegen. Um die künftig vielversprechendsten Kraftstoffoptionen und Antriebstechnologien für Pkw zu identifizieren und systematisch zu bewerten, hat in 2004 eine interdisziplinäre Expertenarbeitsgruppe eine Kraftstoffbewertungsmatrix (die sog. „Kraftstoffmatrix“) als Informationsgrundlage der Kraftstoffstrategie der Bundesregierung erarbeitet. Die damalige Expertenarbeitsgruppe setzte sich zusammen aus Mitgliedern der Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie, dem Verband der Automobilindustrie, der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe, dem Umweltbundesamt und ausgewählten Forschungseinrichtungen.

Hauptbestandteil der Kraftstoffstrategie 2004 war eine Kraftstoffmatrix für Pkw.

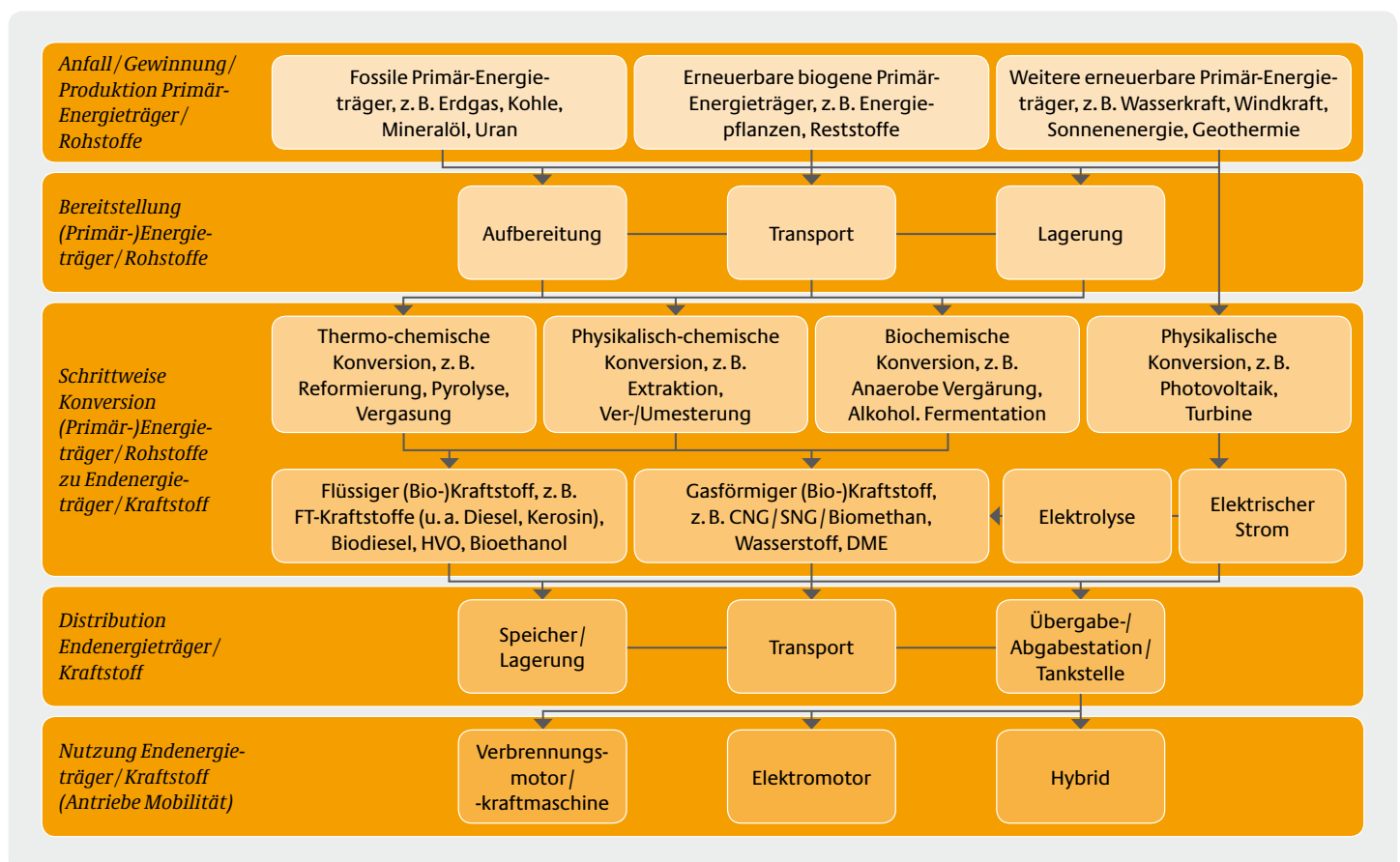


Abbildung 10: Spektrum relevanter (Primär-)Energieträger und Antriebe im Verkehrssektor

Quelle: Eigene Darstellung

### 3. Weiterentwickelte Kraftstoffmatrix.

Die in Form einer Matrix erfassten Informationen zu Kraftstoff-Antriebspfaden umfassen Rohstoffbasis, Kraftstoffherstellungsverfahren sowie Antriebstechnologien für sowohl konventionelle als auch alternative Kraftstoffe und Antriebe. Als Bewertungsgrundlage dienten ökonomische und ökologische Kriterien. Dabei wurden ausschließlich der Straßenverkehr und hier speziell der Pkw betrachtet.

**Die Datengrundlage der bisherigen Kraftstoffmatrix bedarf einer Aktualisierung und Konsolidierung, um weiterhin als wichtiges Beurteilungswerkzeug zu dienen.**

Wie im Folgenden beschrieben, kann die Kraftstoffmatrix weiterhin als wichtige Datenbasis und valides Bewertungswerkzeug alternativer Kraftstoffe und Antriebe angesehen werden. Sie sollte aber im Rahmen der Erarbeitung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie aktualisiert und erweitert werden. Dabei sind bereits untersuchte Energieträger, Kraftstoffe, Infrastrukturen sowie Antriebe auf ihre Aktualität hin zu überprüfen. Seit 2004 nicht weiterverfolgte Kraftstoff- bzw. Antriebsoptionen können entsprechend gestrichen werden. Neu entstandene Optionen, die bisher keine Rolle spielten, sind zu ergänzen. Wegen technischer Fortschritte und geänderter Rahmenbedingungen bzw. Ziele sind zudem die in der Kraftstoffmatrix 2004 verwendeten Bewertungsdimensionen zu überprüfen und gegebenenfalls zu erweitern. Die Matrix ist darüber hinaus auf alle relevanten Verkehrsträger und Verkehrsmittel zu erweitern. Abbildung 11 stellt die bisherigen und künftig erweiterten Dimensionen der Kraftstoffmatrix exemplarisch dar.

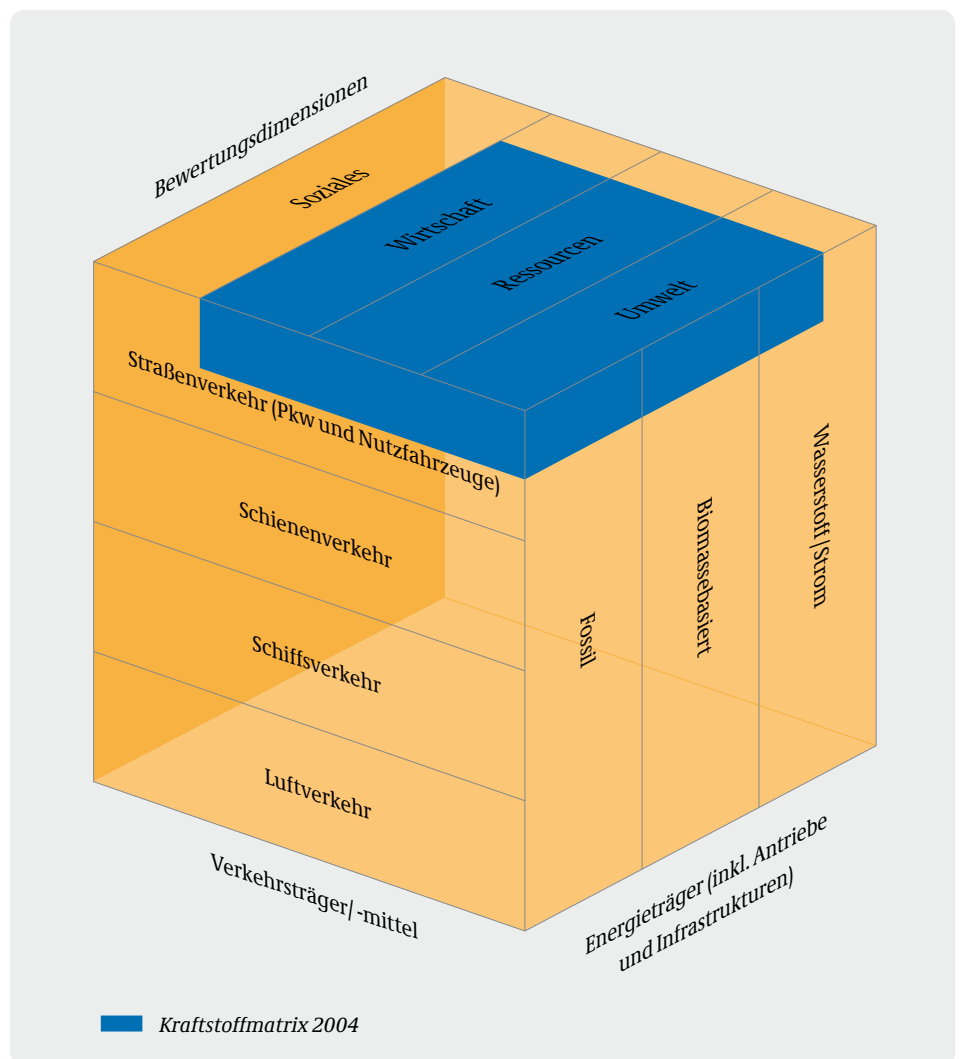


Abbildung 11: Bisherige Dimensionen und Beispiele für künftige Dimensionen der Kraftstoffmatrix  
Quelle: Eigene Darstellung

### 3.1 Überprüfung bestehender und Erweiterung um neue Kraftstoff-Antriebspfade.

In der Kraftstoffmatrix 2004 wurde eine Vielzahl von Primärenergieträgern, Kraftstoffen und Produktionspfaden betrachtet. Einige dieser Pfade werden inzwischen in Forschung und Entwicklung nicht mehr weiterverfolgt bzw. sind auf ihre weitere Eignung hin zu überprüfen. Beispiele hierfür sind:

- Pyrolyseöl als Fahrzeugkraftstoff – wird aus Gründen der Kraftstoffqualität nicht weiterverfolgt,
- Kraftstoffe aus Steinkohle – werden im Zusammenhang mit dem Ausstieg aus der Steinkohleförderung in Deutschland, der Verschärfungen im Emissionshandel sowie der sinkenden Verfügbarkeit von günstiger und qualitativ hochwertiger Steinkohle auf dem Weltmarkt auf ihre Eignung geprüft,
- synthetische Otto- und Dieselmotorkraftstoffe aus Biogas bzw. Biomethan – werden aus Effizienzgründen auf ihre Eignung geprüft,
- Brennstoffzellen-Antriebe auf Basis der Methanolreformierung im Fahrzeug – werden wegen der hohen Systemkomplexität, der Toxizität von Methanol und der Nichtverfolgung dieser Option seitens der Automobilhersteller nicht mehr weiter verfolgt,
- die Flüssigwasserstoff-Speicherung (LH<sub>2</sub>) an Bord eines Pkw – wird aus Gründen der Handhabbarkeit nicht weiter verfolgt.

Für die Bereitstellung alternativer Energieträger bzw. Kraftstoffe kommen eine Vielzahl fossiler und biogener Rohstoffe bzw. regenerativer Strom sowie unterschiedliche Herstellungswege infrage. Das Spektrum der Kraftstoffpfade wurde im Laufe der letzten Jahre um neue Optionen erweitert. Dazu gehören z. B. Kraftstoffe auf Basis von Reststoffen sowie nichtkonventionelle Pflanzenöle wie Jatropa-, Camelina- oder Algenöl. Diese weisen unterschiedliche Vor- und Nachteile auf. Entsprechend sollten neue relevante Kraftstoffpfade in die Matrix aufgenommen und hinsichtlich ihrer Zukunftspotenziale bewertet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich je nach technischem Entwicklungsstand und eventueller Marktverfügbarkeit die Entwicklungspotenziale zeitlich voneinander unterscheiden (vgl. Abbildung 12 bzw. [TOSCA 2011]).

Einige Kraftstoffpfade sind seit 2004 nicht mehr Stand der Technik und ihre Berücksichtigung in der Kraftstoffmatrix ist daher zu überprüfen.

Expertenbefragung – Gibt es weitere Themen, die in der Kraftstoffstrategie 2004 nicht behandelt wurden, aber aus Ihrer Sicht für die neue Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie wichtig sind?

*„2004 war der Fokus sehr stark auf Wasserstoff – vor allem mit Zeithorizont 2020 – und Biomass-to-Liquid (BtL) gerichtet. Inzwischen wird vor allem auf das batterieelektrische Auto und die regenerative Stromproduktion gesetzt. Der batterieelektrische Antrieb spielte 2004 überhaupt keine Rolle.“*

Vertreter einer Verbraucherorganisation

Die Kraftstoffmatrix sollte um neue Kraftstoffpfade erweitert werden.

3. Weiterentwickelte Kraftstoffmatrix.

Erzeugung Energieträger / Kraftstoffe					Verteilungs- infrastruktur
	Grundlagenforschung	Angewandte Forschung	Integration und Demonstration	Markteintritt / Kommerzielle Verfügbarkeit	Aktueller Realisierungsstand in Deutschland
<b>Technologie- entwicklung</b>	Labor-/ Technikumsver- suche, Grundlagen er- mittelt, Unsicherheiten identifiziert	Pilottests, Verständnis für Unsicherheiten der Teiltechnologien, Anbie- ter für neue / nicht-kom- merzielle Technologien identifiziert	Demonstration integrier- ter Gesamtprozess, Pro- duktion für Tests	Kommerzielle / indu- strielle Anlage installiert und in Betrieb genom- men, Optionen für wei- tere Kostenreduktion identifiziert	
<b>Typische Realisierungs- zeiträume</b>	5 bis 15 Jahre	3 bis 8 Jahre	1 bis 4 Jahre	0 bis 2 Jahre	
<b>Strom</b>				Stromerzeugung aus er- neuerbaren Energien, Stand der Technik	Ladeinfrastruktur für Strom, Steckdosen in Einzelgaragen, aktuell ca. 940 Ladesäulen, z. B. Modellregion Elektromobilität München, Etablie- rung und Ausbau der In- frastruktur erforderlich
<b>Wasserstoff</b>	Laborversuche mittels Algen	via Biomassevergasung z. B. Pilotanlage bei ZSW in Stuttgart  via hydrothermalen Bio- massekonzentration z. B. KIT in Karlsruhe		via Erdgas-Reformierung, Stand der Technik  via Kohlevergasung, Stand der Technik  via Elektrolyse mit erneu- erbarem Strom, Stand der Technik	grundsätzlich Stand der Technik (bereits vor- handen ca. 15 Tankstel- len, konkret geplant 20 weitere von Linde und Daimler), Etablierung der Infrastruktur erforderlich z. B. CEP, CUTE, SHHP
<b>Methan</b>	Laborversuche mittels Algen als Rohstoffbasis	E-SNG Pilottests in Stutt- gart	Biomethan via Bio-SNG Demoanlage in Güssing	CNG und Biomethan aus Reststoffen und Ener- giepflanzen Stand der Technik  Biomethan via Bio-SNG, Anlage im Bau z. B. Göteborg	Stand der Technik, Aus- bau der CNG-Tankstellen (aktuell 900) erforderlich
<b>Sonstige Biokraftstoffe</b>	FAME/Bioethanol/BtL: Laborversuche mit Algen als Rohstoffbasis  Bioethanol: Laboran- lagen für Synthese- gasfermentation so- wie Vergasung und Ethanol synthese aus Lignocellulosebiomasse  Biobutanol: Laboran- lage in USA	Bioethanol: Pilotanlage Fermentation auf Stroh- basis in Straubing im Bau, Pilotanlage auf Holzbasis in Örnköldsvik  BtL/DME: Inbetriebnah- me Pilotanlage in Pitea, schrittweise Umsetzung der Pilotanlage auf Stroh- basis am KIT in Karlsruhe  HPO: Pilottests	FAME/HVO: erste Tests mit alternativen Pflan- zenölen (z. B. Jatropha, Camelina)  Bioethanol: Demoanlage Fermentation auf Stroh- basis in Kalundborg  BtL/FT-Kraftstoffe: Inbe- triebnahme Demoanlage in Freiberg	FAME: Stand der Technik für konventionelle Pflan- zenöle (z. B. Raps, Ölpal- me, Soja) und tierische Fette  HVO: Erste Anlagen in Porvoo, Singapur und Rotterdam  Bioethanol: Fermentati- on Stand der Technik für zucker- und stärkehaltige Rohstoffe (z. B. Zuckerrü- be/-rohr, Getreide)	mit ca. 14.000 konventio- nellen Tankstellen Stand der Technik, da gegen- wärtig im Regelfall Bei- mischung der Biokraft- stoffe erfolgt  bei Reinkraftstoffen Aus- bau der Infrastruktur er- forderlich
<b>Sonstige alternative fossile Kraftstoffe</b>				GtL/CtL/DME: Stand der Technik  LPG: Stand der Technik	Stand der Technik, da Nutzung der bestehen- den Infrastruktur  aktuell ca. 5.000 LPG- Tankstellen

BtL: Biomass-to-Liquid  
 CEP: Clean Energy Partnership  
 CNG: Compressed Natural Gas  
 (komprimiertes Erdgas)  
 CO<sub>2</sub>: Kohlenstoffdioxid  
 CtL: Coal-to-Liquid  
 CUTE: Clean Urban Transport for Europe

DME: Dimethylether  
 E-SNG: Methan synthetisiert aus CO<sub>2</sub> und  
 elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff (H<sub>2</sub>)  
 FAME: Fettsäuremethylester  
 FT: Fischer-Tropsch-Verfahren  
 GtL: Gas-to-Liquid  
 HPO: Hydrotreated Pyrolysis Oil

HVO: Hydrotreated Vegetable Oil  
 KIT: Karlsruher Institut für Technologie  
 LPG: Liquefied Petroleum Gas (Autogas)  
 SHHP: Scandinavian Hydrogen Highway Partnership  
 SNG: Synthetic Natural Gas  
 ZSW: Zentrum für Sonnenenergie- und  
 Wasserstoff-Forschung

Abbildung 12: Stand der Technik für Erzeugung und Verteilung alternativer Energieträger im Verkehr; Quelle: Eigene Darstellung

Seit einigen Jahren werden zunehmend fossile Kraftstoffe aus sogenannten „unkonventionellen“ Quellen exploriert. So wird beispielsweise in Kanada massiv in die Produktion nichtkonventionellen Rohöls aus Teersanden („Tar Sands“) investiert. Der Energie- und Ressourcenaufwand und die damit verbundenen Emissionen von Treibhausgasen und Schadstoffen sind bei der Extraktion wesentlich höher als bei der konventionellen Ölförderung [Pembina 2006], [Renewability 2009], [Söderbergh 2006], [LBST 2010a]. Gleichzeitig wird beispielsweise in den USA die Produktion nichtkonventionellen Erdgases erheblich ausgeweitet und z. B. Erdgas aus Schiefergestein gewonnen („Shale Gas“) [LBST 2010a] [LBST 2011]. Deshalb wird auch in anderen Ländern die Förderung von nichtkonventionellem Erdgas untersucht. Ferner gewinnt die Tiefseeexploration zunehmend an Bedeutung. Um diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen, sollte die Bereitstellung von Benzin und Diesel aus nichtkonventionellem Rohöl sowie Erdgas aus nichtkonventionellen Quellen in die Kraftstoffmatrix aufgenommen bzw. entsprechend neu bewertet werden.

Bei den konventionellen Antrieben (Otto- und Dieselmotor) sind weitere technische Maßnahmen zur Wirkungsgradsteigerung und zur Reduzierung der Schadstoffemissionen möglich. In einer aktualisierten Kraftstoffmatrix sollten daher die bereits enthaltenen konventionellen Antriebstechnologien bezüglich ihrer Effizienzsteigerungspotenziale erneut bewertet werden.

In der Kraftstoffmatrix 2004 wurden nur Hybridfahrzeuge ähnlich dem Fahrzeugtyp Toyota „Prius“ berücksichtigt. Dagegen sind Strom in rein batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen sowie Hybridfahrzeugen zum Anschluss an die Steckdose (Plug-In-Hybride) in der Kraftstoffmatrix 2004 mangels technischer Daten lediglich informatorisch aufgeführt. Inzwischen sind aber erste rein batterieelektrisch angetriebene Fahrzeuge auf dem Markt erhältlich. Zahlreiche Automobilhersteller haben zudem signalisiert, demnächst weitere Fahrzeuge auf den Markt zu bringen. So sind erste Plug-In-Hybride noch für 2011 angekündigt. Dabei gibt es auf EU-Ebene Aktivitäten, um z. B. elektrisch angetriebene Fahrzeuge mit den konventionell angetriebenen Fahrzeugen bezüglich bestehender Normen oder Standards vergleichbar zu machen. So sollen beispielsweise Elektro- und Hybrid-Fahrzeuge in den Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) integriert werden, um ihre Bewertung bezüglich des Energie- bzw. Kraftstoffverbrauchs sowie der Schadstoffemissionen zu ermöglichen. Daher ist es sinnvoll, batterieelektrische Fahrzeuge und Plug-In-Hybridfahrzeuge auf der Basis von Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle in einer aktualisierten Kraftstoffmatrix zu berücksichtigen.

Benzin, Diesel sowie Kerosin oder kompatible Kraftstoffalternativen in flüssiger Form stellen die geringsten Anforderungen an die Energieinfrastruktur. Denn sie können über bestehende Distributionswege verteilt werden. Vergleichsweise aufwändig ist die Erweiterung einer Tankstelleninfrastruktur für gasförmige Kraftstoffe. Komprimiertes Erdgas sowie Flüssiggas sind grundsätzlich Stand der Technik und können über das in Deutschland sehr gut ausgebaute Erdgasnetz verteilt werden. Komplexer und technologisch sowie wirtschaftlich anspruchsvoller stellt sich die Entwicklung einer Infrastruktur beispielsweise für Wasserstoff dar. Derzeit existiert diese nur in allerersten Ansätzen. Auch die Energieversorgung batterieelektrischer Fahrzeuge ist aus heutiger Sicht noch nicht geklärt. So wird im öffentlichen Raum gegenwärtig die Ladeinfrastruktur erst im Rahmen von Pilotvorhaben erprobt. In aktuellen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wird zudem untersucht, welche Auswirkung eine größere Anzahl von Elektrofahrzeugen auf die Auslastung und Stabilität der Stromversorgung haben und welchen Beitrag Elektrofahrzeuge zur besseren Integration fluktuierender erneuerbarer Energie (aus Wind- oder Sonnenkraft) leisten können. Es gilt daher, die Energieinfrastrukturen hinsichtlich ihrer künftigen energie- und klimapolitischen Potenziale sowie wirtschaftlicher Risiken systematisch zu bewerten und entsprechend in der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie zu berücksichtigen.

**Die Umweltbilanz fossiler Kraftstoffe sollte neu bewertet werden.**

**Konventionelle Antriebe sind neu zu bewerten.**

**Die Kraftstoffmatrix sollte um neue Antriebstechnologien erweitert werden.**

**Damit Kraftstoff- und Antriebsalternativen beurteilt werden können, sollte der Aufwand für Infrastrukturänderungen in die Bewertung einbezogen werden.**



**Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollte alle Verkehrsträger und -mittel in Betracht ziehen.**

Expertenbefragung – Inwiefern wurden alle relevanten Akteure in die Erstellung der Kraftstoffstrategie 2004 einbezogen?

„Inzwischen ist der Luftverkehr als neuer Nachfrager in den Markt für Biokraftstoffe eingetreten. Das war zum Zeitpunkt 2004 noch nicht deutlich absehbar. Bei einer Überarbeitung muss der Luftverkehr einbezogen werden.“

Branchenvertreter Verkehrsverbund

**3.2. Ergänzung um weitere Verkehrsträger und Verkehrsmittel.**

In der Kraftstoffmatrix 2004 wurde ausschließlich der Pkw-Verkehr betrachtet. Aber knapp die Hälfte des Kraftstoffverbrauchs im Verkehr entfällt auf Energieverbraucher außerhalb des Pkw-Segments. Zudem werden insbesondere der Güter- und der Luftverkehr künftig noch zunehmen. Sie alle konkurrieren in Zukunft um begrenzte Energieressourcen. Eine Erweiterung der Kraftstoffmatrix und der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie um die in Abbildung 13 gezeigten Verkehrsträger und Verkehrsmittel ist daher wichtig für kohärente Ziele und Maßnahmen im Verkehrssektor.

Verkehrsträger	Verkehrsmittel
<b>Straßenverkehr</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lkw (leichte und schwere Lkw, Otto-, Diesel-, Gas- sowie Elektroantrieb)</li> <li>• Busse (Diesel, Gas- sowie Elektroantrieb und Hybride)</li> <li>• ggf. motorisierte Zweiräder (Elektrofahrräder, Motor- und Elektroroller, Motorräder)</li> </ul>
<b>Schienenverkehr</b>	Bahnen (Elektro- und Dieseltraktion)
<b>Schifffahrt</b>	Binnen- und Hochseeschiffe
<b>Luftverkehr</b>	Fracht- und Passagierflugzeuge

Abbildung 13: Neu zu berücksichtigende Verkehrsträger und Verkehrsmittel

Quelle: Eigene Darstellung

**Die Kombination von Verkehrsträger und Streckenlänge entscheidet über das Potenzial einer Kraftstoff-Antriebsoption.**

Expertenbefragung – Gibt es weitere Themen, die in der Kraftstoffstrategie 2004 nicht behandelt wurden, aber aus Ihrer Sicht für die neue Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie wichtig sind?

„Die Neuauflage der Strategie müsste neben dem Güterverkehr verstärkt auch den Schienenverkehr, die Schifffahrt, den Luftverkehr und die Elektromobilität berücksichtigen.“

Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE) e.V.

„Es sollten alle Verkehrsträger betrachtet werden. In eine Mobilitätsstrategie sollten auch Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung und -reduzierung – sowohl im Personen- wie auch Güterverkehr – mit betrachtet werden.“

Vertreter eines wissenschaftlichen Instituts

Auch die befragten Experten waren sich darin einig, dass der Fokus einer neuen Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie über den bisherigen Pkw-Horizont hinaus auszuweiten ist. Dabei differenzieren sie aber je nach Verkehrsträger (vgl. Abbildung 14). So wird beispielsweise die Einbeziehung des Straßengüterverkehrs als wichtig erachtet, die Betrachtung der Binnen- und Seeschifffahrt in der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie wird aber als weniger relevant eingeschätzt.

Nicht alle Kraftstoff-Antriebsalternativen sind gleichermaßen für alle Verkehrsträger bzw. Verkehrsmittel und Wegstrecken geeignet. Auch dieser Aspekt ist bei der Weiterentwicklung der Kraftstoffmatrix zu beachten. Abbildung 15 zeigt die Abdeckung der verschiedenen Verkehrsträger und Streckenlängen durch alternative Kraftstoffe und Antriebe aus heutiger Sicht. Sie macht deutlich, dass z. B. reine batterieelektrische Antriebe auch langfristig keine Alternative zu Otto- bzw. Dieselmotoren sein werden, wenn längere Strecken zurückgelegt werden sollen. In Kombination mit einem Verbrennungsmotor oder der Brennstoffzelle („Hybridisierung“) wären aber auch größere Distanzen möglich.

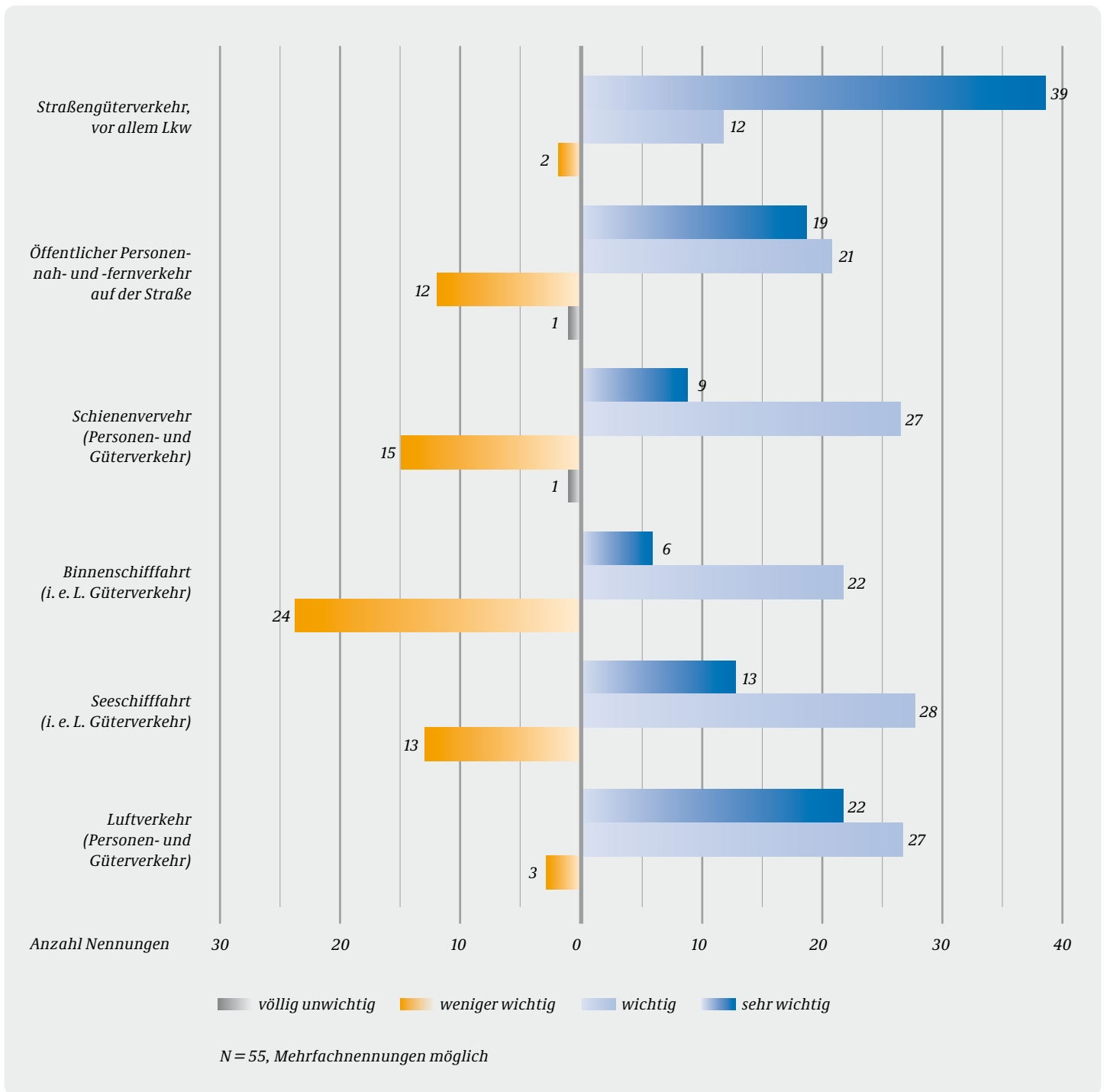


Abbildung 14: Expertenbefragung – Welche Relevanz hat die Ausweitung der Betrachtung auf weitere Verkehrsträger?

3. Weiterentwickelte Kraftstoffmatrix.

Kraftstoff	Antrieb	Straße (Personen)			Straße (Güter)			Schiene	Wasser			Luft
		Kurz – bis 100 km	Mittel – 100 bis 500 km	Lang – über 500 km	Kurz	Mittel	Lang		Binnen	Küste	Hochsee	
Strom	Oberleitung	sehr gut geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	sehr gut geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	sehr gut geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet
	Batterie	sehr gut geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	wenig geeignet	wenig geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet
Komprimierter Wasserstoff (CGH <sub>2</sub> )	Brennstoffzelle (BZ)	sehr gut geeignet	gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	wenig geeignet
Flüssigwasserstoff (LH <sub>2</sub> )		prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt
	Verbrennungsmotor (VKM)	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	sehr gut geeignet
Biodiesel		sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet
Bioethanol		sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt
Hydriertes Pflanzenöl (HVO), synthetischer Diesel aus Biomasse (BtL), Erdgas (GtL) und Kohle (CtL)		sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet
Komprimiertes Erdgas, Biomethan (CNG)		sehr gut geeignet	gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	wenig geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	wenig geeignet	wenig geeignet
Flüssigerdgas (LNG)		sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet
Flüssiggas (LPG)		sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	wenig geeignet
Dimethylether (DME)		sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	prinzipiell geeignet, aber nicht verfolgt	wenig geeignet

Abbildung 15: Mögliche Anwendungsschwerpunkte alternativer Kraftstoffe und Antriebe nach Verkehrsträger und Beförderungsdistanz  
 Quellen: Eigene Darstellung basierend auf EC-EEGFTF 2011

*Exkurs.***Lkw könnten mehr als „Diesel“.**

Eine Alternative zum Einsatz von Dieselmotoren im Lkw-Verkehr ist kurzfristig aus Biomasse hergestellter Dieselmotoren. In speziellen Segmenten ist auch der Einsatz von komprimiertem bzw. verflüssigtem (Bio-)Methan (CNG bzw. LNG) möglich. Langfristig tragfähig ist zudem komprimierter bzw. verflüssigter Wasserstoff (CGH<sub>2</sub> bzw. LH<sub>2</sub>). Während biomassebasierter Dieselmotoren den Vorteil der Nutzung einer bestehenden Kraftstoffinfrastruktur hat, zeichnet sich der Einsatz von Erdgas in schweren Nutzfahrzeugen durch geringe Schadstoffemissionen aus, insbesondere bei Partikel-Emissionen. Der Einsatz von Wasserstoff-Brennstoffzellen im Güterverkehr wird bisher vornehmlich bei Lieferfahrzeugen gesehen [EC-EEGFTF 2011]. Die Technologie verfügt jedoch über das Potenzial, auch größere Lkw über mittlere Distanzen zu betreiben. Demonstriert wurde bereits der Prototyp eines 36-t-Nutzfahrzeugs mit 300 kW Brennstoffzellenantrieb. Mit einem 40 kg Wasserstoffdruckspeicher wird eine Reichweite von mehr als 600 km erzielt [Vision Motors 2011].

**Im Luftverkehr kommen kurzfristig nur wenige Treibstoffalternativen in Frage.**

In der Luftfahrt wird bis 2020 weiterhin von einem jährlichen Wachstum im Personenverkehr von 4,1% in Europa und 4,8% weltweit sowie in der Luftfracht von 5,9% weltweit ausgegangen [IATA 2009] [Airbus 2011]. Die Schere zwischen Flugverkehrswachstum und Branchenumweltzielen öffnet sich [ICAO 2010]. Flugzeuge verfügen derzeit zum einen über vergleichsweise wenige Treibstoffalternativen. Zum anderen werden Flugzeugturbinen seit Jahrzehnten nach Effizienzkriterien optimiert. Dabei trifft man zunehmend auf Grenzen, den wachsenden Anforderungen hinsichtlich Energieverbrauch sowie Schadstoff- und Lärmemission gleichermaßen zu genügen.

Weltweit werden für große Verkehrsflugzeuge als bevorzugte Alternativen zu Kerosin synthetische Kraftstoffe diskutiert, sog. „Anything-to-Liquid“ bzw. XTL (z. B. aus Kohle, Erdgas oder holzartiger Biomasse) sowie hydrierte Pflanzenöle bzw. HVO (z. B. aus Algen, Jatropha, Camelina / Leindotter). Während fossile Rohstoffe für XTL zu deutlich höheren Treibhausgasemissionen führen, ist die verfügbare Biomasse für Biomass-to-Liquid (BtL) und HVO begrenzt und steht in unmittelbarer Konkurrenz mit anderen Biomassenutzungen. Aus gegenwärtiger Sicht sind als Substitut für konventionelles Kerosin ausschließlich hydrierte Pflanzenöle in Bezug auf verfügbare Ressourcen und marktreife Konversionsagententechnik von Bedeutung, wohingegen langfristig BtL-Alternativen zusätzlich infrage kommen.

Auch verflüssigtes (Bio-)Methan (LNG) und Flüssigwasserstoff (LH<sub>2</sub>) werden als künftige Treibstoffe für Flugzeuge diskutiert. Flugzeugkonzepte für den Einsatz von Flüssigwasserstoff wurden bereits Anfang der 1990er-Jahre entwickelt, u. a. von Airbus (Cryoplane) und Dornier. Im Vergleich zu biomassebasierten Treibstoffen kann für die Erzeugung von synthetischem LNG oder LH<sub>2</sub> auf ein großes Potenzial unterschiedlichster erneuerbarer Stromquellen zurückgegriffen werden. Sie stellen daher eine auch langfristig tragfähige und ökologisch nachhaltige Option dar. Für LNG und LH<sub>2</sub> ist allerdings eine neue Kraftstoffinfrastruktur und Flugzeugarchitektur erforderlich.

*Exkurs.*

### 3.3 Anpassung der Bewertungsdimensionen.

Die Bewertung im Rahmen der Kraftstoffstrategie 2004 erfolgte anhand ausgewählter Kriterien.

Für die systematische Bewertung von Kraftstoffen, Kraftstoffherstellungsverfahren sowie Antriebstechnologien innerhalb der Kraftstoffmatrix 2004 wurden neben einer qualitativen Beurteilung, z. B. in Bezug auf Energieeffizienz oder Nutzungsalternativen, ökonomische sowie ökologische Kriterien zugrunde gelegt. Die Bewertungskriterien umfassten bisher:

- Klimarelevanz im Sinne einer Abschätzung des maximalen Reduktionspotenzials von Treibhausgasemissionen der alternativen Kraftstoffe gegenüber fossilen Kraftstoffen,
- Energieversorgungssicherheit aus Sicht der technischen Mengenpotenziale und der Effektivität,
- Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit unter Berücksichtigung der Bereitstellungskosten und Infrastrukturverfügbarkeit.

Für eine robuste Bewertung von Alternativen sind zusätzliche Kriterien nötig.

Um die Robustheit der Bewertung der kurz-, mittel- und langfristigen Erfolgsaussichten bei der Einführung neuer Energieträger und deren Anwendung im Verkehr zu erhöhen, sollten die Bewertungskriterien erweitert werden. Abbildung 16 stellt bisherige und zu ergänzende Bewertungskriterien exemplarisch dar.

Bewertungsdimensionen	Indikatoren	Kriterien der Kraftstoffstrategie 2004	Zusätzliche Kriterien
Umwelt	Klimarelevanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduktion der Treibhausgasemissionen vs. Otto- und Dieselmotoren (technisches Potenzial in Prozent und absolut)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energieaufwand und damit verbundene Treibhausgasemissionen für die Herstellung von Fahrzeugen und Infrastrukturen</li> </ul>
	Umweltverträglichkeit / Energiebilanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nur Treibhausgasemissionen</li> <li>▪ Energiebilanz für Berechnung der Treibhausgasemissionen, jedoch nicht separat ausgewiesen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energieeinsatz, getrennt nach fossil, nuklear und erneuerbar</li> <li>▪ Schadstoffemissionen Luft</li> <li>▪ Schadstoffemissionen Wasser</li> <li>▪ Schadstoffemissionen Boden</li> <li>▪ Lärm</li> <li>▪ Biodiversität</li> </ul>
Ressourcen	Erhöhung der Energieversorgungssicherheit / Verfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rohstoffklasse (fossil oder regenerativ) und Rohstoffquelle</li> <li>▪ Kraftstoffverfügbarkeit</li> <li>▪ Abschätzung des technischen Mengenpotenzials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verfügbarkeit Rohmaterialien (z. B. seltene Erden, Wiederverwertbarkeit, Substituierbarkeit)</li> <li>▪ Verfügbarkeit Wasser, Fläche, Nährstoffe</li> </ul>
Wirtschaft	Wirtschaftlichkeit / Wettbewerbsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bereitstellungskosten in Euro / Liter Benzin-Äquivalent (vor Steuern, inkl. Energiebereitstellung und Infrastruktur)</li> <li>▪ Nutzung der vorhandenen Infrastruktur</li> <li>▪ Weiternutzung des bisherigen Antriebsstrangs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kosten für neue Infrastrukturen</li> <li>▪ Lebenszykluskosten</li> <li>▪ Externe Kosten</li> </ul>
Soziales	Nutzungskomfort / Akzeptanz		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reichweite pro Tankfüllung</li> <li>▪ Dauer der Betankung / des Nachladens</li> </ul>

Abbildung 16: Bisherige Kriterien und mögliche Erweiterungen der Bewertungsdimensionen  
Quelle: Eigene Darstellung

Die Evaluierung und Einordnung vielversprechender Energieträger im Verkehr sollte rohstoff- und technologieoffen erfolgen. Der Analyserahmen sollte ausreichend groß sein, damit unbeabsichtigte Nebenfolgen im Vorfeld identifiziert und vermieden werden können. Des Weiteren ist die Gewichtung der Kriterien zu überprüfen. In der Kraftstoffmatrix 2004 lag der Fokus sehr stark auf Treibhausgasemissionen. Aufgrund erster praktischer Erfahrungen werden heute aber auch andere Umweltauswirkungen vor allem im Biomasseanbau differenzierter diskutiert. Beispiele hierfür sind:

- Flächenbedarfe zur Energieerzeugung (vgl. typische Kraftstoffausbeuten für den Einsatz in einem Mittelklasse-Pkw mit unterschiedlichen Antrieben in Abbildung 17),
- Landnutzungsänderungen im In- und Ausland,
- Flächen- und Nahrungsmittelkonkurrenz,
- Verknappung wichtiger Materialressourcen und damit
- steigender Energieaufwand bei der Gewinnung dieser Materialien mit den damit verbundenen Umweltauswirkungen sowie
- negative Auswirkungen auf Böden, Grund- und Oberflächengewässer.

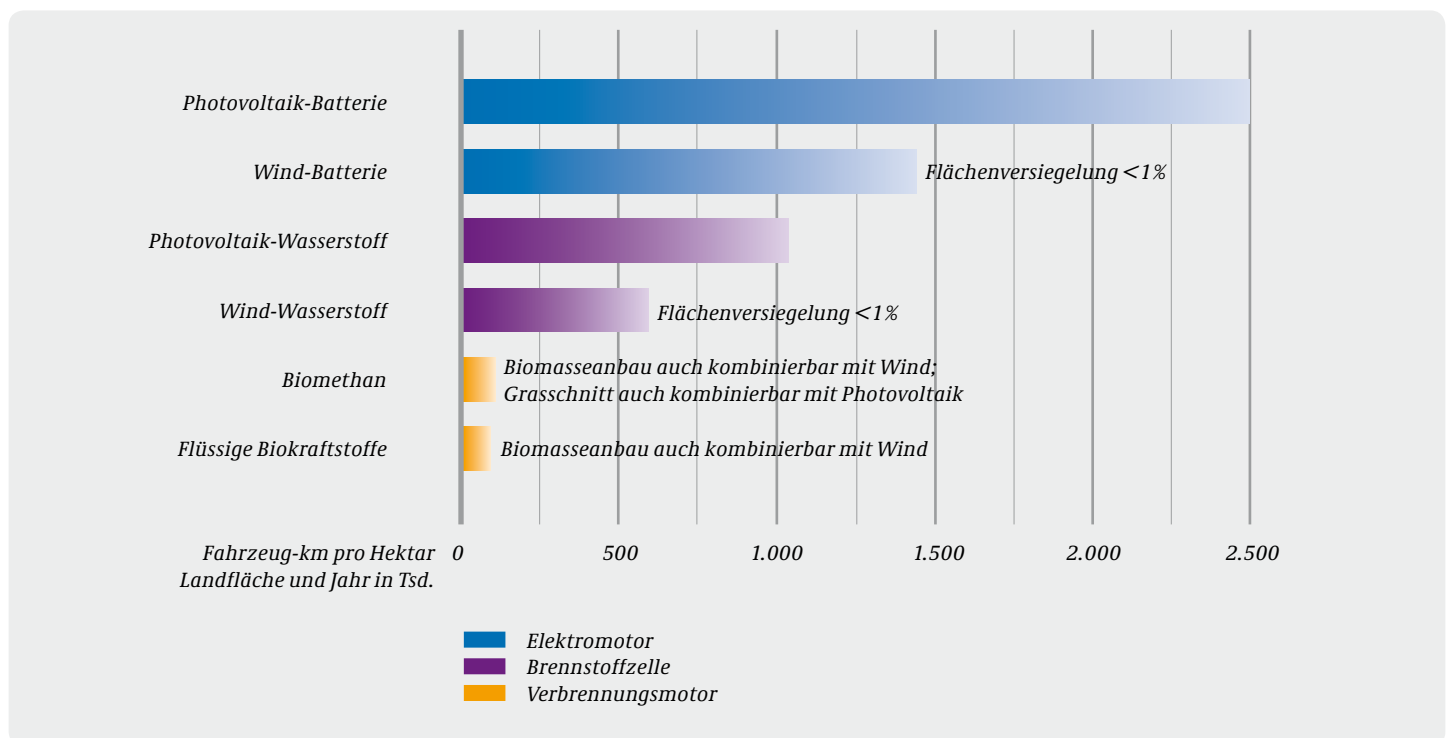


Abbildung 17: Fahrzeugkilometer pro Hektar Landfläche und Jahr

Quellen: Eigene Darstellung basierend auf JEC 2008

**Verfügbarkeit und nachhaltige Erzeugung entscheiden über das Potenzial der Biomassenutzung.**

Politische Maßnahmen und hohe Ölpreise führen zu einem dynamischen Ausbau der Bioenergiebereitstellung für den Strom-, Wärme- und Verkehrssektor. Zudem steigt im Rahmen der Bereitstellung von Nahrungsmitteln global die Nachfrage nach Anbauflächen für Agrarerzeugnisse sowie das Interesse an der stofflichen Biomassenutzung. Die steigende Nachfrage innerhalb der Sektoren verstärkt die Nutzungskonkurrenzen um die Ressource Biomasse und Flächen für deren Anbau (z. B. Straßenverkehr versus Luftfahrt). Zur Sicherstellung einer nachhaltigen Versorgung der wachsenden Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln bedarf es daher einer übergeordneten Bioenergiestrategie, die insbesondere die gezielte Erschließung von Reststoffpotenzialen und die stofflich-energetische Kaskadennutzung von Rohstoffen einschließt. Gleichzeitig müssen agrar- und umweltpolitische Instrumente einen nachhaltigen Anbau von Biomasse sicherstellen. Dies betrifft insbesondere indirekte Landnutzungsänderungen, um eine Problemverlagerung auszuschließen. Ein wesentliches Element hierfür ist die Implementierung, Weiterentwicklung und Ausweitung von Nachhaltigkeitskriterien wie sie z. B. die EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien [RED 2009] und deren nationale Umsetzung in Deutschland [Biokraft-NachV 2010] für Biokraftstoffe vorsehen. Hierzu zählt neben der Erreichung einer Mindest-Treibhausgas-Emissionsminderung gegenüber der fossilen Referenz (35 Prozent heute, 50 Prozent ab 2017, 60 Prozent für neue Anlagen ab 2018) auch die Erhaltung der Biodiversität (z. B. Schutz der tropischen Regenwälder) und der Schutz natürlicher Kohlenstoffspeicher (z. B. Torfböden, Moore und Wälder).

*Exkurs.*

**Auch der zur Herstellung von Fahrzeugen und Energieinfrastruktur notwendige Aufwand sollte bewertet werden.**

In der Kraftstoffmatrix 2004 wurden die mit der Herstellung von Fahrzeugen und der Energieinfrastruktur verbundenen Umwelteffekte (sog. „graue Energien“) nicht berücksichtigt. In Zukunft wird deren Bedeutung zunehmen. So ist die Herstellung von Batterien energieintensiv und mit Emissionen verbunden. Auch die Produktion neuer Leichtbaumaterialien wie z. B. kohlenfaserverstärkter Kunststoffe kann mit einem hohen Energieaufwand einhergehen. Deshalb sollte in eine künftige Bewertungsmatrix die Bereitstellung von Fahrzeugen und Energieinfrastruktur mit einbezogen werden.

Des Weiteren sind bei der Bewertung von Kraftstoffen und Antrieben aus heutiger Sicht auch nutzungsbezogene Kriterien wie Reichweite pro Tankfüllung und Dauer der Betankung bzw. Ladezeit zu berücksichtigen.

**In Zukunft sollte auch die Ressourcenverfügbarkeit der eingesetzten Materialien stärker berücksichtigt werden.**

In der Kraftstoffmatrix 2004 wurden die Verfügbarkeit der untersuchten Kraftstoffe und der dafür benötigten Energierohstoffe wie z. B. Rohöl berücksichtigt. Nicht betrachtet wurde dagegen die Verfügbarkeit der für die Herstellung der Fahrzeuge benötigten Materialien und Einsatzstoffe. Bei Brennstoffzellenfahrzeugen ist z. B. die Verwendung von Platingruppenmetallen ein potenziell kritischer Punkt. Bei batterieelektrischen Fahrzeugen mit Lithium-Ionen-Akkus kann wiederum der Einsatz von Lithium ein limitierender Faktor sein. Bei anderen Batterietypen kann z. B. Kobalt (LiCoO<sub>2</sub>-Akkus) einen begrenzenden Faktor darstellen. Elektromotoren mit Permanentmagneten, wie sie beispielsweise in Elektrofahrzeugen eingesetzt werden, enthalten seltene Erden wie Neodym. Zu bewerten ist daher auch, inwieweit kritische Materialien durch weniger kritische Materialien substituierbar sind, welche Recyclingkonzepte (Stichwort „Kreislaufwirtschaft“) aufgebaut werden sollten und wo die physikalische oder geopolitische Verfügbarkeit kritischer Materialien auch absolute Grenzen für die Entwicklung bestimmter Technologiepfade darstellen können.

## 4. Prozessschritte zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.

Obwohl die Kraftstoffstrategie 2004 bei rund 80 Prozent der befragten Experten bekannt war, war sie bislang nur für weniger als die Hälfte (41 Prozent) handlungsleitend (vgl. Abbildung 18). In diesem Sinne gilt es, die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie verbindlich auszugestalten. Dazu kann in den nachfolgend genannten Schritten vorgegangen werden.

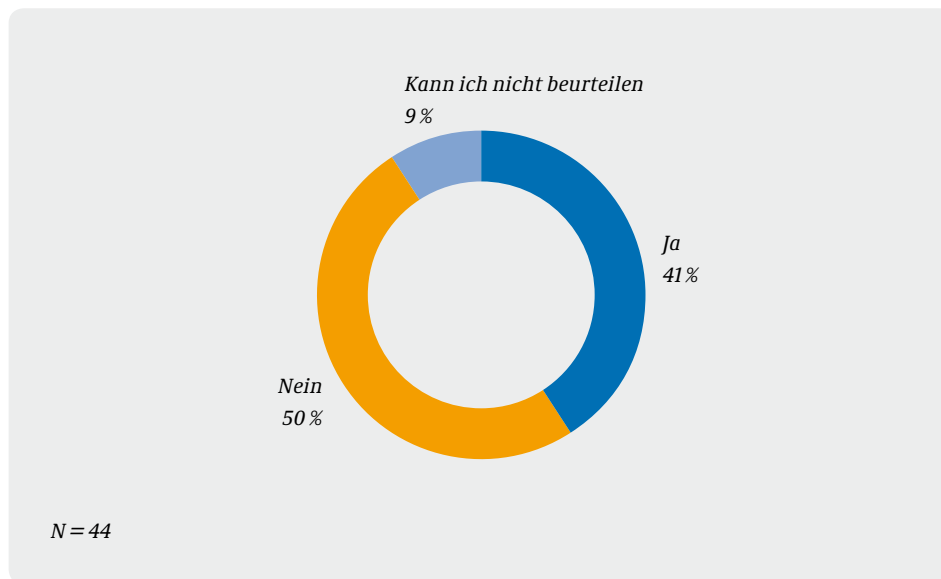


Abbildung 18: Expertenbefragung – Hatte die Kraftstoffstrategie 2004 konkrete Auswirkungen auf das Handeln Ihrer Organisation?

### 4.1 Konkretisierung energie- und klimapolitischer Ziele für den Verkehrssektor.

Auf nationaler und internationaler Ebene besteht eine Vielzahl energie- und klimapolitischer Ziele mit unterschiedlichen Zeit- und Sektorbezügen. Abbildung 19 zeigt eine beispielhafte Übersicht:

Nach EU-Vereinbarungen haben sich die Industriestaaten verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80 Prozent zu reduzieren. Im Koalitionsvertrag 2009 und im Energiekonzept 2010 konkretisiert die Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen sektorübergreifend bis 2020 um 40 Prozent und bis 2050 um 80 Prozent bis 95 Prozent gegenüber 1990 zu senken. Damit bestehen konkrete nationale Ziele zur Treibhausgasreduktion. Diese sind jedoch nur teilweise sektorspezifisch definiert. Für den Verkehrssektor sind bislang noch keine Langfristziele zur Reduktion von Treibhausgasen definiert. Das EU-Weißbuch Verkehr „Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum“ [EC 2011a] sieht für den Verkehrssektor in Europa eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 um 20 Prozent gegenüber 2008 und bis 2050 um 60 Prozent gegenüber 1990 vor. Auch für Deutschland ist es entsprechend sinnvoll, langfristige Treibhausgas- bzw. CO<sub>2</sub>-Minderungsziele für den Verkehrssektor zu entwickeln. Der Vorteil konkreter, sektorspezifischer Minderungsziele liegt insbesondere darin, dass die betroffenen Akteure über klare Vorgaben verfügen, die sie als Basis für ihr Handeln zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen und wie im Weiteren beschrieben auch zur Reduktion des Endenergieverbrauchs zugrunde legen können. Nur auf der Grundlage konkreter Ziele lassen sich systematisch Maßnahmen zur Zielerreichung entwickeln, die von den Akteuren umgesetzt werden können.

Expertenbefragung – Wie zufrieden waren Sie mit der Art der Kommunikation der Kraftstoffstrategie 2004? Wenn unzufrieden, nennen Sie bitte Gründe dafür.

„Die Strategie wurde eher als ein guter Wille als eine Strategie kommuniziert.“

Branchenvertreter Luftfahrtindustrie

Expertenbefragung – Hatte die Kraftstoffstrategie 2004 konkrete Auswirkungen auf das Handeln Ihrer Organisation? Wenn nein, warum nicht?

„Die Ergebnisse waren aus Sicht des UBA unbefriedigend, weil sie sich vorrangig auf die Festlegung von speziellen Kraftstoffen konzentrierten, mit denen eine zukünftige Energieversorgung im Bereich Verkehr abgesichert werden sollte. Unser Ansatz basiert darauf, dass konkrete Vorgaben zur Senkung des Ressourcenverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen gemacht werden und dann der wissenschaftlichen Forschung und der anwendungsbezogenen Entwicklung mehr Freiheiten (technikneutral) gegeben werden.“

Umweltbundesamt

**Bislang fehlen konkrete CO<sub>2</sub>- bzw. Treibhausgas-Minderungsziele für den Verkehrssektor.**



#### 4. Prozessschritte zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.

Kategorie	Gültigkeit	Sektorbezug	2020	2030	2040	2050	Quelle
Senkung der Treibhausgas-Emissionen	EU	Alle	20% – 30% bzw. 25% ggü. 1990	40% ggü. 1990		60% – 80% bzw. 80% – 95% ggü. 1990	Entscheidung der EU über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen, 2009; Fahrplan der EU für eine kohlenstoffarme Wirtschaft in 2050, 2011
	D	Alle	40% ggü. 1990	55% ggü. 1990		80% ggü. 1990	Koalitionsvertrag, 2009; Energiekonzept der Bundesregierung, 2010
	EU	Verkehr		20% ggü. 2008		60% ggü. 1990	Weißbuch der EU zum europäischen Verkehrsraum, 2011
	D	Verkehr					
	EU	Kraftstoffe	10% ggü. 2010				Kraftstoffqualitätsrichtlinie der EU (2009/30/EG), 2009
	D	Kraftstoffe	7% Erfüllung nur über Biokraftstoffe				Biokraftstoffquotengesetz, 2009; Bundes-Immissionsschutzgesetz (§37a), 2010
Senkung des Endenergieverbrauchs	EU	Alle	20% ggü. 1990				Entscheidung der EU über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen, 2009
	D	Verkehr	rund 10% ggü. 2005			rund 40% ggü. 2005	Koalitionsvertrag, 2009; Energiekonzept der Bundesregierung, 2010
Erhöhung des Anteils regenerativer Energieträger	EU	Alle	20% (Anteil am gesamten Bruttoendenergieverbrauch)				Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (2009/28/EG), 2009
	EU	Verkehr	10% (Anteil am Endenergieverbrauch aller Verkehrsträger)				Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (2009/28/EG), 2009
	D	Verkehr	13,2%				Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie

Abbildung 19: Ausgewählte energie- und klimapolitische Ziele

Quellen: Eigene Darstellung; BImSchG 2010, Biokraft-NachV 2010 und 2009, BMU 2010a, BRD 2009, EC 2011a, EC 2011b, EC 2009a, EC 2009b, EC 2009c, Koalitionsvertrag 2009

#### Nationale Ziele zur Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor sind bereits gesetzt.

Das „Klima- und Energiepaket der EU“ sieht eine sektorenübergreifende Reduktion des Energieverbrauchs bis 2020 um 20 Prozent gegenüber 1990 vor. In ihrem Energiekonzept 2010 konkretisiert die Bundesregierung eine sektorenübergreifende Reduktion des Primärenergieverbrauchs von 20 Prozent bis 2020 und von 50 Prozent bis 2050 gegenüber 2008. Auf dieser Basis gibt die Bundesregierung dem Verkehrssektor Reduktionsziele beim Endenergieverbrauch vor. Demzufolge sollen hier bis 2020 rund 10 Prozent des Endenergieverbrauchs und bis 2050 rund 40 Prozent gegenüber 2005 eingespart werden. Dennoch reichen die Zielvorgaben bezüglich der Minderung des Endenergieverbrauches im Verkehr nicht aus, um die klima- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung zu erreichen. Die Minderungsziele des Endenergieverbrauchs im Verkehr sollten daher durch konkrete Ziele zur Einsparung der Treibhausgasemissionen ergänzt werden, um den betroffenen Akteuren eine verbindliche Handlungsgrundlage zu bieten.

Bei den bereits bestehenden klima- und energiepolitischen Vorgaben fehlen zeitliche Zwischenziele, die insbesondere die Erreichung langfristig angelegter Ziele unterstützen. Denn nur wenn hier Zwischenziele definiert sind, können Abweichungen frühzeitig festgestellt werden, und es kann ggf. nachgesteuert werden. Demnach sollten für sämtliche Ziele mindestens 5-jährige Zwischenziele konkretisiert werden.

Offen ist bislang, wie Reduktionsziele im Verkehr innerhalb des Sektors, also z. B. auf die einzelnen Verkehrsträger, aufgeteilt werden. Denn zwischen den Verkehrsträgern und -mitteln divergieren die Rahmenbedingungen, z. B. bezüglich der technologischen Abhängigkeit von bestimmten Energieträgern oder der Reduktionspotenziale des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Auch Unterschiede bei Größe und Struktur der einzelnen (Verkehrs-) Märkte und des zu erwartenden Verkehrswachstums sprechen dafür, Reduktionsziele für den Verkehrssektor auf zumindest der Ebene der Verkehrsträger zu konkretisieren.

#### 4.2 Umsetzung energie- und klimapolitischer Maßnahmen.

Auf Basis konkreter energie- und klimapolitischer Ziele sollten im weiteren Verlauf der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie die zu deren Erarbeitung nötigen Maßnahmen bzw. Steuerungsinstrumente definiert werden. Dabei steht eine Vielzahl fiskalischer bzw. förderpolitischer sowie ordnungsrechtlicher Instrumente zur Verfügung. Die in Deutschland bislang im Verkehrssektor auf den Weg gebrachten Maßnahmen mit unmittelbarem energie- und klimapolitischem Bezug konzentrieren sich auf den Pkw- und den Luftverkehr. Dazu zählen beispielsweise die CO<sub>2</sub>-basierte Kfz-Steuer, das CO<sub>2</sub>-Effizienzlabel für Pkw, die europäische CO<sub>2</sub>-Flottendurchschnittspolitik oder – im Luftverkehr – der CO<sub>2</sub>-Emissionshandel.

Bereits eingeführte energie- und klimapolitische Maßnahmen im Verkehr wurden bislang kaum hinsichtlich der mit ihnen angestrebten Wirkung auf den Prüfstand gestellt. Es fehlt eine umfassende Bestandsaufnahme, welchen Beitrag diese Instrumente zur Zielerreichung geleistet haben oder noch leisten werden. Deshalb ist unklar, ob die auf den Weg gebrachten Maßnahmen ausreichen, die angestrebten energie- und klimapolitischen Ziele zu erreichen. So sind derzeit beispielsweise keine Aussagen darüber möglich, welche Wirkung die geltende Ausgestaltung der Kfz-Steuer auf die Anschaffung von Fahrzeugen mit niedrigem spezifischem CO<sub>2</sub>-Ausstoß hat. Zudem ist bislang nicht analysiert, welche konkreten energie- bzw. klimapolitischen Auswirkungen die europäische CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge für Deutschland hat. In diesem Sinne ist es für die Bewertung des Zielerreichungsgrads unbedingt erforderlich, eine fundierte und anerkannte Wirkungsabschätzung ex-ante sowie ex-post bereits implementierter bzw. für die Zukunft ergriffener Maßnahmen durchzuführen (ex-ante sowie ex-post). Nur so kann eine bestehende Ziellücke identifiziert werden.

Die bislang auf den Weg gebrachten energie- und klimapolitischen Maßnahmen im Verkehrssektor zielen vornehmlich darauf ab, die Treibhausgasemissionen sowie den Energieverbrauch insbesondere über die Reduktion der fahrzeugspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern. Die Beeinflussung der Verkehrsleistungen spielt dabei nur mittelbar eine Rolle. Dabei entscheiden nicht nur der fahrzeugspezifische CO<sub>2</sub>-Emissionswert, sondern insbesondere auch die zurückgelegten Kilometer über die absolute energie- und klimapolitische Wirkung der eingesetzten Maßnahmen. Daher sollte die Entwicklung der Verkehrsleistungen der unterschiedlichen Verkehrsträger bei der Wirkungsabschätzung energie- und klimapolitischer Maßnahmen sowie zur Identifizierung einer eventuellen Zielerreichungslücke berücksichtigt werden.

Für den Fall, dass die bislang auf den Weg gebrachten Maßnahmen beispielsweise in Folge eines weiteren Anstieges der Verkehrsleistungen absehbar nicht ausreichen, die gesteckten Ziele zu erreichen, müssen Steuerungsinstrumente weiterentwickelt oder um weitere ergänzt werden. Dabei ist das Spektrum bei weitem noch nicht ausgeschöpft: Nicht nur sind bislang einzelne Verkehrsträger bei der Implementierung energie- und klimapolitischer Maßnahmen gänzlich ausgespart. Auch das bisher eingesetzte Instrumentenspektrum kann noch erweitert werden. So sind technische Effizienzsteigerungen, beispielsweise durch die Optimierung von Antrieben und Kraftstoffen bzw. ihrer Erzeugung, nur eine Stellschraube bei der Erreichung energie- und klimapolitischer Ziele. Begleitet werden sollte die Verkehrsverbesserung auch durch verhaltensbeeinflussende Maßnahmen.

**Es bedarf zeitlicher Zwischenziele.**

**Reduktionsziele für einzelne Verkehrsträger sollten diskutiert werden.**

**Erste energie- und klimapolitische Maßnahmen, insbesondere im Pkw- und Luftverkehr, sind auf den Weg gebracht.**

**Die Wirkung bereits implementierter sowie angestoßener Maßnahmen sollte systematisch analysiert werden.**

**Bei der Identifizierung einer eventuellen Zielerreichungslücke spielt die künftige Entwicklung der Verkehrsleistungen eine entscheidende Rolle.**

**Reichen die bislang implementierten Maßnahmen absehbar nicht aus, müssen weitere entwickelt werden.**

#### 4. Prozessschritte zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.

##### Verkehrsverlagerung und -vermeidung können das Maßnahmenspektrum erweitern.

Verkehrsverlagerung und Verkehrsvermeidung ohne den Verzicht auf Mobilität, d. h. ohne Einbußen bei der Erfüllung individueller Bedürfnisse, stellen weitere Hebel dar, um den Verkehrssektor klimaschonend und energieeffizient zu gestalten. Das sehen auch die befragten Experten: So plädieren 34 von 56 Befragten dafür, auch die Verkehrsverlagerung zum Instrument der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie zu machen. Bei der Verkehrsvermeidung sprechen sich 29 von 56 Experten auf jeden Fall für ihre Berücksichtigung aus (vgl. Abbildung 20).

##### Expertenbefragung – Hatte die Kraftstoffstrategie 2004 konkreten Auswirkungen auf das Handeln Ihrer Organisation? Wenn ja, welche?

„Die Kraftstoffstrategie 2004 liefert einen Überblick verschiedener Strategien in der Wirtschaft, u. a. der Technologiestrategien der Fahrzeughersteller. Sie verneint bedauerlicherweise jedoch den Anspruch einer nationalen deutschen Kraftstoffstrategie, da sich nur eine europäische oder internationale Strategie sinnvoll darstellen lasse. Dennoch ist sie eine wichtige Orientierungshilfe und hat ihren Stellenwert insbesondere aufgrund des Konsenses zwischen der Automobil- und der Mineralölwirtschaft.“

##### Branchenvertreter der Automobilwirtschaft

„Wir müssen uns dadurch noch mehr mit dem Thema „Agrotreibstoff“ beschäftigen! Und wir müssen noch mehr darauf pochen, dass die Automobilkonzerne sich nicht auf der vermeidlichen CO<sub>2</sub>-Einsparung ausruhen, sondern verstärkt an der Verringerung des Verbrauchs ihrer Fahrzeuge arbeiten.“

##### Vertreter einer Verbraucherorganisation

„Produktion und Absatz von Biodiesel (Fatty Acid Methyl ester, d. h. Fettsäure-Methyl ester oder kurz FAME genannt) und Bioethanol (EtOH) haben sich entgegen der pessimistischen Prognose der Kraftstoffstrategie 2004 sehr viel dynamischer entwickelt. Der VDB hat – im Einklang mit grundlegenden Aussagen der Kraftstoffstrategie 2004, nämlich dem Bedarf an treibhausgas-effizienten alternativen Kraftstoffen – die Entwicklung im Biokraftstoffsektor forciert.“

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V.

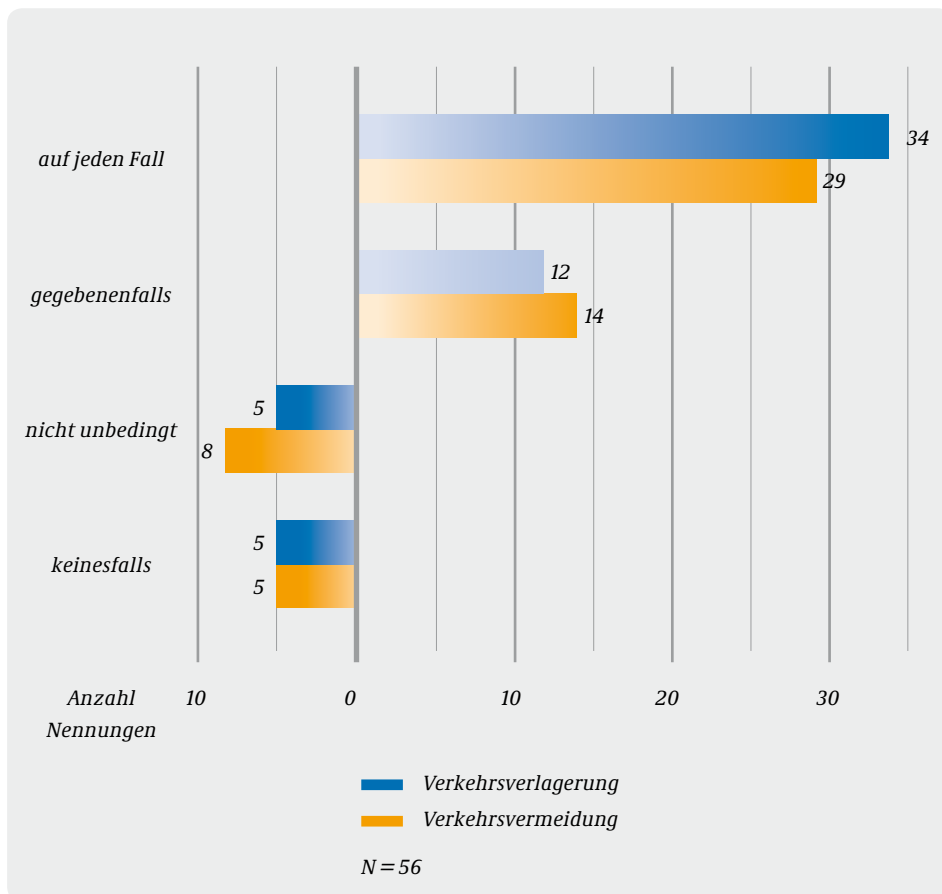


Abbildung 20: Expertenbefragung – Inwieweit soll die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie auch Ansätze der Verkehrsverlagerung bzw. Verkehrsvermeidung thematisieren?

Bislang ist vor der Einführung von Steuerungsinstrumenten oft nicht oder nur eingeschränkt bekannt, wie diese konkret wirken. Deshalb sollte schon im Vorfeld der Verabschiedung bzw. Umsetzung von Maßnahmen oder Maßnahmenbündeln eine breite Abschätzung ihrer potenziellen Wirkungen und gegenseitigen Abhängigkeiten durchgeführt werden (Impact Assessment). Dies gilt gleichermaßen für ordnungsrechtliche, fiskalische oder förderpolitische Maßnahmen. Diese sind auf ihre Effektivität hinsichtlich der Erreichung energie- und klimapolitischer Ziele zu prüfen.

Von Deutschland beschlossene politische Steuerungsinstrumente zur Erreichung verkehrspolitischer Ziele sind eng an europäische Vorgaben geknüpft. Aus diesem Grunde ist es notwendig, die aktuellen Meinungsbildungs- und Gesetzgebungsprozesse auf europäischer Ebene zu verfolgen und national zu berücksichtigen. Insbesondere ist eine enge Abstimmung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie mit der EU-Kraftstoffstrategie (European Expert Group on Future Transport Fuels [EC-EEGFTF 2011]) sowie dem Ende März 2011 erschienenen EU-Weißbuch Verkehr „Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum“ [EC 2011a] unerlässlich.

### 4.3 Wahl sektoradäquater Zeithorizonte.

In der Pkw-fokussierten Kraftstoffmatrix 2004 wurden die Perspektiven 2010 und 2020 gewählt. Die damaligen Zeithorizonte von +6 und +16 Jahren sind nach Einschätzung der befragten Experten zu 54 Prozent bzw. zu 73 Prozent angemessen (vgl. Abbildung 21).

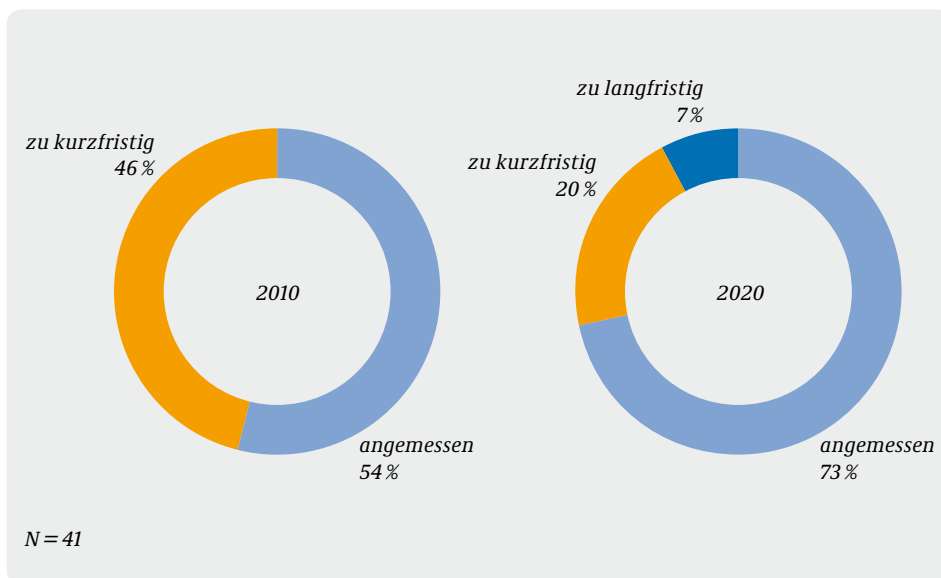


Abbildung 21: Expertenbefragung – Wie bewerten Sie die damalige Wahl des Zeithorizonts 2010 bzw. 2020?

Bei der Berücksichtigung zusätzlicher Verkehrsträger bzw. -mittel verschieben sich die zeitlichen Anforderungen. Bei Verkehrsmitteln wie Schienenfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen gelten sehr viel längere Investitions- und Lebenszyklen als bei Pkw. So können im Luftverkehr für ein Flugzeug vom Reißbrett bis zur Außerdienststellung 50 bis 60 Jahre vergehen. Ähnlich lange Zeithorizonte gelten bei Planung und Ausbau bzw. Aufbau von Energieinfrastrukturen wie beispielsweise Pipelinesystemen oder Stromnetzen.

Bei der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollte nach Ansicht der befragten Experten der Zeithorizont 2020 (35 Prozent) bzw. 2030 (45 Prozent) gewählt werden (vgl. Abbildung 22). Darüber hinaus sollte eine Perspektive bis 2050 entwickelt werden. In Anbetracht begrenzter Prognosezeiträume werden sich dabei die für die unterschiedlichen Zeithorizonte getroffenen Aussagen im Detaillierungsgrad unterscheiden.

Auch die zusätzlich angedachten Maßnahmen sind bezüglich ihrer Wirkung zu analysieren.

Deutschland sollte die europäische Meinungsbildung zu energie- und klimabezogenen Steuerungsinstrumenten im Verkehrssektor als Orientierungsrahmen nutzen.

Die für die Kraftstoffstrategie 2004 gewählten Zeithorizonte 2010/2020 erscheinen den befragten Experten angemessen.

Längere Produktlebenszyklen weiterer Verkehrsträger sowie ggf. neuer Energieinfrastrukturen dehnen die Zeithorizonte der künftigen Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie aus.

Für die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie gilt es, den Zeithorizont auf 2020/2030 zu verschieben sowie den Blick auf 2050 zu richten.

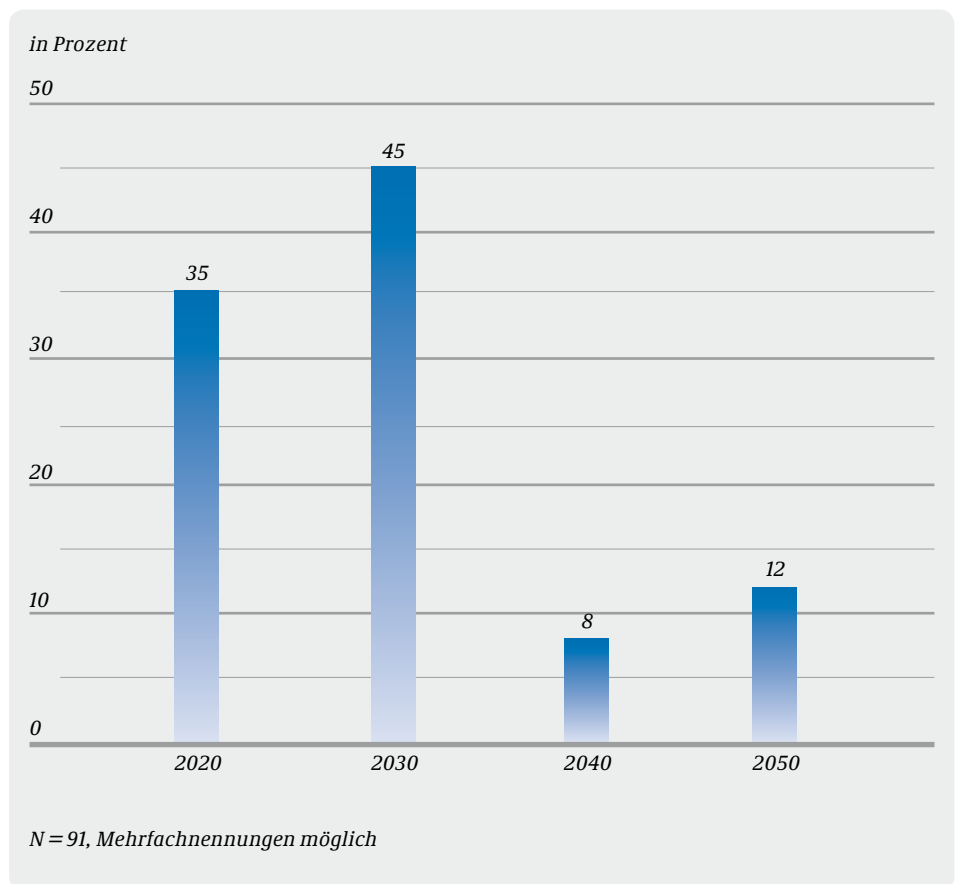


Abbildung 22: Expertenbefragung – Welcher Zeithorizont sollte bei der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie gewählt werden?

**Nur ein dynamisch angelegter Strategieprozess kann auf maßgebliche Veränderungen angemessen reagieren.**

#### 4.4 Aufbau einer lernenden Strategie.

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie kann von Beginn an als ein dynamischer Prozess verstanden werden. Dabei sollten nicht erst nach ihrer Fertigstellung die dabei gesammelten Erfahrungen in die Weiterentwicklung einfließen. Vielmehr gilt es bereits während der Erarbeitung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sämtliche Schritte untereinander rückzukoppeln. Dieses Vorgehen ermöglicht es auch, flexibel und ohne Reibungsverluste auf plötzliche Veränderungen der Rahmenbedingungen oder auf unerwartete Ereignisse zu reagieren. Zudem ist es im Rahmen eines dynamischen Strategieprozesses möglich, aktuelle politische, ökologische und gesellschaftliche Entwicklungen sowie technologische Innovationen zeitnah zu integrieren.

**Es scheint angemessen, die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie alle fünf Jahre zu überarbeiten.**

Neben einer laufenden Optimierung im Strategieprozess sollte die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie in regelmäßigen Zeitabständen aktualisiert werden. Dabei sollten die zu Beginn des Strategieprozesses gemachten Annahmen sowie die zugrunde gelegten Ziele konsequent geprüft und ggf. angepasst werden. Erscheint beispielsweise eine Zielverfehlung wahrscheinlich, sollten die Ursachen dafür analysiert und als Basis für eine Weiterentwicklung der Strategie genutzt werden. Auch im Rahmen des aktuellen EU-Weißbuchs Verkehr [EC 2011a] wird eine Revision und Neubewertung der EU-Strategie diskutiert, alle fünf Jahre, beginnend in 2015/16 [CouncilEuropeanUnion 2011]. Eine regelmäßige Revision der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie könnte sich dem EU-Turnus anschließen. Auch die befragten Experten sprechen sich mehrheitlich für eine Revision alle fünf Jahre aus (vgl. Abbildung 23).

Die permanente Weiterentwicklung und Optimierung sämtlicher Prozessschritte untereinander und eine periodisch verankerte Revision sind Voraussetzungen für die Erarbeitung einer „lernenden“ Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, die ihrem Aktualitätsanspruch fortwährend gerecht wird.

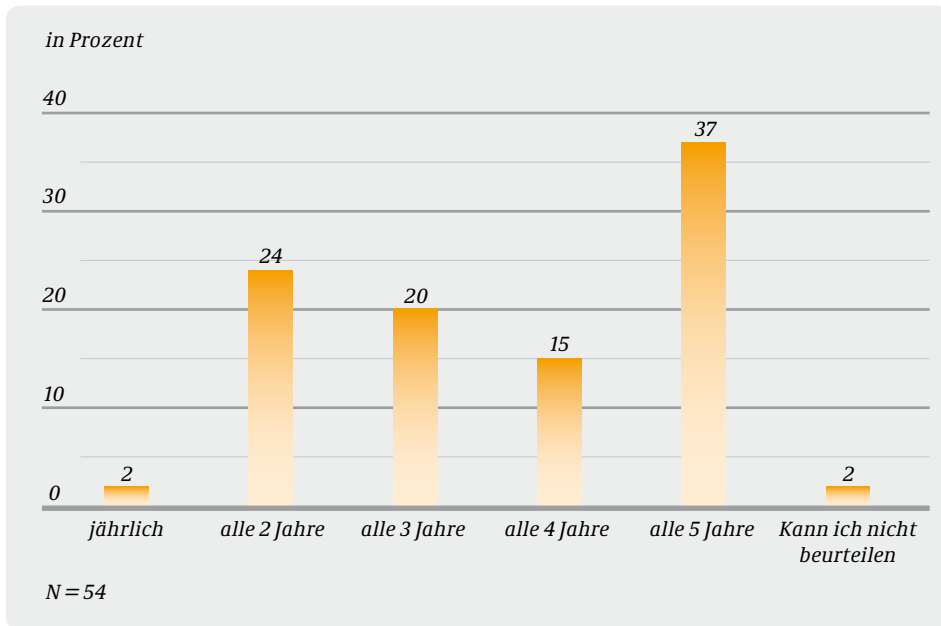


Abbildung 23: Expertenbefragung – Wie häufig bzw. regelmäßig sollte die neue Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie auf Aktualität geprüft werden?

#### 4.5 Wissenschaftliche Begleitung.

Mit Hilfe der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollen energie- und umweltpolitische Ziele unter Berücksichtigung technologischer Machbarkeit und ökonomischer sowie sozialer Verträglichkeit erreicht werden. Hierzu ist über alle Verkehrsträger die Beantwortung zahlreicher Fragen nötig, die beispielsweise künftige Verkehrsleistungen (Personen und Güter), eingesetzte Antriebe, Technologien und Energieträger und die dafür benötigten Rohstoffe sowie Infrastrukturen betreffen (vgl. Abbildung 24). Die Komplexität der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie erfordert in vielen Bereichen eine detaillierte wissenschaftliche Begleitung. Diese soll die neutrale, transparente Aufbereitung von Daten und Informationen gewähren.

Eine zentrale Aufgabe bei der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie ist es, Instrumente und Maßnahmen zu identifizieren bzw. zu entwickeln, die geeignet sind, die energie- und umweltpolitischen Ziele zu erreichen. Dabei soll die wissenschaftliche Begleitung auch die Wirkung vorhandener und neuer Instrumente und Maßnahmen analysieren bzw. evaluieren. Hinzu kommen Fragen nach der strategischen Umsetzung identifizierter Maßnahmen und Instrumente, ihrer konkreten Ausgestaltung und den Möglichkeiten und Widerständen bei der Einführung. Dazu sollen Zukunftsszenarien für den Verkehrssektor entwickelt werden, die Ergebnisse aktueller nationaler Studien (z. B. Energiekonzept der Bundesregierung [BMU 2010a], Modell Deutschland [WWF 2009], Leitstudie 2010 [BMU 2010b], Verkehrsprognosen des BMVBS [ITP 2007], Bericht des Umweltbundesamts zur CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategie [UBA 2010]) sowie internationale Entwicklungen (z. B. EU-Weißbuch [EC 2011a], IEA-Reports, EU-Kraftstoffstrategie [EC-EEGFTF 2011]) berücksichtigen. Bei der Ausgestaltung der Szenarien müssen alle wichtigen Parameter der Mobilitäts- und Verkehrsentwicklung, der Technologieentwicklung und der Bereitstellungsoptionen von Energieträgern einfließen. Die notwendigen Berechnungen sollten aufbauend auf den Erfahrungen mit vorhandenen Beschreibungsmodellen durchgeführt werden. Auf Basis solcher Szenarien kann die Wirkung von Maßnahmen und Instrumenten auf Energieverbrauch, ökologische sowie ökonomische und soziale Faktoren abgeschätzt werden. Damit kann z. B. auch fundiert beurteilt werden, wie sich verschiedene Optionen auswirken (z. B. Vermeidung von Verkehrszuwächsen vs. Verlagerung auf andere Verkehrsträger vs. Verbesserung der Effizienz vs. Einsatz alternativer Energieträger).

Bei der Erarbeitung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie ist die wissenschaftliche Beantwortung zahlreicher Fragen erforderlich.

Szenarienbildung und -modellierung ist die wissenschaftliche Grundlage bei der Entwicklung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.

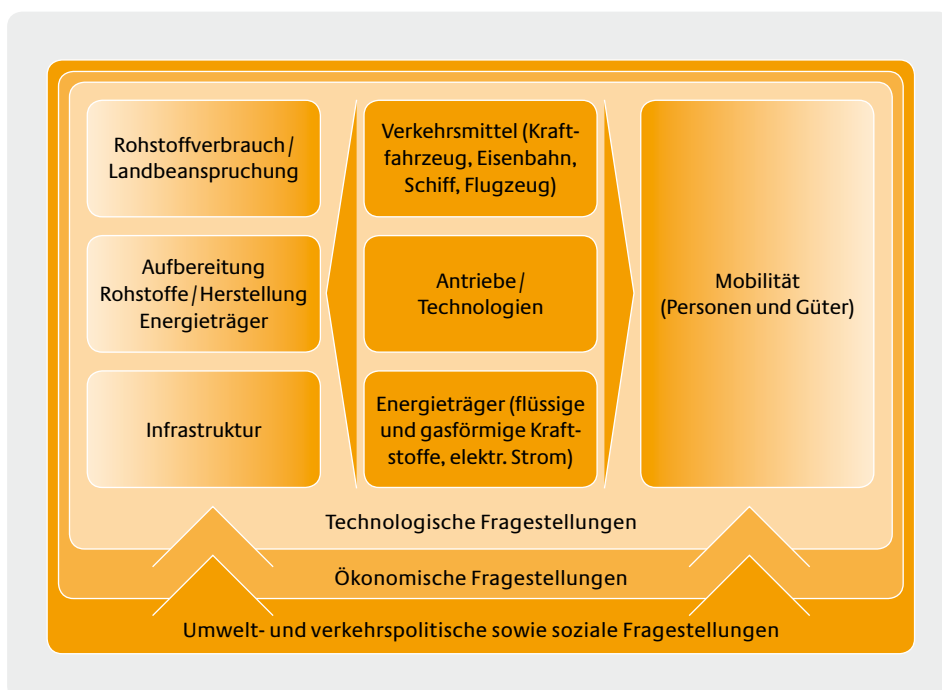


Abbildung 24: Themenspektrum einer wissenschaftlichen Begleitung  
Quelle: Eigene Darstellung

**Es bedarf der ökobilanziellen Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Energieträgern, Fahrzeugen und Infrastrukturen.**

Künftige Fahrzeugtechnologien und Mobilitätskonzepte erfordern neben der Betrachtung der Herstellung und Nutzung der Energieträger bzw. Kraftstoffe eine genauere Analyse der Umweltwirkungen bei der Herstellung und der Entsorgung von Fahrzeugen sowie der Infrastruktur. So gehen z. B. ein hoher Energieaufwand und Ressourcenverbrauch mit der Produktion von Batterien einher. Zur Analyse der Umweltwirkungen kann das bewährte Instrument der ökobilanziellen Betrachtung eingesetzt werden. Ergebnisse daraus geben Hinweise auf wichtige Parameter für die oben genannte Szenarienburg. Daher sollte im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie eine vertiefte ökobilanzielle Betrachtung vorgenommen werden, in der folgende Elemente bzw. Parameter berücksichtigt werden:

- alle für den Verkehrssektor relevanten Umweltparameter (Schwerpunkt Ressourcen- und Energieverbrauch sowie Treibhausgasemissionen, ebenso Emissionen limitierter und nicht-limitierter Schadstoffe),
- alle relevanten Kraftstoff- und Energiepfade (inkl. Stromherstellung und auch unkonventioneller fossiler Kraftstoffe),
- die ausgewählten Bezugsjahre 2020 und 2030 sowie mit Perspektive 2050,
- wichtige ausgewählte Fahrzeugkategorien,
- ausgewählte Mobilitätskonzepte,
- der Zusammenhang mit dem Gesamtenergiesystem (also z. B. Integration des Verkehrssektors in die Elektrizitätsversorgung, Nutzungskonkurrenzen etc.).

Damit wird der bisherige Betrachtungsraum deutlich erweitert. Für die vertiefte ökobilanzielle Betrachtung sind entsprechende Abschätzungen zu technischen und ökonomischen Entwicklungen von Kraftstoffen und Energieträgern sowie Verkehrsträgern und damit verbundenen Infrastrukturen erforderlich.

Aus den möglichen Fragen bei der Entwicklung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie seien im Folgenden die wichtigsten systematisiert. Dabei kann in vielen Fällen auf bestehende Untersuchungsergebnisse zurückgegriffen werden, teilweise müssen aber auch tiefergehende Analysen vorgenommen werden:

**Energie- und umweltpolitische Ziele für den Verkehrssektor.**

- Welchen Beitrag soll der Verkehrssektor langfristig zur Treibhausgasminderung leisten?
- Wie können die energie- und klimapolitischen Ziele auf die einzelnen Verkehrsträger bzw. -mittel verteilt werden?
- Welchen Beitrag können Effizienzsteigerung, Verlagerung und Vermeidung zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele im Verkehr leisten?
- Welche anderen Umweltwirkungen (z. B. Emissionen von Schadstoffen, Lärm, Ressourcennutzung, z. B. Flächenverbrauch) sind mit der Zielerreichung verbunden?
- Kann eine eventuelle Zielerreichungslücke identifiziert und mit welchen Maßnahmen geschlossen werden?
- Welche Monitoring-Prozesse sind zur Kontrolle der Zielerreichung notwendig, und wie können diese konkret etabliert werden?
- Wie kann eine Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie mit bestehenden und parallel zu entwickelnden sektorspezifischen und übergreifenden Strategien (z. B. integrierte Bioenergiestrategie) abgestimmt werden?

**Mobilitätsverhalten und -entwicklung (Personen- und Güterverkehr).**

- Wie wird sich das Mobilitätsverhalten in Zukunft ändern, z. B. durch die Einführung neuer Technologien wie Elektrofahrzeuge?
- Welche technischen und organisatorischen Voraussetzungen sind notwendig, um die Akzeptanz energieeffizienter und umweltschonender Mobilitätsformen zu erhöhen?
- Welchen Einfluss haben die demografische Entwicklung, die Urbanisierung und eine weniger autozentrierte Einstellung von Jugendlichen auf das gesamte Verkehrssystem?
- Welche Verkehrsleistungsentwicklungen (Personen- und Güterverkehr) sind künftig zu erwarten und mit den Nachhaltigkeitskriterien kompatibel?
- Welche Grundlagen- oder/und angewandte Forschungen sind notwendig, um eine energiesparende und umweltfreundliche Mobilität zu ermöglichen?

**Vergleichende Einordnung des heutigen Standes und des (Weiter-)Entwicklungspotenzials aller Verkehrsmittel.**

- Welcher Energieverbrauch und welche Umweltwirkungen sind mit der Nutzung der verschiedenen Verkehrsträger verbunden?
- Welche Potenziale bei der Effizienzsteigerung, der Emissionsreduktion und der Erfüllung künftiger Mobilitätsnachfrage (Verkehrsleistung) haben motorisierte und nichtmotorisierte Verkehrsmittel?
- Welche Voraussetzungen (Infrastruktur, Forschung, Gesetzgebung etc.) müssen erfüllt sein, um diese Potenziale zu heben?



**Potenziale von Antrieben und Technologien – technische Reife, Markteinführung, Kosten.**

- Welche technischen Potenziale haben die konventionellen Antriebe (Diesel- und Ottomotoren) im Hinblick auf Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsminderung, und wie hoch sind hier die Treibhausgas-Minderungskosten?
- Welchen Reifegrad werden Elektrofahrzeuge (PHEV, batterieelektrisch, Brennstoffzelle) in den nächsten Jahren erreichen und welche Kosten sind zu erwarten?
- Welche Reduktionspotenziale gibt es bei den bestehenden Fahrzeugen (z. B. Leichtbau, Downsizing, Reduktion von Fahrwiderständen und Effizienzverbesserungen der Nebenverbraucher)?
- Welche weiteren Technologien sind in den nächsten Jahren zu erwarten?
- Wie steht es um die Entwicklung von Antrieben und Kraftstoffen für andere Verkehrsträger als den Pkw?
- Welche Rahmenbedingungen (z. B. Verfügbarkeit seltener Erden) könnten sich kritisch auf eventuelle Technologieentwicklungen auswirken?
- Wann wird die breite Markteinführung neuer Technologien erwartet und zu welchen Kosten stehen diese dann zur Verfügung?

**Verfügbarkeit und erschließbare Potenziale für Rohstoffe fossiler und biogener Energieträger und weiterer Rohstoffe sowie Flächenverfügbarkeit zur Erzeugung biogener Energieträger.**

- Wie hoch ist die weltweite Verfügbarkeit fossiler Energieträger (z. B. Erdöl und Erdgas), und welcher Verbrauch wird weltweit erwartet?
- Welche Preisentwicklung wird bei den fossilen Energieträgern für den Verkehr in den nächsten Jahren erwartet?
- Welche Potenziale lassen sich für die Bereitstellung von Biomasse (Anbaubiomasse und Rückstände) erschließen und von welchen Faktoren werden diese beeinflusst?
- Welche Flächen stehen zur Bereitstellung von Bioenergieträgern heute und künftig unter Berücksichtigung der Flächenkonkurrenz (Nahrungsmittelanbau, Naturschutzaspekte u. a.) in Deutschland und weltweit zur Verfügung?
- Welche Bioenergieträger sollten – unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten – auf diesen Flächen angebaut werden?
- In welchen Verkehrsträgern sollen die Bioenergieträger/-kraftstoffe unter Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen um Flächen, Biomassen und Bioenergieträger prioritär eingesetzt werden und wie stellen sich die energiepolitisch bedingten Nutzungskonkurrenzen um diese Bioenergieträger dar?
- Welche Potenziale bestehen zur Erzeugung zusätzlichen regenerativen Stroms für den Einsatz im Verkehr und wie kann der Verkehr zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen?
- Welche weiteren für den Verkehrssektor benötigten Rohstoffe sind kritisch in Hinblick auf Verfügbarkeit, Abhängigkeit von einzelnen Lieferländern, etc., und welche Alternativen bestehen?

**Vergleichende Einordnung der Infrastruktur für ausgewählte Energieträger und Verkehrsträger.**

- Welche Kosten sind kurz-, mittel- und langfristig mit der Herstellung und dem Betrieb der Infrastruktur für die Bereitstellung heutiger und künftiger Energieträger (z. B. Wasserstoff, Biokraftstoffe, Strom) verbunden?

- In welchen Zeiträumen kann die Infrastruktur für die Versorgung mit künftigen Energieträgern des Verkehrssektors aufgebaut werden?
- Welche Synergieeffekte sind mit der Nutzung der Infrastruktur verbunden (z. B. Stabilisierung des Stromnetzes bei hohem Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien, Speicherkapazitäten, Unabhängigkeit von Weltmarktschwankungen der Energiepreise u. a.)?
- Welche Kosten und ökologischen Wirkungen sind mit Herstellung und Betrieb der Infrastruktur für Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Luftverkehr verbunden?

**Ökobilanz von Verkehrssystemen (Energieträger, Fahrzeuge, Infrastruktur).**

- Welche Verkehrssysteme haben welche Umweltwirkungen (unter Berücksichtigung der gesamten Kette der Herstellung, Nutzung und Entsorgung bzw. Recycling der Energieträger, der Fahrzeuge und der Infrastruktur und mit welchen Treibhausgasvermeidungskosten ist dies verbunden)?
- Wo liegen die größten Verbesserungspotenziale?
- Welche volkswirtschaftlichen Effekte haben die unterschiedlichen Maßnahmen, und welche Schlüsse sind daraus für den Wirtschaftsstandort Deutschland zu ziehen?
- Welche Technologielinien sind mit welchen Wertschöpfungspotenzialen verbunden?

**Analyse aktueller und künftigen Rahmenbedingungen – Szenarienbildung und -modellierung.**

- Welche Wirkung haben Maßnahmen und Instrumente auf die Entwicklung der Mobilität (z. B. Verkehrsbedarf, Verkehrsmittelwahl), den Energieverbrauch und die Umweltwirkungen?
- Welchen Beitrag leisten die bislang auf den Weg gebrachten Maßnahmen, und Instrumente im Sinne einer Ex-ante- und Ex-post- Wirkungsabschätzung?
- Welche Kompetenzdefizite sind zu erwarten, und welche Anforderungen an Aus- und Weiterbildung gilt es als Folge unterschiedlicher Maßnahmenbündel zu erfüllen?
- Welches ist der optimale Instrumentenmix (fiskalische Maßnahmen, Ordnungsrecht, Förderung, Forschung)?
- Welche Szenarien ergeben sich hinsichtlich der Technologieentwicklung für Energieträger, Verkehrsträger bzw. -mittel und Infrastruktur und wodurch sind diese künftig charakterisiert?
- Wie ordnen sich die deutschen Ziele mengenmäßig in internationale bzw. europäischen Strategieziele ein, und welcher Instrumentenmix wird in anderen Ländern vorgeschlagen bzw. eingesetzt?

**Umsetzung der Ergebnisse – Rahmenbedingungen.**

- Wie sollten im Prozess der Erstellung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie erarbeitete Maßnahmen konkret ausgestaltet werden?
- Mit welchen Widerständen ist bei ihrer Umsetzung zu rechnen?

Die Ausgestaltung der wissenschaftlichen Begleitung sollte die Möglichkeit bieten, Forschungsfragen, die erst im Prozess der Erarbeitung durch die beteiligten Akteure entstehen, flexibel aufzugreifen und zu beantworten. Dies kann z. B. durch eine ständige Begleitung des Prozesses durch ausgewählte Fachinstitute erfolgen. Dabei würden wichtige Fragestellungen im Prozess aufbereitet oder auch in Studien oder Hintergrundpapieren vertieft. In diesem Sinne sollte die Option auf eine flexible und kurzzeitige wissenschaftliche Begleitung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sichergestellt werden.

Oft bedarf es einer wissenschaftlichen Ad-hoc-Beantwortung von Fragen, die sich erst im Prozess der Strategieerarbeitung ergeben.

## 5. Vorgehensvorschlag zur Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollte unter Beteiligung relevanter Interessenvertreter entwickelt werden.

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie soll einen integrativen Rahmen bilden. Sie sollte Bedingungen schaffen, die verbindlich und handlungsleitend sind. Dazu müssen auf Basis konkreter Ziele Maßnahmen und Instrumente entwickelt, in ihrer Wirkung abgeschätzt, umgesetzt und nachverfolgt werden.

Der Prozess zur Entwicklung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie folgt im Wesentlichen den zuvor beschriebenen, im Folgenden weiter konkretisierten und in Abbildung 25 nochmals zusammengefassten Schritten.



Abbildung 25: Systematik zur Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie

Quelle: Eigene Darstellung

Expertenbefragung – Inwiefern wurden alle relevanten Akteure in die Erstellung der Kraftstoffstrategie 2004 einbezogen? Wenn unvollständig, benennen Sie bitte aus Ihrer Sicht die Akteure, die gefehlt haben.

„Die Biokraftstoffwirtschaft war nicht einbezogen.“

Bundesverband der Deutschen Bioethanolwirtschaft

### 5.1 Einbeziehung eines umfassenden Akteursspektrums.

Das bei der Erstellung der Kraftstoffstrategie 2004 einbezogene Akteursspektrum war nach Meinung von 60 Prozent der befragten Experten unvollständig. Um Validität, Glaubwürdigkeit und Akzeptanz der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie zu erreichen, sollte sichergestellt werden, dass im Erarbeitungsprozess die Vertreter aller relevanten Verkehrsträger und -mittel sowie die wichtigsten Prozessbeteiligten einbezogen werden. Abbildung 26 systematisiert die im Rahmen der Kraftstoffstrategie 2004 involvierten Branchenvertreter sowie das mögliche Spektrum der an der Entwicklung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie zu beteiligenden Akteure. Abbildung 9 auf Seite 19 zeigt die Experten, die an der vorliegenden Voruntersuchung im Rahmen einer Befragung teilgenommen haben und konkretisiert damit die im weiteren Verlauf zu involvierenden Akteure exemplarisch.

Verkehrsträger/ -mittel	Prozessbeteiligte							
	Wirtschaft					Wissen- schaft	Politik	NGO / Nutzer / Sonstige
	Konventio- nelle Kraft- stoffe bzw. Energieträger	Alternative Kraftstoffe bzw. Ener- gieträger	Fahrzeug- und Kompo- nentenher- steller	Verkehrs- dienstleister	Beratungs- unternehmen			
<b>Straßen- verkehr</b>	Pkw							
	Nutzfahr- zeuge							
<b>Schienerverkehr</b>								
<b>Binnenschifffahrt</b>								
<b>Seeschifffahrt</b>								
<b>Luftverkehr</b>								

Abbildung 26: Involvierte Branchenvertreter im Rahmen der Kraftstoffstrategie 2004 und Beispiele eines künftigen Beteiligungsspektrums

Quelle: Eigene Darstellung

■ Kraftstoffstrategie 2004

Obwohl die Kraftstoffstrategie 2004 bei nahezu 80 Prozent der befragten Experten bekannt ist, war rund die Hälfte aller Befragten mit der Ergebnisdarstellung unzufrieden und übte Kritik an der Kommunikation der Ergebnisse. Das Ausmaß und die Qualität der Kommunikation bestimmen maßgeblich den Umsetzungserfolg einer Strategie. Deshalb sollten Akteure, die nicht unmittelbar an ihrer Erstellung beteiligt sind, über einen transparenten Informationsaustausch in den Prozess der Erarbeitung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie einbezogen werden. Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollte im gesellschaftlichen Dialog entwickelt und ihre (Zwischen-)Ergebnisse über unterschiedliche Kommunikationskanäle kontinuierlich verbreitet werden.

**Der Erfolg der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie hängt auch von ihrer breiten Kommunikation ab.**

### 5.2 Nutzung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie als integrativer Rahmen.

Die Zuständigkeiten für die energie- und klimapolitischen Themen im Verkehr sind auf unterschiedliche Bundesministerien verteilt, wie folgende Beispiele zeigen:

- Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV): Forschungsförderung Biomasse und Biokraftstoffe,
- Bundesministerium der Finanzen (BMF): CO<sub>2</sub>-basierte Kfz-Steuer, Energiesteuer auf Kraftstoffe,
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Biokraftstoffquotengesetz,
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Fahrzeugtechnologie und Fahrzeugtechnik, Mobilitätskonzepte,
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): CO<sub>2</sub>-Effizienzlabel für Pkw.

Die Aussagen der befragten Experten spiegeln diese Streuung der Zuständigkeit wider: Wenn es um Kraftstoffe und Energien im Verkehr geht, halten die Befragten Kontakt sowohl zum BMVBS und dem BMU als auch – abgestuft – zum BMELV, BMWi sowie dem BMF (vgl. Abbildung 27). Zudem gibt es eine Vielzahl sonstiger Institutionen, die von den befragten Experten in diesem Zusammenhang als Kontaktpunkt genannt wurden, u. a.: Industrie- und Handelskammern, Mitglieder des Bundestags, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW), Sachverständigenrat für Umweltfragen, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Umweltbundesamt (UBA) oder Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES), Deutsche Energie-Agentur (dena).

**Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie dient auch der Integration relevanter verkehrs- und energiepolitischer Themen.**

Expertenbefragung – Wie zufrieden waren Sie mit der Art der Kommunikation der Kraftstoffstrategie 2004? Wenn unzufrieden, nennen Sie bitte Gründe dafür.

„Die Kraftstoffstrategie ist völlig unzureichend kommuniziert worden. Die Politik hat sich über wissenschaftliche Fakten hinweggesetzt.“

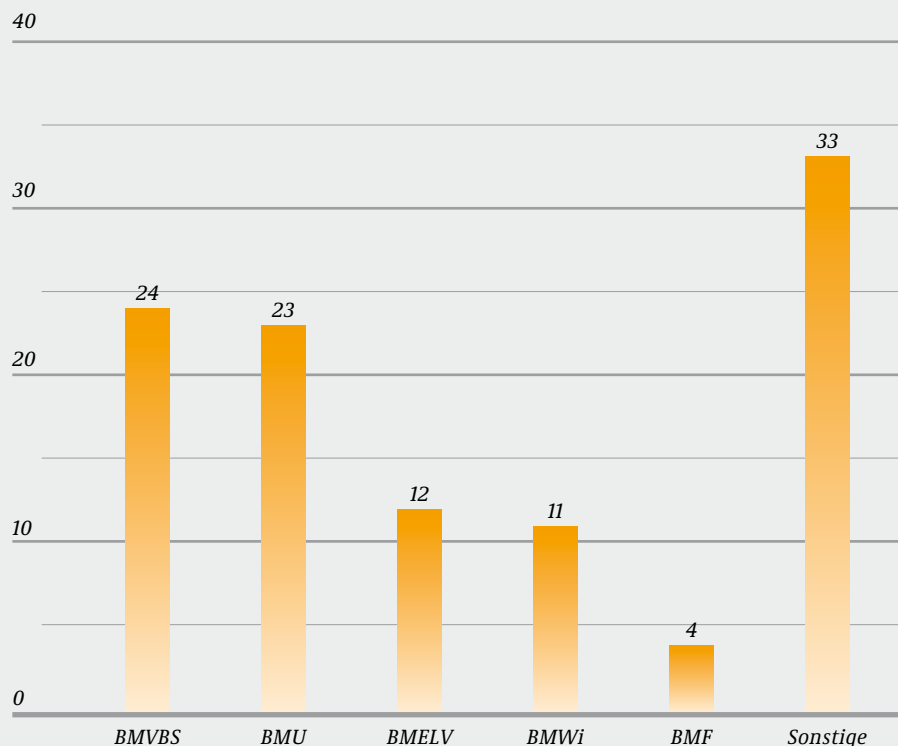
Mineralölwirtschaftsverband

Expertenbefragung – Haben Sie im Rahmen der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie weitere Anmerkungen, Ergänzungen oder Fragen?

„Eine isolierte Kraftstoffstrategie ohne gesamthafte Mobilitätsstrategie macht definitiv keinen Sinn. Wir brauchen in Deutschland endlich einen verkehrsträgerübergreifenden, gesamthaften und am Leitbild der Nachhaltigkeit ausgerichteten Ansatz.“

Allianz pro Schiene e. V.

Anzahl Nennungen



N = 51, Mehrfachnennungen möglich

Abbildung 27: Expertenbefragung – Zu welchen öffentlichen Institutionen (z. B. Ministerien) besteht Kontakt, wenn es um Kraftstoffe/ Energieträger im Verkehr geht?

Entsprechend kann die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie dazu genutzt werden, als integrativer Rahmen die einzelnen Zuständigkeiten und Fachthemen zusammenzuführen. Nach Aussagen der befragten Experten bietet sich als die federführende Instanz für die Erarbeitung einer übergreifenden Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung an (vgl. Abbildung 28).

### 5.3 Erarbeitung bis Anfang 2013.

Die aktuellen politischen und gesellschaftlichen Herausforderungen erfordern eine schnelle Entwicklung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie. Diesem Anspruch steht die Komplexität des Erstellungsprozesses gegenüber. Bedingt durch die Vielzahl unterschiedlicher Verkehrsmärkte und Akteure, Abhängigkeiten und Konkurrenzbeziehungen ist die Erarbeitung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie ein komplexes Vorhaben. Letztlich erwarten die Experten die Fertigstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie mehrheitlich in ein bis zwei Jahren (vgl. Abbildung 29). Bei einem sofortigen Start sollte die Strategie in ihren wesentlichen Bestandteilen somit bis Anfang 2013 fertiggestellt werden.

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie sollte in einem überschaubaren Zeitrahmen erstellt werden.

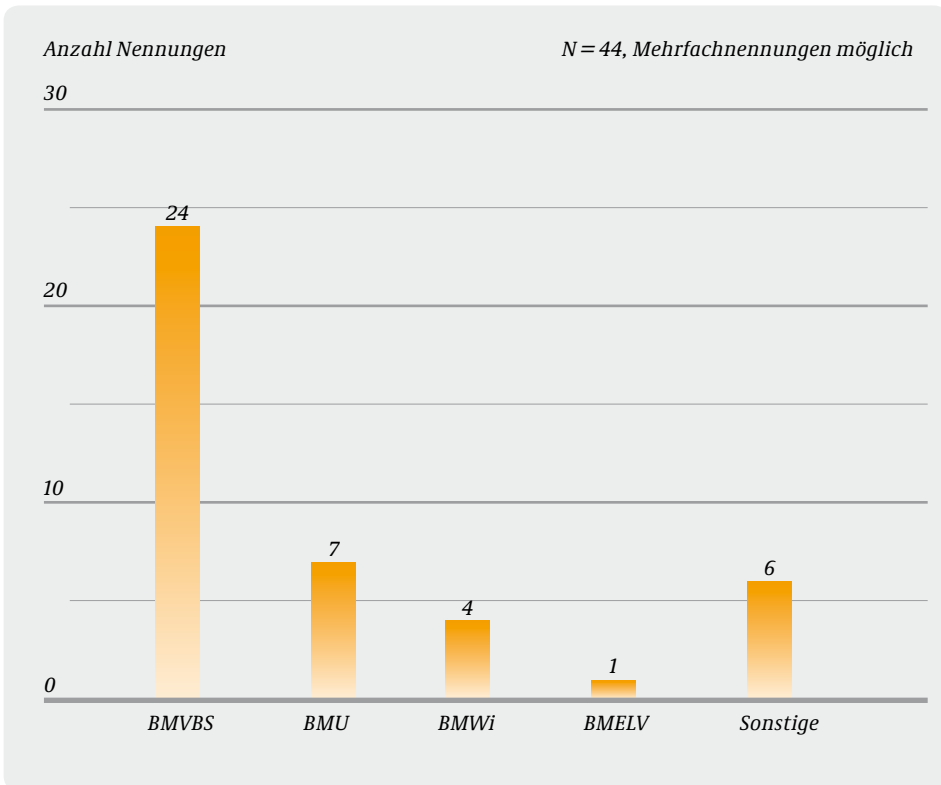


Abbildung 28: Expertenbefragung – Welche öffentliche Institution bietet sich für die Federführung einer übergreifenden Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie an?

Expertenbefragung – Wie zufrieden waren Sie mit der Ergebnisdarstellung der Kraftstoffstrategie 2004? Wenn Sie unzufrieden waren, nennen Sie bitte Gründe dafür.

„Aus unserer Sicht hat die Strategie eine Masterplanfunktion, die einen Rahmen um politische Einzelmaßnahmen bildet, nicht erfüllt. Insoweit sind die Ergebnisse nach der Erstveröffentlichung kaum sichtbar geworden.“

ACE Auto Club Europa

„Es wurden und werden keine politischen Rahmenbedingungen, welche über einen längeren Zeitraum Bestand haben, eingehalten!“

Vertreter der Wissenschaft

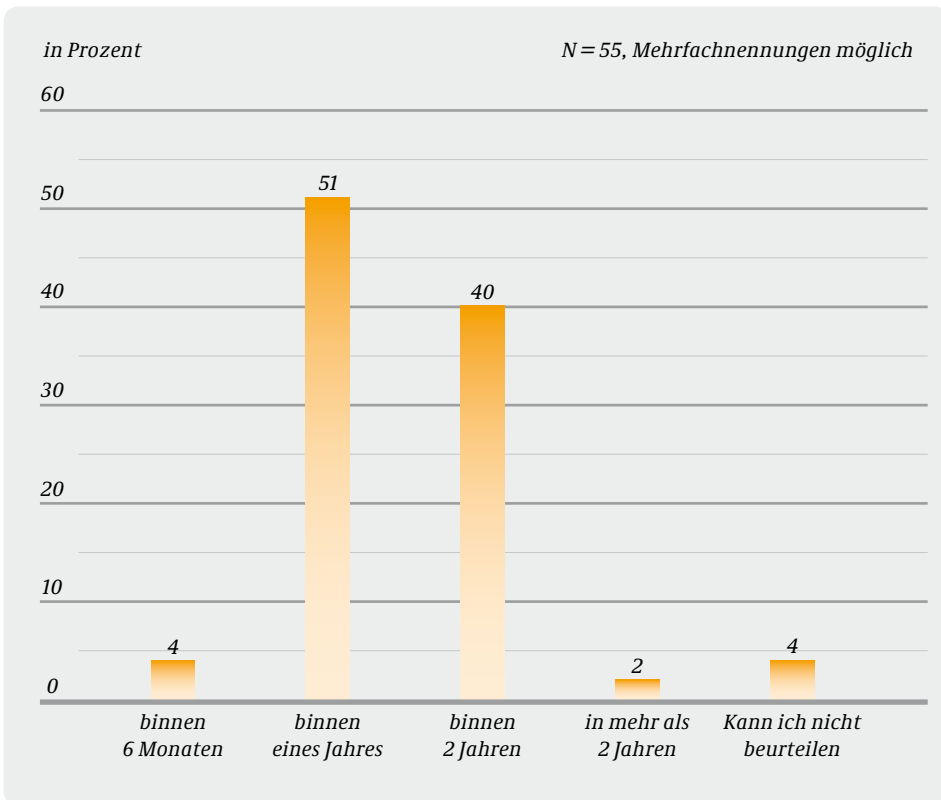


Abbildung 29: Expertenbefragung – In welchem Zeitraum sollte die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie erstellt werden?

## 6. Quellenverzeichnis.

- [AGE 2009] AG Energiebilanzen e.V. 2009.
- [Airbus 2010] Airbus: Global Market Forecast 2010 – 2029. Toulouse, France. 13 December 2010.
- [BAFA 2011] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Amtliche Mineralöl-daten, Eschborn. 2011. [http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel\\_rohoel/amtliche\\_mineraloeldaten/index.html](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel_rohoel/amtliche_mineraloeldaten/index.html). [Online] 2011.
- [BImSchG 2010] Bundes-Immissionsschutzgesetz 2010 § 37a Mindestanteil von Biokraftstoffen an der Gesamtmenge des in Verkehr gebrachten Kraftstoffs, Treibhausgas-minderung § 37b Begriffsbestimmung. Anforderungen an Biokraftstoffe.
- [BRD 2009] Bundesrepublik Deutschland. Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009 / 28 / EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.
- [Biokraft-NachV 2009] Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV) vom 30. September 2009. Bundesgesetzblatt (BGBl.). Teil I, Nr. 65, S. 3182 ff. Bonn. 05.10.2009.
- [Biokraft-NachV 2010] Verordnung zur Änderung der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Bundesgesetzblatt (BGBl.) Teil I, S. 814. Berlin, Germany. 22. Juni 2010.
- [BMU 2008] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland – Leitszenario 2009. Berlin. 2008.
- [BMU 2010a] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept der Bundesregierung – Langfristige Strategie für die künftige Energieversorgung. 2010.
- [BMU 2010b] Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. „Leitstudie 2010“, DLR, IWES, IFNE im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Dezember 2010.
- [BMVBS 2004] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Die Kraftstoffstrategie der Bundesregierung. 2004. <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/44024/publicationFile/1135/die-kraftstoffstrategie-der-bundesregierung.pdf>. [Online] 2011.
- [BMVBS 2009] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2009 / 2010. Oktober 2009.
- [BMVBS 2011] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verantwortung tragen – Zukunft gestalten. Nachhaltigkeitsbericht des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Januar 2011.

- [CouncilEuropeanUnion 2011] Council of the European Union: Presidency's synthesis of member states' views on the White Paper on transport. 3093rd TRANSPORT, TELECOMMUNICATIONS and ENERGY Council meeting. Brussels. 16 June 2011.
- [DBT 2010] Deutscher Bundestag: Unterrichtung durch die Bundesregierung – Bericht zur Steuerbegünstigung für Biokraft- und Bioheizstoffe 2009. Drucksache 17/2861. Berlin. 2010.
- [EC 2009a] Entscheidung Nr. 406/2009/EG des europäischen Parlaments und des Rates über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020. 23. April 2009.
- [EC 2009b] Richtlinie 2009/30/EG des europäischen Parlaments und des Rates zu den Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen. 23. April 2009.
- [EC 2009c] Richtlinie 2009/28/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. 23. April 2009.
- [EC 2011a] Weißbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. KOM(2011) 144 endgültig. SEK(2011) 359 endgültig. SEK(2011) 358 endgültig. SEK(2011) 391 endgültig. Brüssel. 28. März 2011.
- [EC 2011b] Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050. KOM(2011) 112 endgültig. SEK(2011) 287 endgültig. SEK(2011) 288 endgültig. SEK(2011) 289 endgültig. Brüssel. 8. März 2011.
- [EC-EEGFTF 2011] European Commission (EC) European Expert Group on Future Transport Fuels (EEGFTF): Future Transport Fuels. Brussels. January 2011. [http://ec.europa.eu/transport/urban/vehicles/road/clean\\_transport\\_systems\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/urban/vehicles/road/clean_transport_systems_en.htm). [Online] 2011.
- [IATA 2009] International Air Transport Association (IATA): A global approach to reducing aviation emissions – First step: carbon-neutral growth from 2020. November 2009.
- [ICAO 2010] International Civil Aviation Organization (ICAO): Focus on Environment. Québec, Canada. 2010.
- [IEA 2011] Fatih Birol, Chief Economist, International Energy Agency (IEA): Interview Transcript – Oil Crunch. ABC Television. 28 April 2011. <http://www.abc.net.au/catalyst/stories/3201781.htm>. [Online] 2011.



- [ITF 2011] International Transport Forum 2011: Transport Outlook – Meeting the Needs of 9 Billion People. 2011.
- [ITP 2007] ITP / BVU: Prognose der bundesweiten Verkehrsverflechtungen 2025. Im Auftrag des BMVBS. FE-Nr. 96.0857/2005. München/Freiburg. 2007.
- [JEC 2008] JRC, EUCAR, CONCAWE: Tank-to-Wheel Study. 2008.
- [KBA 2010a] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Emissionen, Kraftstoffe – Zeitreihe 2006 bis 2010. [http://www.kba.de/cln\\_005/nn\\_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/b\\_emi\\_z\\_teil\\_\\_2.html](http://www.kba.de/cln_005/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/b_emi_z_teil__2.html). [Online] 2011.
- [KBA 2010b] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Emissionen, Kraftstoffe – Deutschland und seine Länder am 1. Januar 2010. [http://www.kba.de/nn\\_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/2010\\_b\\_emi\\_eckdaten\\_absolut.html](http://www.kba.de/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/2010_b_emi_eckdaten_absolut.html). [Online] 2011.
- [Koalitionsvertrag 2009] Der Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und FDP. Wachstum. Bildung. Zusammenhalt. 17. Legislaturperiode. <http://www.cdu.de/doc/pdfc/091026-koalitionsvertrag-cducsu-fdp.pdf>. [Online] 2011.
- [LBST 2008] W. Zittel, J. Schindler (Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH – LBST): Zukunft der weltweiten Erdölversorgung. Studie für die Energy Watch Group (EWG). Mai 2008.
- [LBST 2010a] P. Schmidt, C. Stiller, W. Weindorf, Z. Matra (Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH – LBST): CNG and LPG for Transport in Germany – Environmental Performance and Potentials for GHG Emission Reductions until 2020. Studie für Erdgas Mobil, OMV und SVGW. September 2010.
- [LBST 2010b] M. Zerta, W. Zittel et al. (Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH – LBST). Aufbruch – Unser Energiesystem im Wandel – Der veränderte Rahmen für die kommenden Jahrzehnte. München-Ottobrunn. ISBN 978-3-89879-605-7. FinanzBuch Verlag. November 2010.
- [LBST 2011] M. Altmann et al. (Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH – LBST) und S. Lechtenböhrer (Wuppertal Institut): Impacts of shale gas and shale oil extraction on the environment and on human health. Studie für das Umwelt-Komitee des Europäischen Parlaments. Juni 2011. <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?language=en&file=41771>. [Online] 2011.
- [Pembina 2006] The Pembina Institute: Troubled Waters, Troubling Trends. Summary Report. May 2006.
- [RED 2009] European Union: Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources (2009/28/EC). Brussels. 23 April 2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF>. [Online] 2011.

- [Renewbility 2009] Öko-Institut e.V. (Büros Darmstadt und Berlin); DLR-Institut für Verkehrsforschung (Berlin): RENEWBILITY: Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030. FZK 0327546. Endbericht an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Teil 1: Methodik und Datenbasis. Dezember 2009.
- [Söderbergh 2006] Söderbergh, B.; Robelius, F.; Aleklett, K.; Uppsala University, Sweden: A Crash Program Scenario for the Canadian Oil Sands Industry. 2006.
- [TOSCA 2011] A. Schäfer, L. Dray, E. Andersson, M.E. Ben-Akiva, M. Berg, K. Boulouchos, P. Dietrich, O. Fröidh, W. Graham, R. Kok, S. Majer, B. Nelldal, F. Noembrini, A. Odoni, I. Pagoni, A. Perimenis, V. Psaraki, A. Rahman, S. Safarinova, M. Vera-Morales: TOSCA (Technology Opportunities and Strategies Toward Climate-Friendly Transport) Project Final Report: Description of the Main S&T Results/ Foregrounds. EU-FP7. May 2011.
- [TREMOD] Daten- und Rechenmodell: Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1960 – 2030. Erstellung der Software TREMOD – Transport Emission Model. Im Auftrag des UBA. FKZ 3707 45 101. Laufende Arbeiten für BMVBS und UBA.
- [UBA 2010] CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland – Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes von S. Rodt, B. Georgi, B. Huckestein, L. Mönch, R. Herbener, H. Jahn, K. Koppe, J. Lindmaier. Umweltbundesamt. Mai 2010.
- [UBA 2011] Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990. [http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/archiv/Entwicklung\\_in\\_D\\_Trendtabelle\\_THG\\_1990-2009\\_v1.6.0\\_out.xls.zip](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/archiv/Entwicklung_in_D_Trendtabelle_THG_1990-2009_v1.6.0_out.xls.zip). [Online] 2011.
- [Vision Motors 2011] Vision Motors: Vision Tyrano. 2011. <http://www.visionmotorcorp.com/maxvision.htm>. [Online] 2011.
- [WEO 2010] International Energy Agency (IEA): World Energy Outlook 2010.
- [WWF 2009] Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Prognos, Öko-Institut im Auftrag des WWF. Oktober 2009.

## 7. Abbildungsverzeichnis.

Abbildung 1: Verkehrsleistung im Personenverkehr, 1960 bis 2009	S. 9
Abbildung 2: Transportleistung im Güterverkehr, 1960 bis 2009	S. 10
Abbildung 3: Anteil aller Sektoren am Endenergieverbrauch in Deutschland, 2009	S. 11
Abbildung 4: Endenergieverbrauch nach Verkehrsträgern, 1960 bis 2009	S. 11
Abbildung 5: Bisherige und prognostizierte Entwicklung der weltweiten Erdölproduktion und -nachfrage	S. 12
Abbildung 6: Bestand von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben in Deutschland, 2006 bis 2010	S. 13
Abbildung 7: Anteil alternativer Kraftstoffe am Energieverbrauch im deutschen Straßenverkehr	S. 14
Abbildung 8: Treibhausgasemissionen nach Verkehrsträgern, 1960 bis 2009	S. 16
Abbildung 9: Teilnehmer an der Expertenbefragung	S. 18
Abbildung 10: Spektrum relevanter Energieträger und Antriebe im Verkehrssektor	S. 21
Abbildung 11: Bisherige und Beispiele für künftige Dimensionen der Kraftstoffmatrix	S. 22
Abbildung 12: Stand der Technik für Erzeugung und Verteilung alternativer Energieträger im Verkehr	S. 24
Abbildung 13: Neu zu berücksichtigende Verkehrsträger und Verkehrsmittel	S. 26
Abbildung 14: Expertenbefragung – Welche Relevanz hat die Ausweitung der Betrachtung um weitere Verkehrsträger?	S. 27
Abbildung 15: Langfristige Anwendungsschwerpunkte alternativer Kraftstoffe und Antriebe nach Verkehrsträger und Beförderungsdistanz	S. 28
Abbildung 16: Bisherige Kriterien und mögliche Erweiterungen der Bewertungsdimensionen	S. 30
Abbildung 17: Fahrzeug-km pro Hektar Landfläche und Jahr	S. 31
Abbildung 18: Expertenbefragung – Hatte die Kraftstoffstrategie 2004 konkrete Auswirkungen auf das Handeln Ihrer Organisation?	S. 33
Abbildung 19: Ausgewählte energie- und klimapolitische Ziele	S. 34
Abbildung 20: Expertenbefragung – Inwieweit soll die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie auch Ansätze der Verkehrsverlagerung bzw. Verkehrsvermeidung thematisieren?	S. 36
Abbildung 21: Expertenbefragung – Wie bewerten Sie die damalige Wahl des Zeithorizonts 2010 bzw. 2020?	S. 37
Abbildung 22: Expertenbefragung – Welcher Zeithorizont sollte bei der Erstellung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie gewählt werden?	S. 38
Abbildung 23: Expertenbefragung – Wie häufig bzw. regelmäßig sollte die neue Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie auf Aktualität geprüft werden?	S. 39
Abbildung 24: Themenspektrum einer wissenschaftlichen Begleitung	S. 40
Abbildung 25: Systematik zur Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie	S. 44
Abbildung 26: Involvierte Branchenvertreter im Rahmen der Kraftstoffstrategie 2004 und Beispiele eines künftigen Beteiligungsspektrums	S. 45
Abbildung 27: Expertenbefragung – Zu welchen öffentlichen Institutionen (z. B. Ministerien) besteht Kontakt, wenn es um Kraftstoffe/ Energieträger im Verkehr geht?	S. 46
Abbildung 28: Expertenbefragung – Welche öffentliche Institution bietet sich für die Federführung einer übergreifenden Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie an?	S. 47
Abbildung 29: Expertenbefragung – In welchem Zeitraum sollte die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie erstellt werden?	S. 47

## 8. Kurzvorstellung der Projektpartner der Voruntersuchung.

Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) ist das Kompetenzzentrum für Energieeffizienz, erneuerbare Energien und intelligente Energiesysteme. Das Leitbild der dena ist es, Wirtschaftswachstum zu schaffen und Wohlstand zu sichern – mit immer geringerem Energieeinsatz. Dazu muss Energie so effizient, sicher, preiswert und klimaschonend wie möglich erzeugt und verwendet werden – national und international.



Die dena entwickelt Märkte für Energieeffizienz und erneuerbare Energien und kooperiert dafür mit Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Sie engagiert sich in den Verbrauchssektoren Gebäude, Strom und Verkehr genauso wie in Fragen der Energieerzeugung, Vernetzung und Speicherung. Die Gesellschafter der dena sind die Bundesrepublik Deutschland, die KfW Bankengruppe, die Allianz SE, die Deutsche Bank AG und die DZ BANK AG.

Die dena verfügt über umfangreiche Erfahrung in der Steuerung und Moderation unterschiedlicher Akteursgruppen im politischen Umfeld. Das stellt sie mit ihren „Netzstudien“ zum nötigen Ausbau des Stromnetzes zur verstärkten Integration regenerativer Energien unter Beweis – oder beispielsweise mit ihrem Strategieprozess „Erdgas und Biomethan im Verkehr“.

Sie besitzt sektorübergreifendes Know-how zu Energiesystemen – von der Erzeugung über den Transport bis in die unterschiedlichen Verwendungsformen. Dabei bilden energieeffiziente Verkehrssysteme einen Schwerpunkt der Arbeit der dena.

Das Deutsche BiomasseForschungsZentrum gGmbH (DBFZ) ist auf der Basis des Instituts für Energetik und Umwelt gGmbH 2008 gegründet worden; es gehört der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).



Das DBFZ ist ein interdisziplinäres Forschungsinstitut, das sich mit technischen, ökonomischen und ökologischen Fragen der energetischen Nutzung von Biomasse (z. B. für Biokraftstoffe) sowohl theoretisch als auch praktisch auseinandersetzt. Neben Machbarkeitsstudien, Gutachten und Begutachtungen, Technikbewertungen, Potenzial- und Szenarioanalysen, Ökobilanzen sowie Modellierungen und Simulationen beinhaltet die Arbeit schwerpunktmäßig experimentelle Untersuchungen.

Zielgruppen der Ergebnisse der F&E-Arbeiten sind die Fachöffentlichkeit (insbes. die Energie-, Land- und Forstwirtschaft, die Wirtschaft im Bereich Biomasse / Bioenergie) und der Endverbraucher, der ein großes Interesse an einer umwelt- und klimaverträglichen, ökonomisch darstellbaren und sozial verträglichen Bioenergiebereitstellung hat. Hinzu kommen die Bundes- und Landesministerien sowie weitere staatliche und nichtstaatliche, nationale und internationale Organisationen. Mit der Arbeit des DBFZ soll das Wissen um die Möglichkeiten und Grenzen einer energetischen Nutzung der Biomasse insgesamt erweitert werden und die herausragende Stellung des Industriestandorts Deutschland in diesem Sektor abgesichert werden.

Das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu) ist ein eigenständiges und unabhängiges Forschungsinstitut. Es wurde 1978 gegründet und hat mittlerweile die Rechtsform einer als gemeinnützig anerkannten GmbH. ifeu hat heute rund 60 Mitarbeiter, überwiegend aus dem Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften.



Ein wichtiger Arbeitsschwerpunkt ist der Bereich „Verkehr und Umwelt“, in dem seit 1982 mehrere Hundert wissenschaftliche Studien im Auftrag der Bundesministerien aus den Bereichen „Verkehr“,

„Umwelt“, „Forschung & Technologie“ und „Wirtschaft“ sowie der nachgeordneten Behörden, hier insbesondere Umweltbundesamt und Bundesanstalt für Straßenwesen durchgeführt wurden. Zu den Auftraggebern gehören darüber hinaus Ministerien aller Bundesländer, große Kommunen und Verbände sowie internationale Institutionen wie die EU-Kommission und die Weltbank sowie Industrie und gesellschaftliche Gruppen.

Schwerpunkt der Forschung ist die Analyse des Energieverbrauchs und der Emissionen aller motorisierten Verkehrssysteme sowie die Bewertung von Maßnahmen und Strategien zur Verringerung der verkehrsbedingten Umweltbelastungen. Dazu zählen u. a. die Erstellung von Bilanzen, Basisdaten und Szenarien des Gesamtverkehrs in Deutschland, die Analyse, der Vergleich und die Bewertung der nationalen und internationalen Personen- und Güterverkehre sowie die Untersuchung und die Gegenüberstellung von Fahrzeugkonzepten und ihren Antriebsenergien.



ludwig bölkow  
systemtechnik

Die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) berät seit ihrer Gründung im Jahre 1983 öffentliche und private Auftraggeber international zu strategischen Fragen einer langfristig nachhaltigen Energieversorgung. Die Basis hierfür bilden Analysen zu Ressourcenverfügbarkeit, Technologien und ökonomischen Randbedingungen. Diese bilden die Basis für von industriellen oder politischen Partikularinteressen unabhängige, konkrete Lösungswege, in denen Handlungsoptionen und Szenarien für eine tragfähige Weiterentwicklung aufgezeigt werden.

Der Arbeitsschwerpunkt Mobilität beinhaltet dabei neben Untersuchungen zum motorisierten Individualverkehr (konventionelle sowie alternative Kraftstoffe und Antriebe) auch den Schienen- und Luftverkehr. Wasserstoff und Brennstoffzellen, Batteriefahrzeuge, biomassebasierte Kraftstoffe und alternative fossile Kraftstoffe wurden durch die LBST über viele Jahre in zahlreichen Arbeiten auf ihre Umweltwirkungen und Kostenstrukturen hin untersucht. Die intensive Betrachtung von Systemzusammenhängen ist integraler Bestandteil aller Arbeiten. Zu den hier relevanten Aktivitäten zählen auch die maßgebliche Mitarbeit in der deutschen Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie (VES), umfangreiche und andauernde Lebenszyklusbilanzen alternativer Kraftstoffe und Antriebe z. B. für die europäische Kommission (CONCAWE/EUCAR/JRC Konsortium), die Erstellung von Wasserstoff „Roadmaps“ (Deutschland, Europa und Norwegen) und die Koordination großer europäischer Demonstrationsprojekte für Brennstoffzellenfahrzeuge.

## progtrans

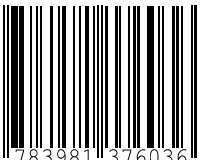
Die ProgTrans AG wurde 2003 als rechtlich und finanziell unabhängiges Unternehmen mit Sitz in Basel gegründet. Personell ging sie aus dem Bereich Verkehr der Prognos AG hervor, die sich im Zuge einer strategischen Neuausrichtung aus sämtlichen Beratungsleistungen im Bereich Transport und Verkehr zurückgezogen hatte.

Zu den Arbeitsschwerpunkten gehören der Personen- und Güterverkehr auf der Straße und Schiene einschließlich Binnenschiffs-, See- und Luftverkehr. Weitere fachliche Schwerpunkte sind der motorisierte und nichtmotorisierte Individualverkehr, der öffentliche Personenverkehr sowie die Treibhausgasemissionen.

ProgTrans verfügt über eine breite Palette von Referenzen und hat seit ihrer Gründung mehr als 170 Mandate in den Bereichen Verkehrsanalysen und -prognosen, Verkehrspolitik- und Strategieberatung, Verkehrsinfrastrukturbewertung, Transportmarktanalysen sowie Programmevaluation und Projektbegleitung bearbeitet bzw. in Bearbeitung.

ProgTrans unterstützt ihre Kunden mit Verkehrsuntersuchungen und Empfehlungen zur Umsetzung, begleitet Forschungsprogramme und evaluiert sie, involviert die Stakeholder in die laufenden Prozesse, erstellt Verkehrsreports (z. B. die ProgTrans World Transport Reports) und leistet Beiträge zu Workshops und Konferenzen (Organisation, Vorträge, Moderation). Die Dienstleistungen sind forschungsbasiert und erfüllen sowohl wissenschaftliche als auch umsetzungsbezogene Anforderungen.

ISBN 978-3-9813760-3-6



9 783981 376036