

# Der Weg zur Mobilität der Zukunft



ZSW  
Maïke Schmidt  
maïke.schmidt@zsw-bw.de

IZES  
Guillem Tánzer  
taenzer@izes.de

DLR  
Dr. Thomas Pregger  
thomas.pregger@dlr.de

Wuppertal Institut  
Frank Merten  
frankme@wupperinst.org

Mobilität ist einer der Schlüssel zu unserer modernen Gesellschaft, die im Umkehrschluss in hohem Maße von der Möglichkeit abhängt, Güter, Dienstleistungen und Know-how (im Sinne von Arbeitskräften) an nahezu jeden Ort transportieren zu können und auch als Individuum durch diese Mobilität über ein sehr hohes Maß an Entscheidungsfreiheit und große Gestaltungsspielräume zu verfügen.

Jedoch muss sich auch der Mobilitätssektor den Herausforderungen des Klima- und Ressourcenschutzes stellen, da laut den Zahlen des Statistischen Bundesamts [1] mindestens 82% des Güterverkehrs und 87% des Personenverkehrs vom Einsatz mineralölbasierter Kraftstoffe abhängig sind. Dies entspricht einem Gesamtverbrauch von 67 Mrd. Litern Kraftstoff im Jahr, wovon knapp 46 Mrd. l/a auf den Personenverkehr und rund 21 Mrd. l/a auf den Güterverkehr entfallen [2].

Die unter dem Begriff „Peak-Oil“ geführte Diskussion um die Endlichkeit der Erdöl-Reserven unterstreicht zusätzlich die Notwendigkeit, im Verkehrssektor Alternativen zu entwickeln. In Kombination mit dem weltweiten Anstieg der Nachfrage nach Mineralölprodukten hatten sich diese Knappheitssignale in den vergangenen Jahren – trotz der Finanz- und Wirtschaftskrise – bereits in deutlichen Preissteigerungen für Kraftstoffe niedergeschlagen. Der resultierende ökonomische Druck führte zwar im Güterverkehr zu einer Effizienzsteigerung durch die merkliche Reduk-

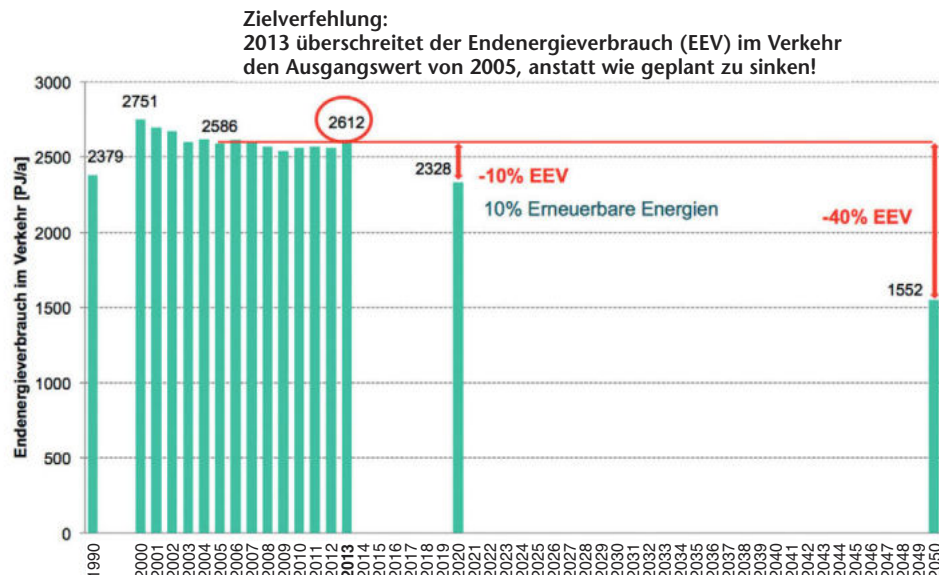
tion von Leerfahrten [1] und im Personenverkehr zu einem Trend zu verbrauchsärmeren Dieselfahrzeugen, eine Reduktion der Fahrleistung war jedoch nicht zu verzeichnen.

Die aktuelle Weltmarktsituation für Rohöl mindert den ökonomischen Handlungsdruck vorübergehend, während die Notwendigkeit, aus Gründen des Klimaschutzes, der Ressourcenschonung und der Nachhaltigkeit zu handeln, permanent weiter wächst. So sind die Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Jahr 2013 gestiegen gegenüber 2005, dem Basisjahr der Zielformulierung für den Verkehr [3].

Das Erreichen des auf der Reduktion des Endenergieverbrauchs (EEV) im Verkehrssektor um 10% und einem Anteil der erneuerbaren Energien am EEV in Höhe von 10% basierenden Treibhausgasminde- rungsziels für den Verkehr erscheint bis 2020 kaum plausibel, wie *Abbildung 1* verdeutlicht.

Bei den Antriebstechnologien werden sowohl Verbrennungsmotoren optimiert als auch elektrische Antriebe in unterschiedlichen Konstellationen mit Batterien und sog. Range-Extendern entwickelt. Bei den Kraftstoffen sind bereits Biokraftstoffe der ersten Generation im Einsatz, Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation befinden sich in der Entwicklung, ebenso erscheinen strombasierte Kraftstoffe, die regenerativ erzeugten Strom nutzen, als vielverspre- chende Option.

Abbildung 1  
**Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehr:**  
Ex post-Betrachtung sowie Zielsetzungen für die Zukunft  
(Quelle: [3])



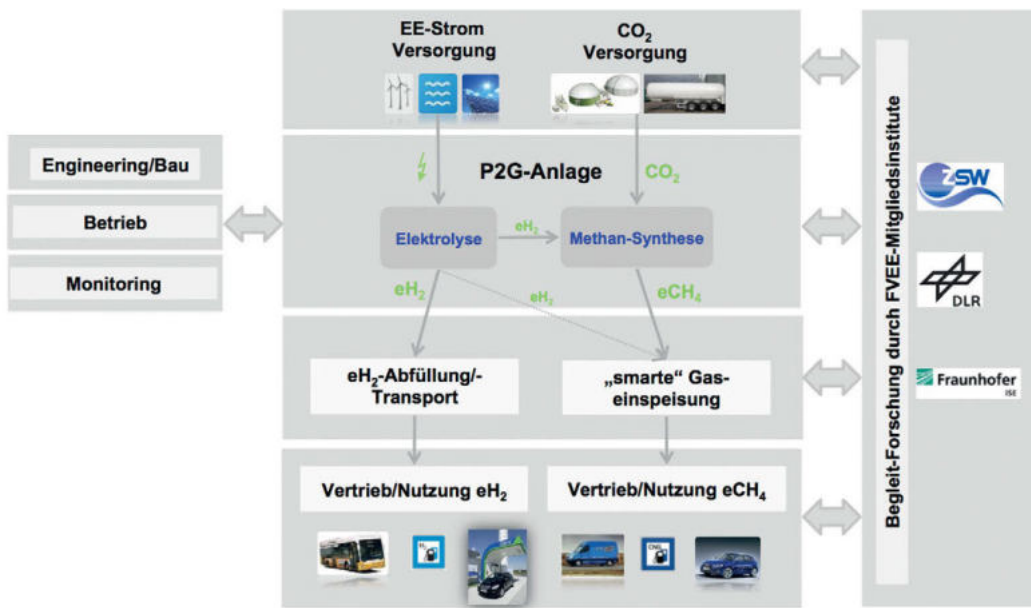


Abbildung 2

Konzept der Pilotanlage für erneuerbare, strombasierte Kraftstoffe (Skizze: ZSW)

Doch auch wenn an diesen technischen Lösungen bereits gearbeitet wird, sind für eine klima- und ressourcenfreundliche Mobilität auch Veränderungen des Mobilitätsverhaltens und des Mobilitätsanspruchs zwingend.

## Phasen der Mobilitätswende

Mit Blick auf das Langfristziel, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2050 um 80–95 % gegenüber 1990 zu senken, können grob drei Phasen der Transformation für den Verkehrssektor umrissen werden:

1. *Die erste Phase* erstreckt sich noch etwa bis zum Jahr 2020. Sie ist geprägt von den bereits genannten Anstrengungen, Lösungen auf technischer Ebene zu entwickeln, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Gleichzeitig ermöglichen die erheblichen Fortschritte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) eine stärkere Vernetzung der Verkehrsträger untereinander. Hinzu kommt, dass insbesondere im Personenverkehr über die zeitnahe Verfügbarkeit von Informationen und den Vergleich der einzelnen Verkehrsträger untereinander eine größere Flexibilität hinsichtlich der Wahl der geeigneten Option für die Inanspruchnahme der jeweiligen Mobilitätsleistung entsteht.
2. *Die zweite Transformationsphase* wird etwa um das Jahr 2020 beginnen. Diese wird durch den steigenden Einsatz von strombetriebenen Fahrzeugen im Personenverkehr geprägt sein. Hierzu zählt

neben Hybrid- und rein batterieelektrischen Antrieben in Automobilen auch ein wachsender Anteil von elektrisch betriebener Zweirädern und Fahrzeugen im ÖPNV (z. B. Brennstoffzellen-Busse). Die intermodale Vernetzung wird weiter fortschreiten, was den Wechsel von Verkehrsträger zu Verkehrsträger deutlich vereinfachen wird.

Damit einhergehen muss eine Veränderung des Mobilitätsverständnisses. Die Mobilitätsleistung rückt ins Zentrum des Interesses, während die Art der Leistung zunehmend in den Hintergrund rückt. Es muss beispielsweise nicht mehr der eigene PKW genutzt werden, um eine Strecke zurückzulegen, da einerseits unmittelbar Informationen zu entsprechenden Alternativen verfügbar sind und andererseits flexible Carsharing-Konzepte auch eine Nutzung des PKW erlauben, ohne diesen selbst besitzen zu müssen.

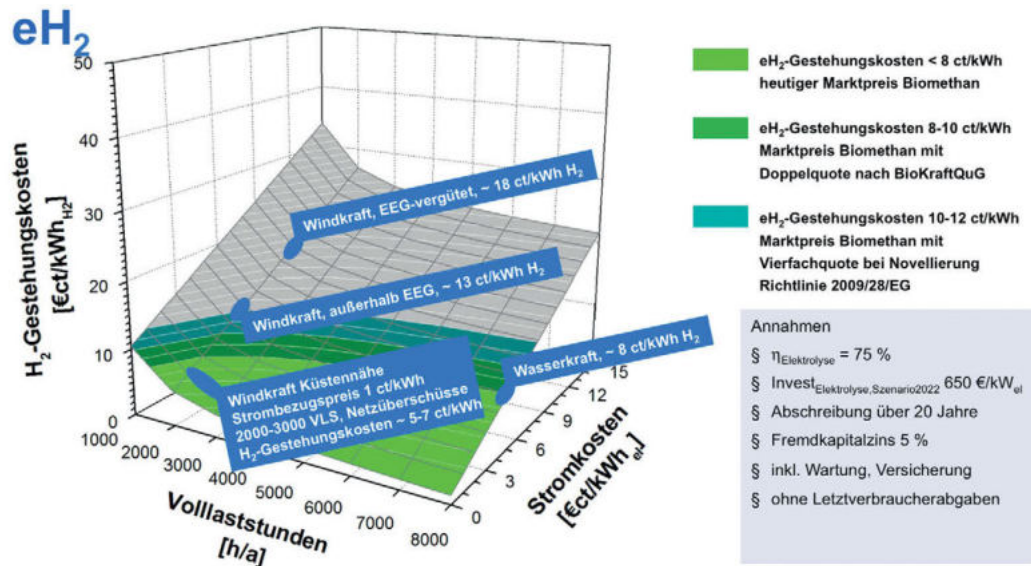
Im Güterverkehr werden neben technischen Lösungen im Bereich des Antriebsstranges auch weiterhin Biokraftstoffe zur Emissionsminderung eingesetzt. Im Rahmen der infrastrukturseitigen Restriktionen wird auch Verkehr von der Straße auf die Schiene verlagert.

## Gestaltung der Phasenübergänge

Den Übergang von der ersten zur zweiten Phase aktiv zu begleiten, zu beschleunigen und mitzugestalten ist auch Verkehrssektor möglich.

Ein Beispiel hierfür ist das innovative Car-Sharing-Konzept „Car2Go“, das in einigen Städten ausschließlich mit Elektrofahrzeugen betrieben wird. So führt das einfache, auf den Gesetzen der Stochastik beruhende Konzept, dass bei einer ausreichend gro-

Abbildung 3  
 Kostenkalkulation  
 für erneuerbaren  
 Wasserstoff  
 (Quelle: Interne Berechnung  
 des ZSW)



ßen Anzahl an Nutzern, jeder Nutzer jederzeit innerhalb einer akzeptablen Distanz ein Fahrzeug finden und nutzen kann, zu einem deutlichen Vorteil gegenüber herkömmlichen Car-Sharing-Konzepten, da das Fahrzeug im Gegensatz zu anderen Konzepten am Ende der Fahrt einfach abgestellt werden kann und nicht an den Ausgangspunkt oder einen Abholplatz gebracht werden muss. Die so erzielbare sehr hohe Flexibilität spricht insbesondere junge Nutzer an. In Verbindung mit Elektrofahrzeugen, die mit erneuerbarem Strom betankt werden, wird schnell eine Vielzahl an Nutzern an die Elektromobilität herangeführt und die Akzeptanz steigt schnell.

Ein weiteres Beispiel für die aktive Beschleunigung des Phasenüberganges durch die Forschungs- und Entwicklungsleistung einiger Mitgliedsinstitute des FVEE sind die strombasierten Kraftstoffe. Hier werden im Rahmen eines Pilotprojekts Wasserstoff und Methan aus erneuerbarem Strom für den Einsatz im Verkehrssektor erzeugt.

Erste Kalkulationen zeigen, dass unter bestimmten Bedingungen bereits heute ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb und die Erzeugung eines Kraftstoffes zu wettbewerbsfähigen Preisen möglich sein können.

Wenn mit erneuerbarem Strom elektrolytisch erzeugter Wasserstoff als Kraftstoff mehr als eine Nischenanwendung werden soll, sind erhebliche Infrastrukturinvestitionen erforderlich. Denn die entsprechende Betankungsinfrastruktur ist eine zentrale Voraussetzung für die Investition in und die Verbreitung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen und vice versa. In diesem Sinne ist der vom Bundesministerium für

Verkehr und digitale Infrastruktur geförderte Aufbau eines 50 Wasserstoff-Tankstellen [4] umfassenden Netzes entlang der Transitachsen in Deutschland ebenfalls ein wichtiger Beitrag zur Beschleunigung des Übergangs in die nächste Transformationsphase.

3. Der Aufbau von Infrastrukturen ist insbesondere mit Blick auf die angestrebte *dritte Phase* des Transformationsprozesses erforderlich, die durch den verbreiteten Einsatz aller Formen der Elektromobilität im Personen- sowie im Güterverkehr gekennzeichnet sein sollte.

Biokraftstoffe kommen dann nur noch in den Bereichen zum Einsatz, in denen weder elektrische Antriebe noch strombasierte Kraftstoffe eine Alternative darstellen – sei es aus technischen oder ökonomischen Gründen. Auf diese Weise stehen die wertvollen biogenen Kohlenstoffquellen weiter für ein breites Anwendungsspektrum zur Verfügung.

Neben einer hohen intermodalen Vernetzung werden auch heute noch nicht in der Anwendung befindliche technische Lösungen, beispielsweise autonomes Fahren, den Verkehrssektor prägen. Die Bedeutung des Schienen- gegenüber der des Straßenverkehrs sollte deutlich zunehmen, sofern entsprechende Lösungen für Infrastrukturengpässe gefunden werden.

Auch wenn es gerade im Verkehrssektor so scheint, als stünde der Transformationsprozess zu einer nachhaltigen und klimafreundlichen Mobilität noch ganz am Anfang, zeigen Szenarienrechnungen des DLR mit dem Modell VEKTOR 2, dass auch in diesem Sektor die Energiewende erfolgreich umgesetzt werden

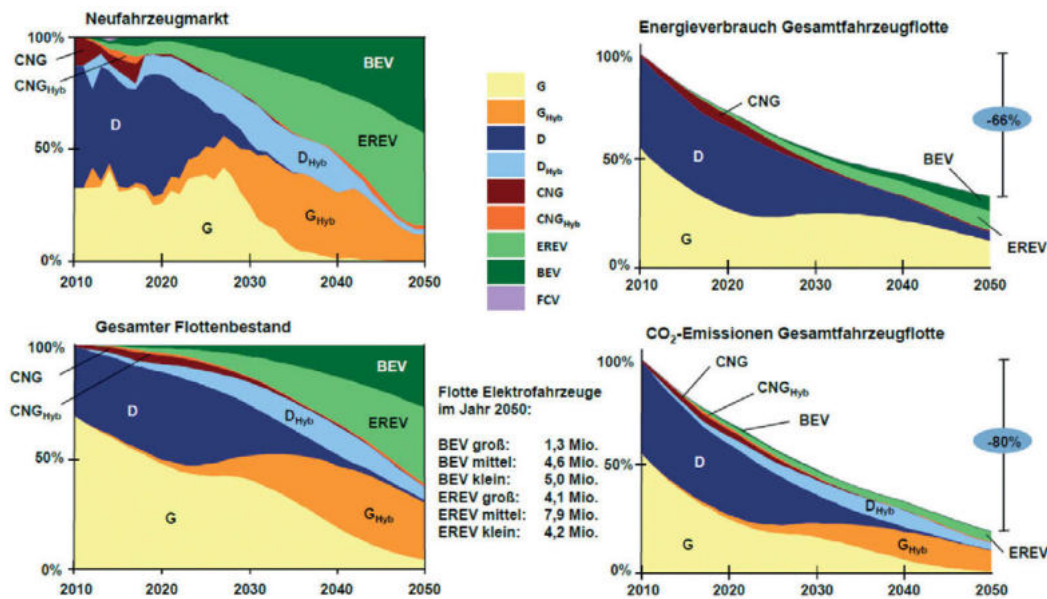


Abbildung 4

**Szenario mit Erreichung der Treibhausgas-minderungsziele:**  
Entwicklung der Neufahrzeugflotte gegenüber dem Fahrzeugbestand  
(Quelle: DLR)

kann und die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um 80 % gesenkt werden können. Die Institute des FVEE werden mit ihren Arbeiten weiter zur Beschleunigung des Transformationsprozesses beitragen und die Phasenübergänge mitgestalten.

## Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2013); Hütter, Andrea; Verkehr auf einen Blick, Wiesbaden, April 2013.
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.); Kraftstoffverbrauch in Millionen Litern, Verkehr in Zahlen 2013/2014, abrufbar unter:  
<http://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffverbrauch-nach-energietraegern>
- [3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, ein gutes Stück Arbeit. Die Energie der Zukunft – Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende, Berlin, Dezember 2014, abrufbar unter:  
[http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/MonitoringEnergiederZukunft/fortschrittsberichtlang.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/MonitoringEnergiederZukunft/fortschrittsberichtlang.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur  
[http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2012/125-ramsauer-wasserstoff-tankstellen.html?linkToOverview=DE/Presse/Pressemitteilungen/pressemitteilungen\\_node.html%3Fgtp=36166\\_list%25253D1](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2012/125-ramsauer-wasserstoff-tankstellen.html?linkToOverview=DE/Presse/Pressemitteilungen/pressemitteilungen_node.html%3Fgtp=36166_list%25253D1)