

Schlussbericht

Optimierung der Fahrzeugflotte des Landschaftsverbandes Rheinland (LVR)

Gutachten zur Auswertung der technologischen Weiterentwicklung des Fahrzeugmarkts zur Einkaufsoptimierung der Fahrzeugflotte des Landschaftsverbandes Rheinland

im Auftrag des
Landschaftsverbandes Rheinland
(LVR)
Fachbereich Umwelt

DE-50663 Köln

Projektleiter
Dr. S. Rommerskirchen

N. Anders (ProgTrans)
A. Auf der Maur (ProgTrans)

S. Straßburg (Prognos)

Inhalt	Seite
Abkürzungen	III
1 Hintergrund, Zielsetzung und generelle Vorgehensweise des Gutachtens	1
2 Aktuelle Fahrzeugmarktentwicklung	3
2.1 Personenkraftwagen	3
2.2 Leichte Nutzfahrzeuge mit zulässigem Gesamtgewicht unter 3,5 t	5
3 Mittelfristige Entwicklungsperspektiven	7
3.1 Technischer Fortschritt im PKW- und LNF-Segment aus Sicht der Automobilindustrie	7
3.1.1 Benzinfahrzeuge	7
3.1.2 Dieselfahrzeuge	8
3.1.3 Erdgasfahrzeuge	9
3.1.4 Flüssiggasfahrzeuge	10
3.1.5 Hybridfahrzeuge	11
3.1.6 Elektrofahrzeuge	12
3.1.7 Zusammenfassung	13
3.2 Politische Rahmenbedingungen	14
3.2.1 Förderung von alternativen Antriebstechnologien	14
3.2.2 Kraftstoffe	16
3.2.3 CO ₂ -Grenzwerte für Fahrzeughersteller	17
3.2.4 Abgasnorm Euro 6	18
3.2.5 Zusammenfassung	18
3.3 PKW- und LNF-Prognosen nach Antriebsarten	19
3.3.1 PKW-Bestandsentwicklung bis 2020	19

3.3.2	LNF-Bestandsentwicklung bis 2020	21
3.3.3	Zusammenfassung	22
4	Analyse des LVR-Fuhrparks	23
4.1	Antriebsstruktur	23
4.2	Umweltplakette	26
4.3	Durchschnittliche CO ₂ -Werte	26
4.4	Altersstruktur der Flotte	28
4.5	Zusammenfassung	29
5	Verbesserungspotenziale und Modell zur Bewertung der LVR-Flotte	30
5.1	Berücksichtigung der ökologischen Kriterien	30
5.2	Modell zur ökonomischen und ökologischen Bewertung der Antriebe für den Beschaffungsvorgang	31
5.2.1	Aufbau und Funktionalitäten	31
5.2.2	Bewertungskriterien: Definition und Wertegerüst	32
5.2.3	Bewertung	39
6	Fazit	40
	Anhang	A-1
	Quellenverzeichnis	A-1

Abkürzungen

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CNG	Compressed Natural Gas
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
kWh	Kilowattstunde
LKW	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge mit zulässigem Gesamtgewicht unter 3,5 t
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LVR	Landschaftsverband Rheinland
NO _x	Stickoxide
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWh	Megawattstunde
NMCH	Nichtmethane-Kohlenwasserstoffe
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PKW	Personenkraftwagen
SCR-Katalysator	Katalysator mit Selektiver katalytischer Reduktion
Vot	Value of time
zGG	zulässiges Gesamtgewicht

1 Hintergrund, Zielsetzung und generelle Vorgehensweise des Gutachtens

(1) Die Arbeitsgemeinschaft ProgTrans AG (Basel) / Prognos AG (Basel) wurde mit Schreiben vom 20.03.2013 mit der Erstellung eines Gutachtens zur Auswertung der technologischen Weiterentwicklung des Fahrzeugmarkts zur Einkaufsoptimierung der Fahrzeugflotte des Landschaftsverbandes Rheinland (LVR) beauftragt.

(2) Die genannte Untersuchung stellt eine wichtige Grundlage zur Unterstützung der für den LVR-Fuhrpark verantwortlichen Personen dar, bei anstehenden Fahrzeugbeschaffungen dem Umwelt- und Vergabeausschuss des LVR einen ökologisch vertretbaren und wirtschaftlich tragbaren Beschaffungsvorschlag zu machen.

(3) Mit dieser Arbeit soll eine Grundlage zur Berücksichtigung ökologischer Kriterien beim Beschaffungsvorgang und zur Überprüfung der prinzipiellen Eignung der einzelnen Antriebstechnologien im Hinblick auf die Einsatzmuster der LVR-Flotte und die örtlichen Gegebenheiten an den verschiedenen LVR-Standorten entwickelt werden. Darüber hinaus sollen mittel- und längerfristige Aussagen zur Fahrzeugmarkt-Entwicklung erstellt sowie die mittelfristigen Verbesserungspotenziale beim LVR-Fuhrpark aufgezeigt werden.

(4) Als Betrachtungszeitraum war die Entwicklung bis ins Jahr 2020 abzubilden. Antriebsvarianten, die in dieser Frist voraussichtlich nicht die Marktreife erreichen werden (Wasserstoff oder Brennstoffzelle), wurden bei dieser Bewertung nicht berücksichtigt.

(5) Für die Bewertung wurden relevante ökologische und ökonomische Bewertungskriterien festgelegt. Diese Kriterien berücksichtigen die technische Zuverlässigkeit und wirtschaftliche Effizienz sowie die ökologischen Ansprüche des LVR. Das Wertegerüst für einzelne Kriterien wurde aus wissenschaftlichen Studien, öffentlichen Quellen und Statistiken abgeleitet. Die Eignung der einzelnen Antriebstechnologien wurde in Verbindung mit den Einsatzmustern der Fahrzeuge geprüft und basiert auf dem Wertegerüst. Das speziell für die Bewertung entwickelte Excel-basierte Modell stützt sich auf die Eingangsdaten zu den Einsatzmustern, setzt Bewertungskriterien ein, bewertet und vergleicht Antriebe miteinander und erstellt anschließend ein Ranking der Antriebe.

(6) Das vorliegende Gutachten gibt auch einen Ausblick auf die mittelfristigen Entwicklungsperspektiven auf dem Fahrzeugmarkt, fasst die sich daraus ergebenden Konsequenzen im Hinblick auf die Fuhrpark-Optimierung beim LVR zusammen, beschreibt das Modell zur Antriebsbewertung, dokumentiert Werte und Annahmen zu den Bewertungskriterien und zeigt Verbesserungspotenziale für die LVR-Fahrzeugflotte auf.

2 Aktuelle Fahrzeugmarktentwicklung

Nachfolgend wird ein Rückblick auf die Entwicklung des Fahrzeugmarktes der letzten fünf Jahre nach Antriebsarten gegeben. Bei den Fahrzeugarten wird hier nach Personenkraftwagen (PKW) und den leichten Nutzfahrzeugen (LNF) mit zulässigem Gesamtgewicht (zGG) unter 3,5 t unterschieden.

2.1 Personenkraftwagen

(1) Zur Übersicht über den aktuellen Fahrzeugbestand in Deutschland wurde die Kfz-Bestandsstatistik des KBA nach Antriebsarten ausgewertet. Für den Betrachtungszeitraum wurden nur die Jahre 2008 bis 2012 respektive 2013 für PKW gewählt. Die Wahl des Zeitraumes ist mit der Einführung der alternativen Antriebe begründet. Durch den autonomen technischen Fortschritt und die staatliche Förderung sind die alternativen Antriebe erst ab 2008 im Bestand „sichtbar“.

(2) Die konventionellen Antriebe (Otto¹- und Dieselmotoren) im PKW-Segment sind zu Beginn des Jahres 2013 mit einem Anteil von 98,6 % die mit Abstand meist genutzten Antriebe (siehe Tabelle 1). Darunter sind knapp 70 % Benzin- und 29 % Dieselantriebe. Die restlichen 1,4 % aller in Deutschland angemeldeten PKW verteilen sich auf „alternative“ Antriebsformen wie gasbetriebene Fahrzeuge, Hybrid- und Elektroautos.

Tabelle 1: Entwicklung des Bestands der PKW zwischen 2008 und 2013 in Deutschland

Bestand Pkw (in Tsd.) ¹	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Anteil 2013
Benzin	30'905.2	30'639.0	30'449.6	30'487.6	30'452.0	30'206.5	69.55%
Diesel	10'045.9	10'290.3	10'817.8	11'266.6	11'891.4	12'578.9	28.96%
Flüssiggas (einschl. bivalent)	162.0	306.4	369.4	418.7	456.3	494.8	1.14%
Erdgas (einschl. bivalent)	50.6	60.7	68.5	71.5	74.9	76.3	0.18%
Elektro	1.4	1.5	1.6	2.3	4.5	7.1	0.02%
Hybrid	17.3	22.3	28.9	37.3	47.6	64.9	0.15%
Sonstige	1.1	0.9	1.8	17.6 ²	1.0	2.6	0.01%
Gesamt	41'183.6	41'321.2	41'737.6	42'301.6	42'927.6	43'431.1	100.00%

¹ Bestand zum 1. Januar des jeweiligen Jahres

² Die auffallend hohe Zahl sonstiger Fahrzeuge in 2011 ist auf einen Erfassungsfehler beim verschlüsselten Einlesen der Fahrzeugpapiere in die KBA-Datenbank zurückzuführen (Nachfrage bei KBA per 14.05.2013)
Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Datenbasis KBA (2013), ProgTrans-eigene Auswertung

¹ Verbrennungsmotor, bei dem das im Zylinder befindliche Gemisch aus Kraftstoff und Luft durch einen elektrischen Funken gezündet wird. Quelle: <http://www.duden.de>

(3) Unter den konventionellen Verbrennungsmotoren dominieren Benzinfahrzeuge, obgleich ihr Anteil stets zurückgeht, u.a. zugunsten von Dieselfahrzeugen und gasbetriebenen Autos. Ein steigender Anteil der Dieselfahrzeuge ist bei den gewerblichen Zulassungen zu beobachten. Rund 10 % des gesamten Fahrzeugbestandes wird gewerblich genutzt. Die gewerblichen Halterinnen und Halter, die meist ein Vielfahrer-Segment repräsentieren, bevorzugen in der Regel Dieselfahrzeuge, die sie nach einer zwei- bis dreijährigen-Leasingdauer mit einer hohen Fahrleistung an den Markt zurückgeben. Dort werden sie zu einem günstigeren Preis (im Vergleich zum Anschaffungspreis für Neufahrzeuge) von privaten Nutzern erworben und weitere fünf bis zehn Jahre genutzt.

(4) Unter den alternativen Antriebsformen sind die gasbetriebenen Fahrzeuge (mit Flüssiggas (LPG) und Erdgas (CNG)) überproportional vertreten. Innerhalb der Gasantriebe haben speziell die Flüssiggasfahrzeuge in den letzten Jahren in Deutschland deutlich zugenommen. Dies ist nicht zuletzt auf die steuerliche Begünstigung von LPG als Kraftstoff sowie die relativ unkomplizierte Umrüstung vom Benzin- zum LPG-Motor zurückzuführen. Deren Anteil am Gesamtbestand liegt dennoch unter 2 %.

(5) Der hohe Anteil der Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben ist u.a. durch deren lange Lebensdauer und relativ hohe Neuzulassungszahlen (siehe Tabelle 2) zu erklären. Das bedeutet, dass eine große Anzahl an Fahrzeugen in den Bestand aufgenommen wird und dort relativ lange - schätzungsweise 10 bis 15 Jahre, je nach Antrieb - bleibt. Jedes Jahr kommen neue Benzin- und Dieselfahrzeuge dazu. Analog zum Fahrzeugbestand machen die konventionellen Antriebe mit 98,7 % auch die Mehrheit aller Neuzulassungen aus.

Tabelle 2: Entwicklung der PKW-Neuzulassungen zwischen 2008 und 2012 in Deutschland

Neuzulassungen Pkw (in Tsd.)	2008	2009	2010	2011	2012	Anteil 2012
Benzin	1'696.0	2'608.8	1'669.9	1'651.6	1'555.2	50.45%
Diesel	1'361.5	1'168.6	1'221.9	1'496.0	1'486.1	48.21%
Flüssiggas (einschl. bivalent)	14.2	11.1	8.2	4.9	11.5	0.37%
Erdgas (einschl. bivalent)	11.9	10.1	5.0	6.3	5.2	0.17%
Elektro	0.0	0.2	0.5	2.2	3.0	0.10%
Hybrid	6.5	8.4	10.7	12.6	21.4	0.70%
Sonstige	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.00%
Gesamt	3'090.0	3'807.2	2'916.3	3'173.6	3'082.5	100.00%

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Datenbasis KBA (2013), ProgTrans-eigene Auswertung

(6) Im Segment der Hybridfahrzeuge ist ein deutliches Wachstum bei den Neuzulassungen erkennbar. Auch bei den elektrisch angetriebenen PKW kann ein deutlicher Zuwachs verzeichnet werden auch wenn diese Fahrzeuge weiterhin ein Nischendasein genießen. Trotz stets steigender Zahlen bei Neuzulassungen - in 2012 wurden über 3.000 PKW zugelassen – betrug die Anzahl der Elektroautos im Gesamtbestand im Jahr 2012 nur 4.500 Fahrzeuge, was einem Anteil von etwa 0,01 % entspricht. Neben steigendem Interesse, ökologischem Bewusstsein und teilweise wohl auch aus betrieblichen Imagegründen sowie der staatlichen Förderung dürften Gründe für die steigenden Zulassungszahlen sein. Dennoch werden die Elektroautos in den nächsten Jahren weiterhin nur ein kleines Segment des PKW-Bestands darstellen.

(7) Zusammenfassend ist festzustellen, dass die konventionellen Antriebe sowohl beim Fahrzeugbestand als auch bei den Neuzulassungen dominieren. Die Anzahl der gasbetriebenen Fahrzeuge nimmt stetig zu und ergänzt den Bestand. Ihre Anzahl ist jedoch noch sehr gering. Die Anteile anderer alternativer Antriebe liegen sowohl beim Bestand als auch bei den Neuzulassungen jeweils unter einem Prozent.

2.2 Leichte Nutzfahrzeuge mit zulässigem Gesamtgewicht unter 3,5 t

(1) Bei den leichten Nutzfahrzeugen (LNF) unter 3,5 t zGG sind vergleichbare Entwicklungstendenzen wie bei den PKW zu beobachten. Im Bestand dominieren konventionelle Antriebe; vorwiegend Diesel (in 2012 gut 92 %). Die alternativen Antriebe machten im Jahr 2012 nur 1,4 % des LNF-Bestands aus. Die Anzahl der LNF mit alternativen Antrieben steigt jedoch, wie die Tabelle 3 zeigt.

(2) Die Benziner spielen im Wirtschaftsverkehr eine untergeordnete Rolle, gefolgt von erdgas- und flüssiggasbetriebenen Fahrzeugen. Die erdgasbetriebenen Fahrzeuge spielen bei den LNF eine wichtigere Rolle als bei den PKW. Der Grund für die höheren Zahlen ist die Wirtschaftlichkeit des Antriebs; speziell die niedrigeren Kraftstoffpreise in Verbindung mit einer hohen jährlichen Fahrleistung.

Tabelle 3: *Entwicklung des Bestands der leichten Nutzfahrzeuge mit zulässigem Gesamtgewicht unter 3, t zwischen 2008 und 2012 in Deutschland*

Bestand LNF (in Tsd.) ¹	2008	2009	2010	2011	2012	Anteil 2012
Benzin	146.5	142.2	138.3	133.9	130.2	6.54%
Diesel	1'603.4	1'640.5	1'687.8	1'749.4	1'831.5	92.07%
Flüssiggas (einschl. bivalent)	2.3	4.6	6.1	7.4	8.7	0.44%
Erdgas (einschl. bivalent)	11.9	14.1	15.6	16.4	16.9	0.85%
Elektro	0.9	0.9	0.9	1.1	1.5	0.07%
Hybrid	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.01%
Sonstige	0.2	0.2	0.4	0.9	0.4	0.02%
Gesamt	1'765.2	1'802.6	1'849.1	1'909.2	1'989.2	100.00%

¹ Bestand zum 1. Januar des jeweiligen Jahres
Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Datenbasis KBA (2012), ProgTrans-eigene Auswertung

(3) Die Elektro-LNF haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, so dass im Jahr 2012 erstmals gleich viele LNF mit Elektroantrieb wie mit Erdgasantrieb neu zugelassen wurden (siehe Tabelle 4). Die meisten LNF werden jedoch im Dieselsegment neu zugelassen. Alle anderen Antriebe spielen eher eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 4: *Entwicklung der Neuzulassungen der leichten Nutzfahrzeuge mit zulässigem Gesamtgewicht unter 3,5 t nach Antriebsarten zwischen 2008 und 2012 in Deutschland*

Neuzulassungen LNF (in Tsd.)	2008	2009	2010	2011	2012	Anteil 2012
Benzin	8.3	8.1	7.6	7.3	6.5	2.83%
Diesel	206.5	154.1	182.8	219.4	219.7	95.93%
Flüssiggas (einschl. bivalent)	0.8	0.5	0.3	0.5	0.5	0.23%
Erdgas (einschl. bivalent)	2.7	2.2	1.4	1.3	1.1	0.50%
Elektro	0.0	0.1	0.2	0.4	1.1	0.49%
Hybrid	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.00%
Sonstige	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.01%
Gesamt	218.4	165.1	192.4	229.0	229.0	100.00%

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Datenbasis KBA (2012), ProgTrans-eigene Auswertung

(4) Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Mehrheit der Fahrzeuge mit konventionellen Verbrennungsmotoren ausgestattet ist. Innerhalb der konventionellen Antriebe gewinnt Diesel weiterhin an Bedeutung. In Verbindung mit der Abgasnorm Euro 6 und der im Jahr 2018 möglicherweise auslaufenden Förderung der gasförmigen Kraftstoffe werden andere Antriebe kommen (müssen), wenn auch vorerst auf einem relativ niedrigen absoluten Niveau.

3 Mittelfristige Entwicklungsperspektiven

In diesem Kapitel werden Ausblicke auf die mittelfristige Entwicklung aus Sicht der Automobilindustrie (Kap. 3.1) und der Politik (Kap. 3.2) gegeben. In Kapitel 3.3 werden schließlich die Prognosen nach Antriebsarten bis zum Jahr 2020 dokumentiert.

3.1 Technischer Fortschritt im PKW- und LNF-Segment aus Sicht der Automobilindustrie

(1) Die Automobilindustrie muss einerseits der Nachfrage nach individueller Mobilität gerecht werden, andererseits ist der starke Gestaltungswille der Politik spürbar. Trotz der Ressourcenknappheit und der steigenden Rohölpreise behalten Mobilität und Verkehr einen hohen Stellenwert. Die Nutzerinnen und Nutzer sowie die Politik verlangen nach umweltfreundlichen Fahrzeugen. Das stellt die Automobilindustrie vor die Herausforderung, die Mobilität und damit auch den Verkehr umweltfreundlich und energieeffizient zu gestalten.

(2) Angesichts dieser Herausforderung hält die Automobilindustrie an folgender Strategie fest: Einsparen, Ergänzen und Ersetzen.² Das Einsparen steht für weitere Energieeinsparungen bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Die Automobilindustrie setzt auf die Optimierung der Verbrennungsmotoren und reagiert damit auf die Nachfrage der letzten Jahre. Das Ergänzen steht für die Erweiterung der Kraftstoffpalette um biogene, nicht in Konkurrenz mit Nahrungsmitteln stehende, Kraftstoffe. Das Ersetzen bedeutet Entwicklung von alternativen Antrieben (vorwiegend Elektrizität), welche die konventionellen Antriebe ablösen (können).³

3.1.1 Benzinfahrzeuge

(1) Der Benzinmotor war im PKW-Segment bis ca. ins Jahr 1990 der dominierende Antrieb. Auch heute – 20 Jahre später – beträgt sein Anteil knapp 70 %. In den letzten Jahren konnte der Benzinantrieb stets optimiert werden.

(2) Der Fokus der technologischen Optimierung der Otto-motoren liegt auf der Verbesserung der Effizienz. Aktuell auf dem Markt vorhandene Benzinfahrzeuge sind effizienter im Energieverbrauch und emittieren somit auch we-

² Vgl. VDA (2010), S. 4

³ Vgl. ebd.

niger CO₂. Die neueste Generation ist unter anderem mit „Downsizing“ des Hubraums, Direkteinspritzung, Stopp-Start-Technologie und einem intelligenten Thermomanagement ausgestattet.⁴ Bis zu 30 % Kraftstoffeinsparung kann durch diese Innovationen.⁵ Reduktion beim Kraftstoffverbrauch senken auch die betrieblichen Kosten für ein Fahrzeug.

(3) Mit zunehmend verschärften Abgasnormen rückt der Feinstaub-Ausstoß von Ottomotoren in den Fokus. Die Abgasnorm Euro 6 zielt auf die Verringerung des Feinstaub-Ausstoßes. Mit dieser Norm sollen die Ottomotoren ab 2017 nur so viel Feinstaub emittieren wie die Dieselmotoren. Eine Aufrüstung mit einem Partikelfilter ist für ein Benzinfahrzeug zu teuer, sodass motorensseitige Technologien zum Einsatz kommen müssen.⁶

3.1.2 Dieselfahrzeuge

(1) Die technologische Optimierung der Dieselfahrzeuge hat dazu geführt, dass Direkteinspritzung und Turboauflader⁷ sowie Stopp-Start-Systeme⁸, intelligentes Thermomanagement und verkleinerter Hubraum zum Stand der Technik gehören.⁹ Darüber hinaus wird die neueste Generation der Dieselfahrzeuge u.a. mit weniger Zylindern und mit Hochdruck-Mehrfacheinspritzung ausgestattet. In den letzten zehn Jahren konnte eine Verbrauchsreduktion von knapp 25 % erreicht werden. Die Möglichkeiten der Dieselfahrzeuge im Hinblick auf Energieeffizienz sind damit nicht ausgeschöpft: eine weitere Einsparung ist durch Hybridisierung möglich.¹⁰

(2) Auch die Abgaswerte haben sich bei Dieselfahrzeugen verbessert. Heute sind diese im Hinblick auf die Schadstoff-Emissionen vergleichbar mit Benzinern. Eine Abgasrückführung mit Bypass-Kanal und optimierte Kühlung tragen zur Reduktion der Stickoxid (NO_x) Emission bei.¹¹

(3) Weitere Innovationen zur NO_x-Reduktion werden bald auf den Markt gebracht beispielweise Fahrzeuge mit NO_x-Speicherkatalysator oder mit Selektiver Katalytischer Reduktion (SCR-Katalysator).¹² Im SCR-Katalysator werden Stickoxide mittels der AdBlue®-Nachbehandlung der Abgase stark

4 Vgl. VDA (2013a), S. 134.

5 Vgl. ebd.

6 Vgl. <http://www.amz.de/der-grosse-sprung/150/1728/71509/>; Zugriff 29.07.2013

7 Mit einer Abgasturbine arbeitende Vorrichtung zum Aufladen eines Motors. Quelle: <http://www.duden.de>

8 Technische Einrichtung, die beim Halt des Fahrzeugs den Motor abschaltet und ihn beim Betätigen des Gaspedals wieder startet. Quell: <http://www.duden.de>

9 Vgl. VDA (2013a), S. 134.

10 Vgl. ebd.

11 Vgl. VDA (2013b), S. 4.

12 Vgl. ebd.

reduziert. Die mit dieser Technologie – bekannt als clean diesel, BlueTec, BluePerformance, BlueInjection und ECONetic – ausgerüsteten Fahrzeugmodelle erfüllen die Abgasnorm Euro 6, die 2014 in Kraft treten wird.¹³

(4) Die technologische Aufrüstung der Dieselfahrzeuge wird möglicherweise zu mehr Kraftstoffverbrauch und somit zu mehr CO₂- und Schadstoff-Emissionen führen.¹⁴

3.1.3 Erdgasfahrzeuge

(1) Die erdgasbetriebenen Fahrzeuge – auch als Compressed Natural Gas (CNG)-Fahrzeuge bekannt – erlauben eine Reduktion der CO₂-Emissionen. Der Erdgasantrieb ist wesentlich umweltfreundlicher als beispielweise der Diesel- oder Benzinantrieb und trägt zu umweltgerechter Mobilität bei. Ein erdgasbetriebenes Auto verursacht – je nach Wirkungsgrad des Motors – rund 25 % weniger CO₂-Emissionen als ein Benzinfahrzeug und weniger Stickoxidemissionen und Feinstaubpartikel als ein Dieselfahrzeug. Verwendet man aus regenerativen Quellen gewonnenes Biogas, verbessert sich die CO₂-Bilanz weiter (siehe Exkurs Biogas am Ende dieses Unterkapitels). Aufgrund dieser Eigenschaften erfüllt das gasbetriebene Fahrzeug bereits heute die strengen Euro 6-Normen. Die abgasarmen Fahrzeuge können ohne Ausnahmegenehmigung in Städten mit hoher Luftbelastung unterwegs sein.¹⁵

(2) Aktuell gibt es 14 PKW-Modelle mit Erdgasantrieb auf dem Markt in Deutschland.¹⁶ Neben VW-Fahrzeugen wie Passat, Touran, Caddy und up! wird ab Ende 2013 ein Audi A3 mit Erdgasantrieb angeboten.¹⁷ Trotz der Vielfältigkeit des Marktangebotes und der Umweltvorteile stellen diese Fahrzeuge nur 0,18 % des Bestandes dar. Bei Flottenbeschaffung durch Unternehmen der öffentlichen Hand bleiben die Umweltvorteile oft unberücksichtigt, da der Mehrpreis der Erdgasfahrzeuge ein Ausschlusskriterium im Rahmen einer stark preisbewussten und kameralistisch geprägten Beschaffungsstrategie darstellt.¹⁸

(3) Die geringe Erdgas-Tankstellen-Dichte ist ein weiterer Nachteil bei der Marktausbreitung der Erdgasfahrzeuge. Derzeit gibt es deutschlandweit 900 Tankstellen. Gemessen an der aktuellen Anzahl der Tankstellen in Deutsch-

13 Vgl. VDA (2013b), S. 5

14 Vgl. <http://www.amz.de/der-grosse-sprung/150/1728/71509/>; Zugriff 29.07.2013

15 Vgl. dena (2011), S. 28

16 Vgl. VDA (2013b), S. 138.

17 Vgl. <http://www.erdgasmobilitaet.info/inhalte-und-ziele/fahrzeugangebot-und-fahrzeugvermarktung.html>; Zugriff 11.07.2013

18 Vgl. dena (2011), S.28

land zu Beginn des Jahres 2013 – insgesamt 14.678 Tankstellen¹⁹ – machen Erdgastankstellen gerade 6 % aus. Die geringe Dichte der Tankstellen hängt mit den hohen Investitionskosten für den Ausbau zusammen.²⁰

Exkurs zu Bio-Erdgas²¹

Für die Biogasproduktion stehen Substrate bzw. Rohstoffe aus dem landwirtschaftlichen Sektor (etwa Ernterückstände und tierische Exkremete) dem gewerblichen bzw. industriellen Sektor (etwa Reststoffe der Lebensmittelherstellung) sowie dem Abfallsektor (etwa organische Klärschlämme oder Biomüll) zur Verfügung. Die höchsten Potenzialausweitungen für Biogassubstrate werden in den Bereichen landwirtschaftliche Reststoffe und nachwachsende Rohstoffe erwartet, wobei innerhalb des Energiepflanzenanbaus wie Mais, Getreide oder auch Zuckerrüben die deutlich größten Potenzialzuwächse liegen.

Im Gegensatz zu fossil gefördertem Erdgas, verbrennt Biogas in einer Lebenswegbetrachtung (Ökobilanz) klimaneutral. Die lokalen CO₂-Emissionen, die direkt bei der Verbrennung entstehen, haben die gleiche Größenordnung wie bei fossilem Erdgas. Die Energiepflanzen haben jedoch das CO₂, welches bei Biogas freigesetzt wird, während des Wachstums gebunden. Unberücksichtigt bleibt die Energie zur Felder Bewirtschaftung.

Grundsätzlich sind im Rahmen der Bereitstellung von Biomasse für die Produktion von Biomethan auch mögliche Konkurrenzsituationen mit in Betracht zu ziehen. Die Ausweitung des Energiepflanzenanbaus kann regional Konkurrenzen in Bezug auf die verfügbare landwirtschaftliche Anbaufläche hervorrufen. Die verstärkte Verwendung von Biomasse für die Bereitstellung von Wärme und Strom sowie als Kraftstoff ruft eine zusätzliche Nachfrage nach land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen als auch Nebenprodukten, Reststoffen sowie Rückständen hervor.

Eine reine Bilanzierung der CO₂-Emissionen bei Biogas greift zu kurz. In diesem Gutachten wird aus den oben genannten Gründen nicht weiter auf Biogas eingegangen.

3.1.4 Flüssiggasfahrzeuge

(1) Flüssiggas ist in Deutschland auch als Autogas und/oder Liquefied Petroleum Gas (LPG) bekannt und wird als Reinkraftstoff in modifizierten Ottomotoren eingesetzt. Dabei können diese weiterhin auch mit Benzin betrieben werden und stellen einen sogenannten bivalenten Antrieb dar. Im LNF- und Lastkraftwagen (LKW)-Segment existieren umgerüstete Dieselfahrzeuge, welche ebenfalls alternativ mit LPG betankt werden können. Die Umrüstung ist allerdings kostenintensiv.²²

19 Vgl. <http://www.handelsdaten.de/themen/1303/tankstellen-deutschland/>; Zugriff 12.07.2013

20 Vgl. Shell (2013), S. 22.

21 Vgl. dena (2011), S. 15ff

22 Vgl. Shell (2010), S. 42.

(2) LPG als Kraftstoff muss stets auf einer niedrigen Temperatur gehalten werden, damit es im Tank nicht verdampft.²³ Somit empfiehlt sich dieser Antrieb nur regelmäßigen Fahrten. Im PKW-Bestand steht Autogas an dritter Stelle nach Benzin und Diesel. Sein Anteil am PKW-Bestand betrug zum Beginn des Jahres 2013 etwa 1,14 %. Im LNF-Segment spielt Flüssiggas die viertwichtigste Rolle und hat einen Anteil im Jahr 2012 von 0,4 % am Bestand. Die LPG-Fahrzeuge sind grundsätzlich teurer als die Benzin- oder Dieselfahrzeuge, was wiederum mit der Umrüstung des Fahrzeuges zusammenhängt. Die Anschaffung oder Umrüstung der Flüssiggasfahrzeuge ist – im Vergleich zu Diesel – durch tiefere Kraftstoffpreise motiviert. Insbesondere im Liefer- bzw. Wirtschaftsverkehr spielen die Energiekosten bei einer hohen Fahrleistung eine bedeutende Rolle für einen wirtschaftlichen Betrieb. Darüber hinaus ist das Tankstellennetz mit 6.500 Autogastankstellen²⁴ in Deutschland deutlich besser ausgebaut als für CNG.

(3) In einem ökologischen Vergleich zwischen den gasbetriebenen Fahrzeugen hat der Erdgasantrieb geringere CO₂-Emissionen und produziert keine Rußpartikel.²⁵

3.1.5 Hybridfahrzeuge

(1) Der Hybridantrieb trägt zur Elektrifizierung des Antriebsstranges bei und bildet eine Brückentechnologie zwischen Verbrennungsmotoren und den batteriebetriebenen Fahrzeugen. Hier werden elektrische Elemente mit Diesel- oder Benzinmotor kombiniert. Der Elektromotor unterstützt den Verbrennungsmotor und optimiert seinen Betrieb. Die Energie wird durch Rekuperation²⁶ gewonnen, sodass keine externe Aufladung mit Strom notwendig ist.

(2) Die Bauformen des Hybrides haben folgende Differenzierung: Parallel-, Seriell- und Split-Hybrid. Der Unterschied besteht in der Kombination der Aufgaben. Während beim Parallel-Hybrid beide Motoren gleichzeitig das Fahrzeug antreiben können, haben die beiden Maschinen im Seriell-Hybrid getrennte Aufgaben. Im Split-Hybrid werden beide Arten miteinander kombiniert.²⁷ Gegenüber dem Mild-Hybrid, bei dem der Elektromotor lediglich zur Unterstützung des Verbrennungsmotors eingesetzt wird, können beim Full-Hybridantrieb kurze Strecken rein elektrisch gefahren werden.

23 Vgl. Shell (2013), S. 21.

24 Vgl. <http://www.dvfg.de/de/verband/>; Zugriff 18.07.2013

25 Vgl. Burgdorf, J. (2013), S. 90.

26 Rückgewinnung der Energie. So können Hybrid- und Elektrofahrzeuge die Bremsenergie – also die Energie die während eines Bremsvorgangs freigesetzt wird – in die Batterie zurückführen.

27 Vgl. VDA (2010), S. 13

(3) Die Hybridtechnologie ist deutlich teurer als konventionelle Antriebe. Die CO₂-Einsparungen hängen vom Anteil der Fahrleistung im städtischen Verkehr ab, bei dem Energierückgewinnung stattfindet und der Verbrennungsmotor unterstützt wird.

3.1.6 Elektrofahrzeuge

(1) Unter Elektrofahrzeugen – auch E-Fahrzeuge genannt – werden die Plug-in-Hybride und die Fahrzeuge mit Range-Extender zusammengefasst.²⁸

(2) Plug-in-Hybride können zur Aufladung der Batterie an einer externen Station geladen werden. Die Batterie ist grösser und leistungsfähiger als bei Hybridfahrzeugen, somit können längere Strecken rein elektrisch gefahren werden. Der Elektromotor ist effizienter als ein Verbrennungsmotor und wird durch die Batterie gespeist. Die spezifischen Emissionen von Strom sind geringer im Vergleich zu den konventionellen Kraftstoffen.

(3) Beim Range-Extender Electric Vehicle ist der Elektroantrieb der Hauptantrieb. Der Verbrennungsmotor springt bei niedriger Batterieladung an.

(4) Batteriebetriebene Fahrzeuge werden ausschließlich über Elektromotoren angetrieben. Die Batterie ist die teuerste Komponente des Elektrofahrzeugs. Sie hat im Vergleich zu Kraftstoffen eine deutlich geringere Energiedichte und führt somit auch zu einer deutlich eingeschränkten Reichweite je „Ladung“ bzw. „Tankfüllung“. Der Preis hängt linear mit der Kapazität zusammen.²⁹

(5) Aktuell beträgt der Anteil der Elektrofahrzeuge am PKW- sowie LNF-Bestand 0,1 %. Die Verbreitung der E-Fahrzeuge hängt von den Kosten und vor allem von der Kapazität bzw. von der Reichweite ab. Die meisten, aktuell verfügbaren Modelle sind gemäß Herstellerangaben für Reichweiten von bis zu 160 km ausgelegt, doch die Kapazität der Batterie wird durch Witterungsverhältnisse, insbesondere bei Regen und Kälte, wenn die Benutzung der Scheibenwischer oder der Heizung notwendig wird, verringert. E-Fahrzeuge sind für Flotten geeignet, die täglich zwischen 50 und 70 km zurücklegen und somit in der Summe eine hohe Jahresfahrleistung aufweisen ohne aber längere Distanzen am Stück zu fahren.³⁰

28 Vgl. ebd., S. 136.

29 Vgl. Ahrens, A. et al. (2012), S. 12.

30 Vgl. Ahrens, A. et al. (2012), S. 14.

(6) Ein weiterer Punkt, der für die Verbreitung der Elektrofahrzeuge relevant ist, ist die Ladeinfrastruktur. Es gibt eine relativ geringe Anzahl von öffentlichen Ladesäulen. Der Ausbau der Infrastruktur geht mit dem Bedarf einher. Besonders viele Fragen entstehen bei der Bereitstellung öffentlicher Infrastruktur, die ergänzend zum privaten und semi-privaten Bereich entstehen soll. Die Finanzierung und Bereitstellung dürften noch nicht abschließend geklärt sein.³¹ Aktuell verfügt das Bundesland Nordrhein-Westfalen etwa 414 öffentliche E-Säulen, was immerhin 35 % aller öffentlichen E-Tankstellen in Deutschland ausmacht.³²

(7) Bei der Vermarktung der elektrisch angetriebenen Fahrzeuge wird an das Umweltbewusstsein appelliert. Für die gewerblichen Halterinnen und Halter ohne staatliche Förderung spielen bei der Anschaffung neben ökologischen speziell die ökonomischen Argumente eine wesentliche Rolle. Die heute auf dem Markt verfügbaren Modelle sind, wie bereits beschrieben, relativ teuer, haben eine geringe Reichweite und ihr Einsatz ist letztendlich vom Ausbau der Ladeinfrastruktur abhängig.

(8) Bei ökologischen Gesichtspunkten hat das Elektrofahrzeug einige Vorteile, jedoch sind die CO₂-Emissionen vom verwendeten Strommix abhängig. Beim deutschen Strommix sind die CO₂-Emissionen niedriger als bei anderen alternativen Antrieben. Aufgrund der begrenzten Reichweite und der noch nicht ausgebauten Ladeinfrastruktur wird die Elektromobilität zumindest mittelfristig ein Nischenprodukt bleiben.

3.1.7 Zusammenfassung

(1) Die deutsche Automobilindustrie zielt mittelfristig auf eine weitere Optimierung der Verbrennungsmotoren wie Benzin- und Dieselmotor ab, um die Vorgaben zu den CO₂-Grenzwerten zu erreichen (siehe Kap. 3.2.3) und der Abgasnorm Euro-6 zu entsprechen (siehe Kap. 3.2.4). Die Optimierungspotenziale für Energieeinsparungen und Abgasreduktion sind noch nicht ausgeschöpft.

(2) Die Palette der gasbetriebenen Fahrzeuge wird durch die Hersteller erweitert, so dass der Umstieg auf umweltverträglichere Varianten in fast allen Fahrzeugklassen – vom Kleinwagen bis zur Kompaktklasse – möglich gemacht wird.

³¹ Vg. ebd., S. 18

³² Vgl. <http://e-tankstellen-finder.com/at/de/catalog/index/de/0>; Zugriff 12.07.2013

(3) Die Hybridantriebe bilden eine Brückentechnologie zwischen Verbrennungsmotoren und Elektroautos und helfen, Verbrennungsmotoren mit elektrischer Energie zu unterstützen. Verbrauchsreduktion und somit CO₂-Reduktion gegenüber den konventionellen Antrieben sind möglich, hängen aber im Wesentlichen vom Anteil der Fahrleistung ab, welche mit dem elektrischem Motor erbracht wird.

(4) Reine Elektrofahrzeuge bleiben aufgrund der deutlich höheren Preise, der Einschränkungen bezüglich der Reichweite und der Ladeinfrastruktur immer noch ein Nischenprodukt. Mittel- bis längerfristig sind technologische Fortschritte bei den Batterien möglich, welche zu sinkenden Preisen und höheren Reichweiten führen könnten.

3.2 Politische Rahmenbedingungen

(1) Umwelt- und Klimaschutz sowie die Sicherung der Energieversorgung zählen nach der Einschätzung des BMVBS zu den größten Herausforderungen.³³ Auch der Verkehrssektor, der überwiegend auf fossilen Energieträgern aufbaut und stets im Wachstum begriffen ist, muss seinen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Selbstverpflichtung der Automobilindustrie zur CO₂-Reduktion hat in der Vergangenheit die Ziele nicht erreicht. Die Politik definiert Klimaschutzziele (u.a. Kyoto-Protokoll, Weißbuch etc.), unterlegt diese mit konkreten Maßnahmen (u.a. Meseberg-Papier) und setzt entsprechende Rahmenbedingungen.

(2) In den nachfolgenden Unterkapiteln werden ausgewählte, für die mittelfristige Entwicklung des Fahrzeugmarktes relevante, politische Rahmenbedingungen beschrieben.

3.2.1 Förderung von alternativen Antriebstechnologien

(1) Bereits in 2007 hat die Bundesregierung ein integriertes Energie- und Klimaschutzprogramm (sog. Meseberg-Papier) beschlossen. Das Papier enthält 29 Maßnahmen zur zukünftigen Energie- und Klimapolitik. Eine der Maßnahmen ist die Förderung der Elektromobilität (Maßnahme 26).³⁴ Die Elektromobilität soll einen langfristigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Bundesregierung setzt sich außerdem das Ziel, Deutschland zu einem Leitmarkt der Elektromobilität zu entwickeln.³⁵

³³ Vgl. <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/nachhaltige-entwicklung.html>; Zugriff 17.07.2013

³⁴ Vgl. Die Bundesregierung (2007), S. 42

³⁵ Vgl. Die Bundesregierung (2013), S. 10

(2) Die vier für Elektromobilität zuständigen Ressorts der Bundesregierung (BMWi, BMVBS, BMU und BMBF) förderten daraufhin eine Vielzahl von Maßnahmen in einer Gesamthöhe von rund 500 Millionen Euro.³⁶ Die Maßnahmen konzentrierten sich einerseits auf Forschung und Entwicklung, andererseits auf Marktentwicklung und Marktvorbereitung der Elektromobilität. Sie sollen Elektromobilität erfahrbar und bezahlbar machen.

(3) Bei der Forschung und Entwicklung steht die technologische Kompetenz im Vordergrund: Forschung und Entwicklung von Energiespeichern, Elektromotoren, Batteriekomponenten etc. steht hier im Vordergrund. Das Ziel der Forschung ist die Gestaltung einer leistungsfähigen, sicheren und zuverlässigen Elektromobilität, welche die Anforderungen der heutigen Mobilitätsbedürfnissen erfüllt. Aktuell werden laufend neue Fahrzeug-Prototypen entwickelt, die in die Serienproduktion gehen sollen.

(4) Ein wichtiges Kriterium für die Markteinführung und Verbreitung sind die Kosten. Die Elektrofahrzeuge sind teurer als Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben. Für die Unterstützung der Markteinführung sind keine Subventionen beim Anschaffungspreis geplant. Die Bundesregierung will mit ihrem Förderprogramm den Markt für Elektromobilität vorbereiten. Der Wettbewerb und die zu erwartenden Skaleneffekte (Massenproduktion) sollen später den Preis regulieren. Zum Zeitpunkt der Markteinführung werden höhere Kosten von speziellen Kundengruppen – sog. early adopters – durchaus akzeptiert.

(5) Um die Akzeptanz der Nutzerinnen und Nutzer für Elektromobilität zu steigern, sind nicht-monetäre Anreize vorgesehen wie zum Beispiel Maßnahmen im Straßenverkehrsrecht (Sonderparkplätze, Aufhebung von Zufahrtsverboten, Sonderfahrspuren etc.).³⁷ Bislang wurden jedoch keine Fortschritte in der Umsetzung erreicht. Auch steuerliche Anreize sollen zur höheren Akzeptanz beitragen. Derzeit sind rein batteriebetriebene Fahrzeuge von der Kfz-Steuer ausgenommen. Alle Fahrzeuge mit Neuzulassung bis zum 31.12.2015 werden für insgesamt zehn Jahre von der Kfz-Steuer ausgenommen. Auch die Dienstwagenbesteuerung soll zugunsten der Elektrofahrzeuge geändert werden. Die private Nutzung eines Dienstwagens wird derzeit dem zu versteuernden Einkommen zugerechnet. Weil Elektrofahrzeuge derzeit noch sehr viel teurer sind als konventionelle Fahrzeuge wirkt sich diese Regelung ungünstig für die Elektromobilität aus. Dieser steuerliche Nachteil soll abgebaut werden.³⁸

36 Vgl. ebd., S. 6

37 Vgl. Die Bundesregierung (2011), S. 47ff

38 Vgl. ebd., S. 50

(6) In Verbindung mit dem Betrieb der Elektrofahrzeuge entsteht die Frage nach der Ladeinfrastruktur und Energieversorgung. Die beiden Aspekte stellen relevante Voraussetzungen bei der Marktausbreitung der Elektrofahrzeuge dar. Neben der privaten Infrastruktur soll auch öffentlich zugängliche Infrastruktur aufgebaut werden, um das Aufladen von Elektrofahrzeugen jederzeit möglich zu machen. Derzeit gibt es rechtlichen Regelungsbedarf zum Aufbau der Ladeinfrastruktur. Die Bundesregierung strebt eine möglichst flächendeckende Verbreitung der Ladeinfrastruktur an, sieht dies jedoch als Aufgabe der Privatwirtschaft.³⁹ In Schaufensterprojekten werden Erfahrungen der Betreiber und der Nutzer beim Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur genau beobachtet und deren gesetzliche Grundlagen regelmäßig überprüft.⁴⁰ Das Ziel der Bundesregierung ist eine bedarfsgerechte und wirtschaftlich effiziente Infrastruktur.

3.2.2 Kraftstoffe

(1) Die Struktur des Fahrzeugbestands in beiden Segmenten zeigt, dass knapp 99 % der Fahrzeuge entweder einen Diesel- oder einen Benzinantrieb haben. Dabei steigt der Anteil der Dieselfahrzeuge kontinuierlich an. Bereits im letzten Jahr (2012) gab es einen Vorschlag der EU-Kommission, Kraftstoffe nach Energiegehalt und CO₂-Emission zu besteuern. Das hätte für Diesel als Kraftstoff eine Verteuerung bedeutet. Doch das EU-Parlament hat diese Initiative abgelehnt, so dass mittelfristig – zumindest bis 2023 – keine steuerliche Erhöhung für Diesel zu erwarten ist.⁴¹ Ab 2023 soll das sogenannte Äquivalenzprinzip – generelle Angleichung der Steuersätze auch oberhalb der Mindestsätze – umgesetzt werden, das zur Erhöhung des Steuersatzes für Diesel führen würde.⁴²

(2) Der Steuersatz für Erdgas ist gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 1 EnergieStG bis zum 31.12.2018 reduziert. Das Erdgas wird aktuell mit 13,90 Euro/Megawattstunde (MWh) besteuert, während die Steuern für Diesel 47,20 Euro/MWh betragen.⁴³ Es ist zumindest aktuell davon auszugehen, dass die Befristung des reduzierten Energiesteuersatzes in 2018 ausläuft. Auch nach 2018, mit einem regulären Steuersatz (31,80 Euro/MWh),⁴⁴ wird Erdgas bei einer energetischen Betrachtung weiterhin ökonomische Vorteile gegenüber Otto- und Dieselmotoren aufweisen.

39 Vgl. Die Bundesregierung (2011), S. 35

40 Vgl. ebd., S. 38

41 Vgl. <http://www.euractiv.de/energie-und-klimaschutz/artikel/diesel-steuer-viel-wirbel-um-nichts-006221>; Zugriff 18.07.2013

42 Vgl. VDA (2013), S. 115

43 Vgl. ebd., S. 139

44 Vgl. Initiative Erdgasmobilität (2012), S. 36

3.2.3 CO₂-Grenzwerte für Fahrzeughersteller

(1) Seit 2012 gelten europaweite CO₂-Grenzwerte für Fahrzeughersteller. Das Ziel dabei ist, die PKW-Flotte eines Herstellers bis 2015 im Durchschnitt auf 130 g CO₂/km zu reduzieren. Diese Vorgabe entspricht einem Verbrauch von 5,0 Liter Diesel oder 5,6 Liter Benzin je 100 Kilometer. Ursprünglich wurde dieser Wert auf 120 g CO₂/km festgelegt. Als Kompromiss sollen die „fehlenden“ 10 g CO₂/km durch entsprechende Maßnahmen bei Treibstoffen (beispielweise Beimischung von Biotreibstoffen), Reifen, Schaltpunkt-Anzeigegehilfen („gear shift indicators“) und Klimaanlage kompensiert werden.⁴⁵

(2) Die Anpassung an die Einführung des Grenzwertes erfolgt sukzessive: in 2012 wurden 65 % der Neuwagenflotte einbezogen, in 2013 werden es 75 % sein, 80 % in 2014 und schließlich 100 % in 2015. Ab 2020 ist ein Ziel für die Neuwagenflotte von 95 g CO₂/km festgelegt.⁴⁶ Die Überschreitung des Zielwertes wird mit Strafzahlungen für die Fahrzeughersteller belegt.

(3) Der europäische CO₂-Zielwert bezieht sich auf die gesamte Flotte eines Herstellers und nicht auf Einzelfahrzeuge. Für einzelne Hersteller werden spezifische CO₂-Ziele festgelegt. Zu diesem Zweck wird für jedes in der EU zugelassene Fahrzeug ein gewichtsabhängiger CO₂-Wert berechnet. Auf der Grundlage dieser Werte können Hersteller den Durchschnittsverbrauch der Flotte berechnen. Damit sollen die Produzenten von größeren PKW und LNF gegenüber den Herstellern von kleinen PKW keine Nachteile erfahren.⁴⁷

(4) Für die LNF wird der CO₂-Grenzwert erst ab 2014 geregelt. Dazu gibt es eine vergleichbare Richtlinie der EU-Kommission für leichte Nutzfahrzeuge, die ebenfalls eine stufenweise Einführung eines Grenzwertes vorsieht. Wie bei den PKW ist der CO₂-Grenzwert gewichtsabhängig. Von diesem Zielwert ausgenommen sind die schwereren unter den LNF, welche auch meist mit LKW-Motoren angetrieben werden.⁴⁸

(5) Beginnend ab 2014, soll der CO₂-Durchschnittswert der neu zugelassenen Fahrzeuge bis 2020 von 175 auf 147 g CO₂/km sinken.⁴⁹ Die Einführung des CO₂-Grenzwertes erfolgt sukzessiv: in 2014 sollen 70 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einbezogen werden, in 2015 insgesamt 75 %, 80 % in 2016 und schließlich 100 % in 2017.⁵⁰

45 Vgl. de Haan van der Weg, P.; et al. (2010), S. 4

46 Vgl. VDA (2013), S. 65

47 Vgl. ebd.; S. 66

48 Vgl. de Haan van der Weg, P.; et al. (2010), S. 5

49 Vgl. EU Verordnung Nr. 510/2011; unter <http://europa.eu> abrufbar.

50 Vgl. VDA (2013b), S. 69

(6) Auf die Käuferinnen und Käufer könnte diese Regelung insofern Auswirkungen haben, als dass die Hersteller anfallende Strafzahlungen möglicherweise indirekt auf die Preis von verbrauchsintensiveren Fahrzeugmodellen umlegen. Außerdem geht der bei der Neuzulassung eines Fahrzeuges gemeldete CO₂-Wert aus dem Normverbrauch in die Berechnung der CO₂-basierten Kfz-Steuer ein. Daraus kann gefolgert werden, dass der Wunsch nach einem größeren Fahrzeug mit relativ hohem Verbrauch und hohen CO₂-Emissionen entsprechend teurer als bisher bezahlt werden müsste.

3.2.4 Abgasnorm Euro 6

(1) Für PKW mit Otto- und Dieselmotoren gilt ab dem 1. September 2014 die Abgasnorm Euro 6. Diese regelt die Reduktion der Partikel- und Stickoxidemissionen und stellt Dieselfahrzeuge vor eine besondere Herausforderung. Die Grenzwerte für Stickoxide werden auf ein Fünftel gegenüber der Euro-5-Norm gesenkt, bei Partikeln immerhin um 66 %. Die Grenzwerte für Kohlenmonoxid bleiben unverändert, und auch der Kraftstoffverbrauch bzw. der CO₂-Ausstoß werden durch die Norm nicht tangiert.

(2) In Verbindung mit der Abgasnorm Euro 6 wird ein geschlossenes Filtersystem zur Begrenzung der Partikelzahl verlangt. Mit diesen Vorgaben sind bei Dieselfahrzeugen – sowohl bei PKW als auch bei Nutzfahrzeugen – Kostensteigerungen zu erwarten, die die gegenwärtigen Kostendifferenzen zu Erdgasfahrzeugen verringern können.⁵¹ Die LPG- und CNG-Fahrzeuge erfüllen bereits heute die Bedingungen der Euro-6-Norm.

(3) Die Innovationen am Fahrzeug zur Abgasnachbehandlung (vgl. Kap. 3.1.2) und somit zur Erfüllung der Abgasnorm Euro 6 werden mit Preiserhöhung bis zu 2.000 Euro pro Fahrzeug⁵² im Vergleich zu den entsprechenden Modellen nach Euro-5-Norm einhergehen.

3.2.5 Zusammenfassung

Die beschriebenen politischen Maßnahmen setzen Rahmenbedingungen für wirksamen Klima- und Umweltschutz. Die Politik setzt auf Push- und Pull-Strategien, wie etwa die Förderung von Alternativen, steuerliche Unterstützung der umweltfreundlicheren Kraftstoffe sowie die Strafzahlungen für wenig umweltfreundlichen bzw. wenig effizienten Technologien. Die Verbraucherinnen und Verbraucher haben die Wahl zwischen der Investition in umweltfreundlichere Technologie oder Mehrzahlungen für nicht den gesetzlichen Normen entsprechende Antriebe. Außerdem müssen sie mit Beschränkungen ihrer Mobilität rechnen wie beispielweise Fahrverbote für bestimmte Fahrzeuge in Stadtgebieten mit erhöhter Luftbelastung.

⁵¹ dena (2011), S. 7

⁵² Vgl. <http://www.amz.de/der-grosse-sprung/150/1728/71509/>; Zugriff 29.07.2013

3.3 PKW- und LNF-Prognosen nach Antriebsarten

Die Prognose des PKW- und des LNF-Bestandes nach Antriebsarten wurde mit dem Ziel erstellt, den Ausblick auf die mittelfristige Entwicklungsperspektive auf dem Fahrzeugmarkt zu geben, wie sich die einzelnen Antriebe bis 2020 entwickeln. Die Prognose stellt eine trendmäßige Fortschreibung der Entwicklung einzelner Antriebe innerhalb der fortgeschriebenen deutschlandweiten Verkehrsentwicklung im Personen und Güterverkehr dar. Diese basiert auf neuesten soziodemographischen Leitdaten, darunter der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung.⁵³

3.3.1 PKW-Bestandsentwicklung bis 2020

(1) Die PKW-Bestandsentwicklung wurde mittels eines Top-Down-Ansatzes erstellt. Die gewählte Methode basiert auf dem nachfrageorientierten gesamtmodalen Ansatz. Das bedeutet, dass die Nachfrage nach Fahrzeugen sich primär aus der Gesamtmobilität und deren Verteilung auf die einzelnen Verkehrsträger bzw. Verkehrszweige ableitet. Im Detail heißt das, dass die Personenverkehrsleistungen aller motorisierten Verkehrszweige über eine Abschätzung der personenspezifischen Entwicklung des Mobilitätsbudgets – Personenkilometer/Kopf – prognostiziert und anschließend modal aufgeteilt werden. Für den Motorisierten Individualverkehr (MIV) werden über die entfernungsgewichteten Besetzungsgrade die gesamten Jahresfahrleistungen und über die mittleren Jahresfahrleistungen je PKW der PKW-Bestand berechnet. Die Entwicklung des PKW-Bestandes nach Antriebsarten wird unter der Berücksichtigung des technischen Fortschritts und der aktuellen politischen Rahmenbedingungen fortgeschrieben.

(2) Tabelle 5 auf der nächsten Seite zeigt die trendmäßige Fortschreibung der Entwicklung einzelner Antriebe. Insgesamt steigt der PKW-Bestand bis 2020 leicht an. Der weiterhin steigende Motorisierungsgrad – PKW je 1.000 Einwohner – kompensiert die leicht sinkende Bevölkerungszahl und führt zum Anstieg des PKW-Bestandes. Der steigende Motorisierungsgrad der Bevölkerung basiert u.a. auf Annahmen zum Mobilitätsverhalten einzelner Altersgruppen. Die Bevölkerungsgruppe der 60- bis 65-Jährigen bleibt beispielsweise durch das Heraufsetzen des Rentenalters weiterhin mobil. Die mobilen Gewohnheiten bleiben auch mit dem Erreichen des Rentenalters erhalten (Altersgruppe der 65- bis 70-Jährigen). Die Zunahme der Bedeutung des Freizeitverkehrs bewirkt eine intensive PKW-Nutzung für kürzere Strecken.

⁵³ Vgl. Prognos (2013)

Tabelle 5: Entwicklung des PKW-Bestandes nach Antriebsarten bis 2020 in Deutschland

Bestand PKW (in Tsd.) ¹	2010	2012	2013	2015	2020	Anteil 2020
Benzin	30'449.6	30'452.0	30'206.5	29'289.7	27'127.5	61.87%
Diesel	10'817.8	11'891.4	12'578.9	13'493.6	15'785.0	36.00%
Flüssiggas (einschl. bivalent)	369.4	456.3	494.8	526.7	565.6	1.29%
Erdgas (einschl. bivalent)	68.5	74.9	76.3	95.8	127.2	0.29%
Elektro	1.6	4.5	7.1	16.2	39.3	0.09%
Hybrid	28.9	47.6	64.9	103.2	200.0	0.46%
Sonstige	1.8	1.0	2.6	2.6	2.6	0.01%
Gesamt	41'737.6	42'927.6	43'431.1	43'527.7	43'847.1	100.00%

¹ zum 1. Januar des jeweiligen Jahres

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Ist-Daten: KBA; Prognose: ProgTrans-eigene Berechnungen

(3) Die Anzahl der Benzinfahrzeuge ist weiterhin rückläufig. Eher für Stadtfahrten geeignete Fahrzeuge (kürzere, häufige Strecken) werden durch multimodale Mobilitätskonzepte – beispielweise verstärkte ÖV-Nutzung in Verbindung mit Carsharing und/oder Fahrrad etc. – der Stadt sowie alternative Antriebe langsam abgelöst. In Verbindung mit Re-Urbanisierungstendenzen und dem Anstieg der Anzahl der Single-Haushalte ohne Auto werden in 2020 „nur“ noch knapp zwei Drittel aller Fahrzeuge mit Ottomotoren ausgestattet sein.

(4) Die Anzahl der Benzinfahrzeuge sinkt zugunsten von Dieselfahrzeugen und alternativen Antrieben. Speziell Diesel- und Gasantriebe sind für Vielfahrerinnen und Vielfahrer geeignet und werden von diesem Segment, beispielsweise bei gewerblichen Zulassungen, nachgefragt. Nicht zuletzt werden die gasbetriebenen Fahrzeuge wegen der staatlichen Förderung von Erdgas und Autogas und der Erfüllung der Abgasnorm Euro⁶ – zumindest mittelfristig – nachgefragt.

(5) Die Anzahl der Hybridfahrzeuge wird sich bis 2020 fast verdreifachen. Bereits heute gibt es auf dem Markt attraktive Modelle, die ihre ökologischen Vorteile bei Stadtfahrten zur Geltung bringen und gleichzeitig ihre Spritzigkeit auf Langstrecken nicht einbüßen.

(6) Die batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge werden zunehmend als Zweitfahrzeuge in Privathaushalten oder als Fahrzeuge im Carsharing angeschafft und betrieben. Die Skepsis wegen der geringen Reichweiten wird vermutlich mit zunehmender Erfahrung schwinden. Der hohe Anschaffungspreis und Fragen zum Batterie-Recycling werden möglicherweise weiterhin die Marktausbreitung behindern, sodass das Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen in 2020, gemäß ProgTrans-internen Prognosen, bei weitem nicht erreicht werden kann.

3.3.2 LNF-Bestandsentwicklung bis 2020

(1) Die LNF-Bestandsentwicklungen resultieren aus einem gesamtmodalen Ansatz im Güterverkehr, bei dem die gesamtmodale „Transportintensität“⁵⁴ fortgeschrieben und anschließend eine trendmäßige Aufteilung auf die Verkehrsträger vorgenommen wurde. Der LKW-Bestand ist das Resultat der Herleitung von LKW-Fahrleistungen aus den LKW-Verkehrsleistungen über die Entwicklung der entfernungsgewichteten Beladung der LKW und der durchschnittlichen Jahresfahrleistungen. Das LNF-Segment ist ein Bestandteil der LKW-Flotte und damit auch ihr größtes Subsegment. Die Entwicklung des LNF-Bestandes nach Antriebsarten folgt dem Trend der letzten Jahre und berücksichtigt aktuelle politische Rahmenbedingungen. Tabelle 6 zeigt die Entwicklung bis 2020.

Tabelle 6: Prognose der LNF-Bestandsentwicklung nach Antriebsarten bis 2020 in Deutschland

Bestand LNF (in Tsd.) ¹	2010	2012	2013	2015	2020	Anteil 2020
Benzin	138.3	130.2	122.7	114.3	103.6	4.61%
Diesel	1'687.8	1'831.5	1'843.9	1'883.3	2'104.8	93.60%
Flüssiggas (einschl. bivalent)	6.1	8.7	9.6	10.4	12.8	0.57%
Erdgas (einschl. bivalent)	15.6	16.9	16.6	17.6	20.9	0.93%
Elektro	0.9	1.5	2.3	3.1	5.6	0.25%
Hybrid	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.02%
Sonstige	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.02%
Gesamt	1'849.1	1'989.2	1'995.7	2'029.4	2'248.8	100.00%

¹ zum 1. Januar des jeweiligen Jahres

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Ist-Daten: KBA; Prognos-eigene Berechnungen im Rahmen eines gemeinsamen Projektes im Auftrag des BMVBS; Prognose: ProgTrans-eigene Berechnungen

(3) Im Gesamtbestand steigt die Anzahl der diesel- und gasbetriebenen LNF zugunsten der Benzinantriebe weiter an. Dieselantriebe verlieren nicht an Popularität und sind sehr gefragt. Der hohe Anteil an Dieselfahrzeugen ist nicht zuletzt durch ihre lange Lebensdauer bedingt, was wiederum bedeutet, dass sich der Bestand nicht so schnell erneuert. Die LNF sind für Wirtschafts- und Verteilerverkehre konzipiert und erfüllen keine repräsentativen Funktionen, so dass eine Neuanschaffung meist nach einer Lebensdauer von 10 und mehr Jahren bei einer sehr hohen Fahrleistung stattfindet. Trotz dieser Tendenz wird die City-Logistik immer „grüner“, da der Bestand an LNF neben dem Zuwachs von gasbetriebenen Fahrzeugen auch zunehmend elektrifiziert und hybridisiert wird.

⁵⁴ Die Transportintensitäten bringen den Zusammenhang zwischen Wirtschafts- und Güterverkehrsleistung zum Ausdruck.

3.3.3 Zusammenfassung

(1) Mittelfristig wird der Trend zum effizienten und saubereren Fahrzeug fortgeführt. Obwohl die konventionellen Antriebe immer noch das Gros des Bestandes in beiden Segmenten ausmachen, tragen alternative Antriebe zur umweltgerechten Mobilität bei, und ihre Anzahl steigt stetig.

(2) Im PKW-Segment werden Diesel und Benzin weiterhin dominieren, obwohl die Tendenz zum Kauf eines Benzin-Kfz weiterhin rückläufig ist. Im Vielfahrer-Segment stehen Diesel-Kfz und gasbetriebene Fahrzeuge im Vordergrund. Für die umweltbewusste Kfz-Benutzung gibt es Alternativen zu Benzin und Diesel in fast allen Fahrzeugklassen und bei allen Antrieben.

(3) Im LNF-Segment bleibt die Dominanz der Dieselantriebe auch mittelfristig erhalten, d.h. eine Trendwende – Substitution von Diesel – ist nicht zu erwarten. Die Benzinfahrzeuge gehen langsam zurück und werden durch alternative Antriebe ersetzt. Die Elektrifizierung des Antriebsstranges wird fortgeführt, wenn auch auf relativ niedrigem absoluten Niveau. Das LNF-Segment greift dabei auf die gleichen technologischen Innovationen zu wie im PKW-Bereich.

4 Analyse des LVR-Fuhrparks

4.1 Antriebsstruktur

(1) Die Analyse des LVR-Fuhrparks erfolgt auf der Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen: Einerseits sind die Angaben über den LVR-Fuhrpark aus den Ausschreibungsunterlagen vom 19.11.2012, andererseits erfolgt die Analyse auf der Grundlage der zur Verfügung gestellten Excel-Datei zum Kfz-Bestand vom 08.05.2013.

(2) Insgesamt zählt der LVR etwa 820 aktiv angemeldete Fahrzeuge⁵⁵, die sich auf 5 Fahrzeuggruppen verteilen. Die Gruppen umfassen u.a. PKW, Lieferwagen, LKW, Zugmaschinen und Anhänger. Die für die Bewertung relevanten Gruppen sind Gruppe 1 (PKW) und Gruppe 2 (Lieferwagen, LKW und LKW-Grabungsfahrzeuge).⁵⁶ Dazu zählen 699 Fahrzeuge. Diese verteilen sich wie folgt: 603 PKW (Gruppe 1) und 96 LKW (Gruppe 2). Die Tabelle 7 zeigt den Überblick über die Zusammensetzung der LVR-Fahrzeuge nach Antriebsarten, differenziert nach Fahrzeugarten auf der Grundlage der Auswertung des Kfz-Bestandes.

Tabelle 7: Überblick über die aktuelle LVR-Flotte (Stand 08.05.2013)

LVR-Flotte	Pkw (Gruppe 1) ²	Anteil Antriebe (Gruppe 1)	Lkw (Gruppe 2) ²	Anteil Antriebe (Gruppe 2)
Benzin	60	9.95%	2	2.08%
Diesel	491	81.43%	88	91.67%
Flüssiggas	-	-	-	-
Erdgas	39	6.47%	2	2.08%
Elektro	2	0.33%	0	0.00%
Hybrid	-	-	-	-
Sonstige	11	1.82%	4	4.17%
Gesamt	603	100.00%	96	100.00%

² inkl. Transporter und Busse
Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Daten: LVR-interne Kfz-Datenbank vom 08.05.2013, ProgTrans-eigene Auswertung

(3) Die hohe PKW-Anzahl ist auf die Systematik der Erfassung in der Kfz-Datenbank zurückzuführen. Unter den PKW werden auch Transporter, wie Ford Transit, Opel Vivaro oder Renault Trafic, sowie Busse wie beispielsweise VW Bus zusammengefasst, die zu den Nutzfahrzeugen zählen. Um die Bewertung der LVR-Flotte entlang der betrachteten Segmente PKW und LNF vorzunehmen, wurde eine Querschnittsauswertung durchgeführt.

⁵⁵ Darunter sind alle Fahrzeuge ohne Abmeldedatum erfasst.
⁵⁶ Quelle: LVR-interne Kfz-Datenbank. Stand 08.05.2013

Anhand der Fahrzeugmodelle wurden die Fahrzeugtypen aus den Gruppen 1 und 2 zu den Typen PKW und LNF (Transporter für Güter- und Personenverkehr unter 3,5 t zGG) zugeordnet. Innerhalb einzelner Segmente wurde nach Antriebsformen differenziert, so dass nur ein Eintrag für den entsprechenden Antrieb möglich ist. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine eindeutige Zuordnungen zum Antriebstyp und somit eine plausible Bewertung der Flotte. Beispielsweise wurden bivalente Antriebe wie Erdgas/Benzin dem Antriebstyp Erdgas zugeordnet, wenn seine Fahrzeugbezeichnung wie zum Beispiel VW Caddy Erdgas ist. In die Bewertung gingen alle PKW und LNF ein, die sich aufgrund ihrer Modellbezeichnung eindeutig zuzuordnen ließen. Darüber hinaus wurden nur die Fahrzeuge betrachtet, die aktiv, d.h. ohne Abmeldedatum, im Bestand gemeldet sind. Im Ergebnis entstand ein repräsentativer Ausschnitt aus der LVR-Flotte, der die wesentlichen Merkmale der LVR-Flotte im PKW- und LNF-Segment beinhaltet.

(4) Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Zuordnung und Auswertung. Insgesamt konnten 430 Modelle dem PKW-Bereich und 243 Fahrzeuge dem LNF-zugeordnet werden. Unter den PKW dominieren Dieselfahrzeuge, gefolgt von Benzinern und Erdgasfahrzeugen. Die Anzahl der Dieselfahrzeuge ist überproportional im Vergleich zum deutschlandweiten Durchschnitt (vgl. Tabelle 1). Auch der Anteil der Erdgasfahrzeuge liegt über dem deutschlandweiten Trend. Die Struktur des PKW-Segmentes deutet auf eine hohe jährliche Fahrleistung hin, für die überwiegend Diesel- und Erdgasfahrzeuge geeignet sind (zusammen 82,1 %). Eine nicht unwesentliche Anzahl der Fahrzeuge war ohne Angaben zum Antrieb. Dabei handelt es sich überwiegend um VW-Modelle wie Caddy, Polo und Golf sowie Ford Escort Tunier. Auf die eigene Zuordnung zu den Antrieben wurde verzichtet, um eine mögliche Verzerrung in der Bewertung zu vermeiden.

Tabelle 8: Übersicht über PKW- und LNF-Bestand (Stand 08.05.2013)⁵⁷

LVR-Flotte	PKW	Pkw-Antriebsstruktur	LNF	LNF-Antriebsstruktur
Benzin	56	13.02%	5	2.06%
Diesel	314	73.02%	222	91.36%
Flüssiggas	-	-	-	-
Erdgas	39	9.07%	2	0.82%
Elektro	-	-	3	1.23%
Hybrid	-	-	-	-
Sonstige (ohne Angabe zum Antrieb)	21	4.88%	11	4.53%
Gesamt	430	100.00%	243	100.00%

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Daten: LVR-interne Kfz-Datenbank vom 08.05.2013, ProgTrans-eigene Auswertung

(5) Im LNF-Segment führen Dieselfahrzeuge mit 91,4 %, dies entspricht weitgehend dem deutschlandweiten Durchschnitt (vgl. Tabelle 3). Die Benzinfahrzeuge sind unterdurchschnittlich vertreten, während die Erdgasfahrzeuge über dem deutschlandweiten Trend liegen. Beim LVR sind an insgesamt zwei Dienststellenstandorts drei Elektrofahrzeuge im Einsatz. Das sind Fahrzeuge des Typs Divaco, Goupil G3 und Mega E-Worker.

(6) In der LVR-Flotte fehlen bisher die LPG-Antriebe. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass die Anschaffungskosten für diesen Antrieb relativ hoch sind, und die Palette der Fahrzeugmodelle längst nicht so zahlreich ist wie bei Erdgasfahrzeugen. Die Umrüstung zum LPG-Motor ist mit Kosten verbunden, die unter Umständen den Wiederverkaufswert erheblich reduzieren. Auch die CO₂-Emissionen eines LPG-Fahrzeuges sind höher im Vergleich mit einem CNG-Fahrzeug. Aus diesen ökonomischen sowie ökologischen Gründen werden beim LVR Erdgasfahrzeuge gegenüber Flüssiggasfahrzeugen bevorzugt.

(7) Auch die Hybridantriebe fehlen bisher in der LVR-Flotte. Aufgrund der Konstruktion des Autos, welche für die Unterbringung des Elektromotors nach einem sogenannten „Sandwich-Boden“ bzw. Doppel-Boden verlangt, sind nicht alle Modelle für Hybridisierung geeignet. Außerdem sind die auf dem Markt verfügbare Modelle teurer als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

⁵⁷ Ohne abgemeldete Fahrzeuge

4.2 Umweltplakette

(1) Mit einem hohen Anteil der Dieselfahrzeuge am Bestand entsteht die Frage zur Luftqualität, die durch Feinstaub und Stickstoffdioxide beeinträchtigt wird. Zu diesem Zweck wurde die Ausstattung der LVR-Flotte mit der Umweltplakette bzw. Feinstaubplakette mit folgendem Ergebnis ausgewertet (siehe Tabelle 9):

Tabelle 9: Ausstattung der LVR-Flotte mit Umweltplakette

	PKW	Anteil am PKW-Bestand	LNF	Anteil am LNF-Bestand
Grüne Umweltplakette	370	86.05%	162	66.67%
Gelbe Umweltplakette	23	5.35%	37	15.23%
Andere (P0 - P2)	37	8.60%	44	18.11%
Gesamt	430	100.00%	243	100.00%

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Daten: LVR-interne Kfz-Datenbank vom 08.05.2013, ProgTrans-eigene Auswertung

(2) Die Mehrheit der PKW-Flotte (86 %) ist mit der grünen Plakette, die für einen niedrigen Level der Schafstoffklasse steht, ausgestattet und darf sich frei in allen Stadtgebieten bewegen. Die restlichen 14 % müssen die Umweltzonen-Restriktionen berücksichtigen. Im LNF-Sektor verfügen nur zwei Drittel der Fahrzeuge über eine grüne Feinstaubplakette. Rund ein Drittel der Fahrzeuge darf nicht die Umweltzonen befahren. Die unterschiedliche Ausstattung der Fahrzeuge hängt mit dem Alter des Fahrzeuges und somit auch mit dem Stand der Technik zusammen. Die PKW-Flotte besteht überwiegend aus Leasingfahrzeugen. Die Fahrzeuge sind demzufolge kaum älter als drei bis fünf Jahre und verfügen deshalb über umweltfreundliche Technologien.

4.3 Durchschnittliche CO₂-Werte

(1) Der mittlere CO₂-Wert⁵⁸ der PKW-Flotte liegt bei 129 g CO₂/km; damit unterschreitet die LVR-Flotte den europaweiten CO₂-Zielwert von 130 g CO₂/km. Bei differenzierter Betrachtung wird deutlich, dass allerdings nur knapp zwei Drittel der LVR-Fahrzeuge diesen Wert erfüllen (siehe Tabelle 10).

⁵⁸ Berechnet als Mittelwert über die CO₂-Werte der ausgewerteten Flotte

Tabelle 10: Struktur des PKW-Segments der LVR-Flotte im Hinblick auf den CO₂-Wert

	PKW	Anteil am Pkw-Bestand
Anzahl der Fahrzeuge mit weniger als 130 g CO ₂ /km	247	57.44%
Anzahl der Fahrzeuge mit mehr als 130 g CO ₂ /km	154	35.81%
Keine Angabe zum CO ₂ -Wert	29	6.74%
Gesamt	430	100.00%

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Daten: LVR-interne Kfz-Datenbank vom 08.05.2013, ProgTrans-eigene Auswertung

Tabelle 11: Struktur des LNF-Segments der LVR-Flotte im Hinblick auf den CO₂-Wert

	LNF	Anteil am LNF-Bestand
Anzahl der Fahrzeuge mit weniger als 175 g CO ₂ /km	14	5.76%
Anzahl der Fahrzeuge mit mehr als 175 g CO ₂ /km	194	79.84%
Keine Angabe zum CO ₂ -Wert	35	14.40%
Gesamt	243	100.00%

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Daten: LVR-interne Kfz-Datenbank vom 08.05.2013, ProgTrans-eigene Auswertung

(2) Der mittlere CO₂-Wert der LNF-Flotte beträgt 209 g CO₂/km und liegt damit über dem im Jahr 2014 geforderten Grenzwert von 175 g CO₂/km. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass die Mehrheit der LNF (knapp 80 %) über diesen Wert liegt (siehe Tabelle 11). Insgesamt weisen nur knapp 6 % der LNF-Flotte einen Wert unter 175 g CO₂/km auf.

(3) Wie bereits in Kapitel 3.2.3 beschrieben soll der CO₂-Grenzwert bis ins Jahr 2020 auf 147 g CO₂/km gesenkt werden. Dies entspricht einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 6,2 Liter Benzin oder 5,6 Liter Diesel pro

100 km. Solche Verbrauchswerte werden heute nur mit sehr sparsamen Kleintransportern erreicht (beispielweise Citroën Nemo). Spritsparende Transporter wie zum Beispiel der VW T5 Diesel erreicht aktuell einen Testverbrauchswert von 8.7 Liter pro 100 km. Vor diesem technologischen Hintergrund ist der Erreichung des CO₂-Zielwertes von 147 g CO₂/km Grenzen gesetzt.

4.4 Altersstruktur der Flotte

(1) Außerdem wurde der Bestand hinsichtlich seines Alters differenziert betrachtet (siehe Tabelle 12). Zwei Drittel der PKW sind unter drei Jahre alt und entsprechen dem modernsten Stand der Technik. Die „jungen gebrauchten“ mit einem Alter zwischen drei und fünf Jahren machen knapp 18 % des Bestandes aus. Die überwiegende Mehrheit der PKW-Flotte (ca. 83 %) besteht damit aus modernen Fahrzeugen und ist jünger als fünf Jahre.

Tabelle 12: Überblick über das Alter der LVR-Flotte

	PKW	Anteil am PKW-Bestand	LNF	Anteil am LNF-Bestand
Anzahl der Fahrzeuge unter 3 Jahren (Baujahr 2011-2013)	282	65.58%	87	35.80%
Anzahl der Fahrzeuge zwischen drei und fünf (Baujahr 2008-2010)	77	17.91%	56	23.05%
Anzahl der Fahrzeuge zwischen fünf und zehn (Baujahr 2003-2007)	15	3.49%	32	13.17%
Anzahl der Fahrzeuge älter als zehn Jahre (Baujahr bis einschl. 2002)	52	12.09%	68	27.98%
Ohne Angaben zum Baujahr	4	0.93%	-	-
Gesamt	430	100.00%	243	100.00%

Differenzen in den Summen durch Rundungen

Quelle: Daten: LVR-interne Kfz-Datenbank vom 08.05.2013, ProgTrans-eigene Auswertung

(2) Der LNF-Bestand besteht nur zu einem Drittel aus Fahrzeugen, die jünger sind als drei Jahre. Eine auffallend hohe Anzahl der Fahrzeuge – fast ein Drittel – ist älter als 10 Jahre. Je älter ein Fahrzeug ist, desto anfälliger ist es für Reparaturen, verbraucht mehr Kraftstoff, hat hohe CO₂- sowie Schadstoff-Emissionen und infolge dessen auch hohe Betriebskosten. Außerdem steigen die technischen Anforderungen an ein Fahrzeug, welche in Verbindung mit politischen Maßnahmen zu erfüllen sind.

4.5 Zusammenfassung

(1) Auf Grundlage der Auswertung der LVR-internen Kfz-Datenbank wird deutlich, dass der PKW-Bestand im Vergleich zum PKW-Bestand in Deutschland einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Diesel- und Erdgas-Fahrzeugen aufweist. Die Flüssiggasfahrzeuge sowie Hybrid- und Elektrofahrzeuge fehlen in der LVR-Flotte. Insgesamt ist der PKW-Bestand ökologischer als der LNF-Bestand. Beim den PKW verfügen über 85 % eine grüne Umweltplakette und die Mehrheit der PKW-Flotte erreichen die CO₂-Zielwert. Dies ist nicht zuletzt auf die Erdgasfahrzeuge zurückzuführen, die beim LVR bewusst aus ökologischen Gründen angeschafft wurden. Werden diese mit Biogas aus regenerativen Quellen betrieben oder Biogas, verbessert sich deren CO₂-Bilanz.

(2) Auch bei den LNF verfügt der LVR über zwei Transporter mit Erdgasantrieb und drei Elektrotransportern. Über 90% aller LNF werden jedoch mit Diesel betrieben. Dies ist sicherlich mit ein Grund weshalb rund ein Drittel der LNF keine grüne Umweltplakette haben und damit nur Beschränkt in städtischen Gebieten des LVR mobil sind. Insgesamt weist die LNF-Flotte des LVR einen hohen Anteil an älteren (d.h. älter als zehn Jahre) Dieselfahrzeugen auf, welche die Gesamtbilanz dieses Segmentes negativ beeinträchtigen.

5 Verbesserungspotenziale und Modell zur Bewertung der LVR-Flotte

5.1 Berücksichtigung der ökologischen Kriterien

(1) Wie in Kapitel 4 bereits beschrieben, unterscheiden sich die PKW- und LNF-Segmente des LVR voneinander. Der PKW-Bestand der LVR-Flotte ist insgesamt moderner, technologisch innovativer und somit ökologischer. Der autonome technische Fortschritt findet Eingang in die PKW-Flotte. Mit den Fahrzeugen neuester Generation ist die PKW-Flotte der LVR verbrauchsoptimiert und trägt zur Reduktion der CO₂- und Schadstoff-Emissionen bei.

(2) Auch eine Diversifizierung der Flotte findet bereits statt und liegt über dem deutschlandweiten Trend im Bereich der Erdgas- und Elektrofahrzeuge. Über dem deutschlandweiten Trend liegt die hohe Anzahl der Dieselfahrzeuge sowohl im PKW- als auch im LNF-Segment. Während die Dieselfahrzeuge des PKW-Segmentes eher zu den moderneren zählen, weisen die Diesel-LNF aufgrund ihres Alters eine schlechte ökologische Bilanz auf.

(3) Eine Verbesserung der ökologischen Bilanz der Flotte kann mit Berücksichtigung ökologischer Kriterien beim Beschaffungsvorgang erreicht werden. Die Alternativen zum Dieselantrieb im Vielfahrersegment sind zunächst Erdgas- und Autogas-betriebene Fahrzeuge. Aus ökologischen und ökonomischen Aspekten werden beim LVR die Erdgasfahrzeuge den LPG-Antrieben vorgezogen. Die CO₂-Bilanz von CNG ist besser als die von LPG, insbesondere beim Einsatz von Biogas aus regenerativen Quellen. Auch ökonomische Gründe wie geringer Wiederverkaufswert eines LPG-Fahrzeuges nach drei bis fünf Jahren Leasing beeinflussen die Beschaffungsentscheidung.

(4) Eine ausschließlich ökonomische Betrachtung ist aber zu einseitig. Obwohl beim LVR sowohl Leasing als auch Kauf der Fahrzeuge praktiziert wird, haben die beiden Modelle eine „Dieselfizierung“ der Flotte zur Folge. Während die allgemeine Tendenz zur grünen City-Logistik geht, ist ein Drittel der LNF-Fahrzeuge des LVR älter als 10 Jahre und somit nicht auf dem neuesten Technologiestand. Mit der Einführung der Abgasnorm Euro 6 wird eine Nachrüstung mit dem Partikelfilter notwendig; diese wird nur für einen Teil der Fahrzeuge ökonomisch und technologisch sinnvoll sein.

(5) Die ökologischen Kriterien, die zur Abwägung zwischen den Antrieben angewendet werden, sollen nicht isoliert betrachtet werden, sondern jeweils in

Verbindung mit örtlichen Gegebenheiten und ökonomischen Kriterien. Zu diesem Zweck wurde ein Excel-basiertes Werkzeug entwickelt, welches die örtlichen Gegebenheiten der Dienststellen berücksichtigt, und die dafür geeigneten Antriebe nach ökologischen und ökonomischen Kriterien bewertet. Im nächsten Unterkapitel wird die Struktur des Modells vorgestellt.

5.2 Modell zur ökonomischen und ökologischen Bewertung der Antriebe für den Beschaffungsvorgang

Die Bewertung der Fahrzeugantriebe erfolgt auf der Grundlage von vielen verschiedenen Eingabegrößen (Variablen), die durch den LVR individuell eingestellt werden können. Zusammen mit den im Modell hinterlegten Größen (Parameter) werden die verschiedenen Antriebsvarianten systematisch miteinander verglichen. In diesem Kapitel werden Struktur des Modells sowie Modellvariablen und Parameter beschrieben.

5.2.1 Aufbau und Funktionalitäten

(1) Die Abbildung 1 stellt die Gesamtstruktur des Modells mit ihren wesentlichen Elementen dar:

Abbildung 1: Struktur des Modells



(2) Insgesamt besteht das Modell aus drei Ebenen: Eingabe der Daten, Berechnungen der Kriterien und Ausgabe der Resultate. Im ersten Schritt werden die sog. Basis-Daten eingegeben. Diese Eingaben sollen durch die LVR-Dienststellen erfolgen, die Bedarf für ein oder mehrere Fahrzeuge anmelden. Bei den Basis-Daten soll die Fahrzeugkategorie gewählt werden und das Einsatzprofil auf die Gegebenheiten eingestellt werden. Beim Einsatzprofil kann die jährliche Fahrleistung in Tausend km/Jahr, die Charakteristik des Einsatzgebietes (städtisch/ländlich/Autobahn) sowie das Fahrprofil des Fahrzeugs (Anzahl der Fahrten und mittlere Distanz) eingestellt werden. Die Fahrzeugkategorien sind vordefiniert und orientieren sich am Fuhrpark des LVR. Insgesamt werden sechs verschiedene Kategorien unterschieden, vom Kleinwagen bis zum Transporter.

(3) Weitere Eingaben betreffen die Infrastrukturausstattung in der Umgebung und bilden die Betankungsmöglichkeiten ab. Eine relevante quantitative Größe ist dabei die Eingabe der Entfernung zur nächsten Tankstelle.

(4) Die Information über die Fahrzeuglebensdauer bezieht sich auf die Abschreibungsdauer eines Fahrzeuges. Eine hohe Lebensdauer bedeutet einen niedrigen jährlichen Anschaffungsbetrag, da der Anschaffungspreis durch die Abschreibungsdauer geteilt wird.

(5) Im Weiteren wird die Betankung mit oder ohne Ökostrom berücksichtigt, die für die CO₂-Bilanz der Elektrofahrzeuge relevant ist. Die Klimaschäden bzw. die CO₂-Emissionen werden mit einem festen Wert von EUR 50 pro Tonne CO₂ bewertet.

(6) Im letzten Eingabeschritt erfolgt die Auswahl der Bewertungskriterien. Diese werden in ökonomische und ökologische Kriterien differenziert und nachfolgend beschrieben. Die Auswahl der Kriterien ist relevant für den Beschaffungsvorgang und vom LVR-Einkauf zu steuern.

5.2.2 Bewertungskriterien: Definition und Wertegerüst

Um die Fahrzeuge nach Kategorie und Antrieb zu bewerten, wurde eine Datenbank mit insgesamt 65 Fahrzeugen angelegt. Neben Angaben zu Fahrzeugkategorie und Antriebsvariante werden weitere Werte wie Fahrzeuggewicht, Leistung, Tankgröße, Testverbräuche (nach Stadt, Land, Autobahn), Anschaffungspreis, Abgas Euronorm usw. in der Datenbank hinterlegt. Die Angaben sind der ADAC-Datenbank entnommen, in der über 10.000 Fahr-

zeuge eingetragen sind.⁵⁹ Die Bewertungskriterien, die als Modellparameter dienen, werden nachfolgend beschrieben und basieren zu einem großen Teil auf dieser Datenbank; fehlende Parameter wurden aus wissenschaftlichen Studien ergänzt.

5.2.2.1 Ökonomie

(1) Die ökonomische Bewertung besteht aus Fix-, Betriebs- und Zusatzkosten. Die Fixkosten beziehen sich auf den Anschaffungspreis bzw. auf Leasingraten und sind abhängig von der Fahrzeugkategorie sowie der Antriebsvariante. Bei den Betriebskosten sind die Energie- bzw. Kraftstoffkosten berücksichtigt, und bei den Zusatzkosten wird zwischen Zusatzkosten für den Betankungsaufwand (differenziert nach Antriebsart) und den Zusatzkosten für die (begrenzte) Reichweite bei Elektroautos unterschieden.

Anschaffungskosten und Leasing

(2) Die Anschaffungskosten basieren auf den recherchierten und in der Datenbank hinterlegten Werten zu den Anschaffungspreisen. Die Kaufpreise werden je nach Fahrzeugkategorie und Antrieb analysiert und systematisiert. Dabei wurden systematische Abweichungen der Kaufpreise innerhalb einer Kategorie zwischen den Antriebsvarianten festgestellt. So ist zum Beispiel ein Benzin-Hybridfahrzeug durchschnittlich um 21 % teurer als ein vergleichbares Benzinfahrzeug. Die berechneten Abweichungen werden auf alle betrachteten Fahrzeug- und Antriebskategorien übertragen und bilden das erste Ranking der antriebsspezifischen Kosten innerhalb der jeweiligen Kategorie.

(3) Die Leasingkosten werden auf der Basis des Anschaffungspreises in Abhängigkeit von der Leasingdauer und der jährlichen Fahrleistung berechnet. Die Formel zur Berechnung der Leasingkonditionen geht von einer Null-Euro-Anzahlung aus und berücksichtigt darüber hinaus den Restwert eines Fahrzeugs, Leasingdauer, jährliche Fahrleistung und Leasingfaktor.

(4) Während die Leasingfaktoren, die das Verhältnis der Leasingraten zum Anschaffungspreis nach dem Abzug der Restwertes ausdrücken, durch den LVR zur Verfügung gestellt wurden, musste der kalkulatorische Restwert, der eigentlich ein Schätzwert ist, aus den einschlägigen Quellen ermittelt werden. Als Grundlage für die Ermittlung diente die ADAC-Datenbank zur Fahrzeugbewertung für Mitglieder. Dabei wurde der Restwert von verschiedenen Antriebsvarianten miteinander verglichen, um die Abschreibungsfunktion zu ermitteln.

⁵⁹ Vgl. <http://www.adac.de/infotestrat/autodatenbank>; letzter Zugriff 18.07.2013

Kfz-Steuer

(5) Die Kfz-Steuer gehört auch zu den Fixkosten. Die Berechnung der Steuer ergibt sich in Abhängigkeit von der Größe des Hubraumes und der CO₂-Emissionen bei PKW mit Verbrennungsmotoren (auch Gas- und Hybridfahrzeuge). Benzin-PKW werden mit je 2 EUR je angefangene 100 cm³ Hubraum und Diesel-PKW mit 9,50 EUR je angefangene 100 cm³ Hubraum besteuert. Jedes Gramm CO₂ pro Kilometer wird mit 2 EUR besteuert, wobei der Freibetrag bis zu einem Emissionswert von 120 g CO₂ pro Kilometer besteht. Oberhalb dieses Wertes wird der Tarif linear angewendet. Dieser Freibetrag wird bei Erstzulassung ab 2014 auf 95 g CO₂/km reduziert.⁶⁰

(6) Elektroautos sind von der Kfz-Steuer ausgenommen (siehe Kap. 3.2.1).

(7) Die LNF werden nach zulässigem Gesamtgewicht besteuert.

Sonstiges

(8) Kosten für Versicherung und Wartung, die zum Fixkostenblock gehören, werden hier nicht betrachtet, da diese nicht antriebsspezifisch sind. Die Versicherung ist Halterinnen- und Halterbezogen. Eine ADAC-Studie⁶¹ zu der Unfallhäufigkeit und damit verbundenen Wartungs- und Reparaturkosten hat keine antriebsspezifischen Erkenntnisse hervorgebracht.

Betriebskosten - Energiekosten

(9) Die Betriebskosten bestehen aus Kraftstoff- bzw. Energiekosten und sind direkt mit der Fahrleistung und dem spezifischen Kraftstoffverbrauch verknüpft. Die Analyse-Daten für die Energiepreis-Entwicklung, darunter Strom, Erdgas und Flüssiggas, sind statistische Daten des Statistischen Bundesamtes.⁶²

(10) Für die Kraftstoffpreis-Entwicklung bis 2020 wurden auf der Basis der veröffentlichten wissenschaftlichen Studien eigene Prognosen erstellt. Der Preis setzt sich aus dem Nettopreis, der sich aus dem Rohölpreis und dem Deckungsbeitrag ergibt, und den Steuern (Mineralöl- und Mehrwertsteuer) zusammen.⁶³ Die Prognose der Energiepreise bis 2020 basiert auf den Prognosen der Rohstoffpreise – Öl und Gas – des Hamburgisches WeltWirtschaftsinstituts im Basisszenario und orientiert sich weitgehend an der Öl- und

60 http://www.kfz-steuer.de/kfz-steuer_pkw-text.php ; Zugriff 15.05.2013

61 http://www.adac.de/infotestrat/tests/crash-test/crash_gasauto/crash_autogas.aspx?tabid=tab1 ; Zugriff 20.07.2013

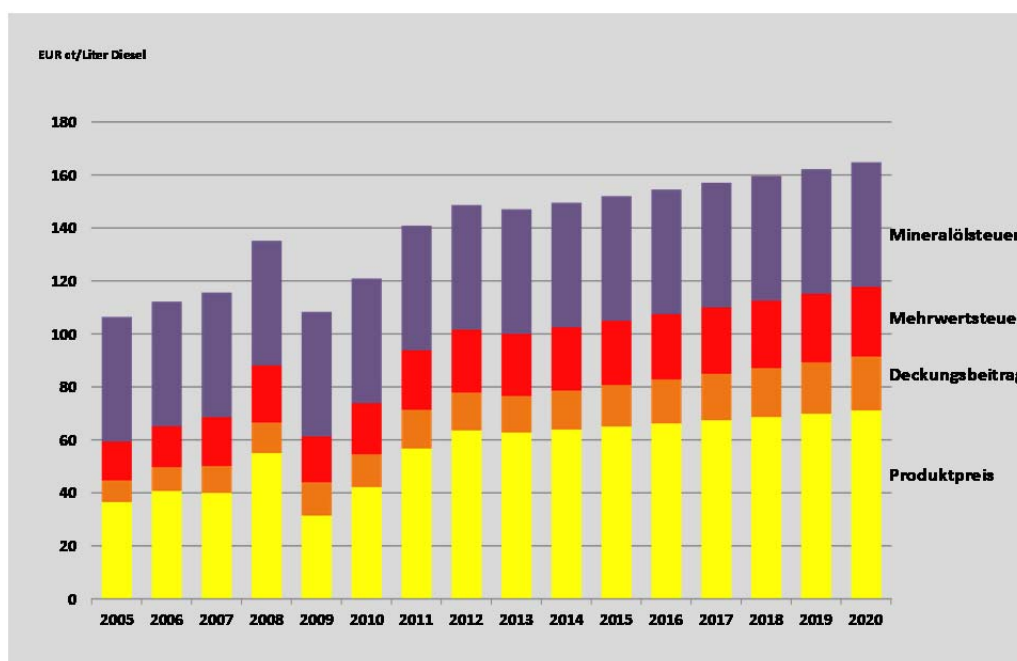
62 Vgl. Statistisches Bundesamt (mehrere Jahre)

63 <http://www.mww.de/index.php/daten/statistikenpreise> ; Zugriff 22.04.2013

Förderpolitik der OPEC.⁶⁴ Die Mineralöl- und Mehrwertsteuer bleiben dabei konstant. Ein Beispiel für die Prognose der Preisentwicklung ist in der Abbildung 2 auf der nächsten Seite dargestellt.

(11) Um die Energiekosten zu berechnen, wird der Energiepreis mit dem Energieverbrauch bzw. dem Kraftstoffverbrauch multipliziert. Der Kraftstoffverbrauch ergibt sich als Produkt aus spezifischem Kraftstoffverbrauch und der Jahresfahrleistung. Der spezifische Kraftstoffverbrauch basiert auf Daten aus den ADAC-Autotests. In dieser Testreihe wird der Kraftstoffverbrauch in unterschiedlichen Fahrzyklen – Stadt-Land-Autobahn – gemessen. Aus diesen Werten wurden fahrzeugkategorieabhängige und antriebsspezifische Verbrauchswerte für Stadt-, Land- und Autobahnfahrten ermittelt. Auf diese Weise kann die antriebsspezifische Eignung in verschiedenen Fahrregionen berücksichtigt werden, die sich aus den Eingaben der Basis-Daten zur Charakteristik des Einsatzgebietes ergeben.

Abbildung 2: Beispiel Diesel- Preisentwicklung zwischen 2005 und 2020



Quelle: Ex-post Daten: Mineralölwirtschaftsverband Deutschland (online); Prognosen: ProgTrans-eigene Auswertung

64 Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (2005), S. 30

Zusatzkosten

(12) Da die Tankstellendichte je nach Kraftstoff unterschiedlich ist wird ein sogenannter Tankaufwand berechnet. Die Entfernung zur nächsten Tankstelle wird mit spezifischen Fahrt- und Zeitkosten berücksichtigt. Für die Zeitkosten wird ein Value of time (Vot) in EUR/h von 20 EUR/h angenommen. Zunächst wird je nach Fahrzeugkategorie, Antrieb, entsprechenden Tankvolumen und der vorgegebene Fahrleistung die Anzahl der Tankvorgänge pro Jahr ermittelt. Diese wird mit der Entfernung zur nächsten Tankstelle multipliziert und somit die für die Tankvorgänge notwendige Fahrleistung berechnet. Die Monetarisierung erfolgt über den Kraftstoffverbrauch sowie über den Zeitwert. Infolgedessen hat die Nähe einer Tankstelle zur Dienststelle einen direkten Einfluss auf die betrieblichen Kosten. Die Berechnung der Zusatzkosten Tankstelle beruht auf der Annahme, dass jeder Tankvorgang eine *Extrafahrt* von der Dienststelle bis zur nächsten Tankstelle darstellt. Im Modell wird nicht berücksichtigt, dass gewisse Tankvorgänge wohl auf der Fahrtroute liegen. Falls die Beladeinfrastruktur für Elektroautos an der Dienststelle nicht gegeben ist, wird im Modell mit einer pauschalen Distanz von 20 km bis zur nächsten Tankstelle gerechnet (Malusfaktor).

(13) Auch dem Spezifika der Reichweitenproblematik bei Elektrofahrzeugen wird im Modell Rechnung getragen. Die Zeit für die Aufladung wird mit dem Vot monetarisiert und mit der Anzahl der Beladungsvorgänge in Abhängigkeit von der Jahresfahrleistung, der Reichweite und der Batteriekapazität multipliziert.

5.2.2.2 Ökologie

(1) Bei der ökologischen Bewertung werden die vor- und nachgelagerten Effekte, die Klimaschäden und die Luftverschmutzung betrachtet. Um die ökologischen Auswirkungen mit den ökonomischen vergleichbar zu machen, werden die ökologischen Kriterien monetarisiert und in der funktionellen Einheit EUR/Jahr ausgedrückt.

Vor- und nachgelagerte Effekte

(2) Um ein Fahrzeug ökologisch umfassend zu bewerten genügt es nicht, nur die Umweltbelastung während des Fahrzeugbetriebes zu berücksichtigen. Bei der Fahrzeugherstellung und -entsorgung wird Energie benötigt, zudem müssen die Fahrzeuge sowie die Materialien für die Fahrzeugherstellung verarbeitet und transportiert werden. In einer Sachbilanz wird je nach Antriebsvariante festgelegt, welche Materialien in den Fahrzeugen verwendet / verbaut werden. Die Sachbilanz von Hybrid- und Elektrofahrzeugen weist auch die

Materialien der Batterie auf. In der Wirkungsbilanz werden die Materialien der Sachbilanz mit entsprechenden Emissionsfaktoren bewertet. Durch die Verrechnung der Sachbilanz mit der Wirkungsbilanz ergeben sich die Emissionen der Materialvorleistungen je nach Antriebsvariante. Die dazu benötigten Daten werden aus der Gemis-Datenbank entnommen⁶⁵. Die Strommenge, die für die Herstellung eines Fahrzeuges benötigt wird, wurde aus einer Studie von Volkswagen übernommen.⁶⁶ Die Angaben zum Energieaufwand der Batterieproduktion sowie der Batterieentsorgung wurden anhand einer Literaturrecherche ermittelt.⁶⁷

Klimaschäden

(3) Die Klimaschäden, wie Schadstoff-Emissionen, kennen keine Marktpreise. Sie werden unter der Anwendung von Kostensätze mit sogenannten Vermeidungskosten berechnet. Unter Vermeidungskosten versteht man die Kosten, die durch Maßnahmen zur Verhinderung von Schäden entstehen. In vielen wissenschaftlichen Studien wird das Ausmaß der Klimaerwärmung untersucht, um in Geldeinheiten ausdrücken zu können, wie hoch die Kosten pro emittierte Tonne CO₂ sind. Dabei gibt es verschiedene Berechnungsansätze, und somit ist auch die Spannweite bei den Kostensätzen sehr groß, wie die folgende Tabelle 13 verdeutlicht.

Tabelle 13 Kostensätze für CO₂-Emissionen nach Berechnungsvarianten und Jahren

EUR/Tonne CO ₂	2010	2020	2030
Tiefwert	7	17	22
Mittelwert	25	40	55
Hochwert	45	70	100

Quelle: CE Delft et al. (2008), S. 80

(4) Die Abweichungen in den Werten ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der in Zukunft anfallenden Schäden. Die Bewertung der CO₂-Emissionen im Modell wird in Absprache mit dem LVR bei EUR 50 pro Tonne CO₂ festgelegt. Dieser Kostensatz bezieht sich auf eine Mittelfristbetrachtung.

(5) Die CO₂-Emissionen im Fahrzeugbetrieb sind abhängig vom Kraftstoffverbrauch. Jedes Kilogramm Benzin und Diesel, das in Fahrzeugen verbrannt

65 Link zu Gemis: <http://www.iinas.org/gemis-de.html>

66 Vgl. Schweimer (1996), S. 11

67 Vgl. Bauer (2010) und Matheys et al. (2006)

wird, führt zu einem CO₂-Ausstoß von rund 3,17 kg⁶⁸. Über die Dichte⁶⁹ können die direkten Emissionsfaktoren von Benzin (2,4 kg CO₂ pro Liter) und Diesel (2,6 kg CO₂ pro Liter) berechnet werden. Trotz des höheren Emissionsfaktors sind die CO₂-Emissionen pro Kilometer von Dieselfahrzeugen tendenziell geringer, da die Motoren gegenüber Benzinern effizienter sind und somit einen niedrigeren Kraftstoffverbrauch aufweisen.

(6) Energetisch entspricht 1 kg Erdgas rund 1,5 Liter Benzin oder 1,3 Liter Diesel⁷⁰. Während 1,5 Liter Benzin zu 3,6 kg CO₂ verbrennt, sind es bei Erdgas „nur“ 2,7 kg CO₂ pro kg Erdgas. Die CO₂-Emissionen bei Erdgasfahrzeugen liegen damit rein rechnerisch unter der Annahme desselben Wirkungsgrads für beide Fahrzeuge, um rund 25 % tiefer als beim Fahrzeug mit Benzinmotor. Mit analoger Berechnung reduziert LPG den CO₂-Ausstoß gegenüber Benzinverbrennung um etwa 15 %.

(7) Die reinen Elektrofahrzeuge sind im Fahrbetrieb emissionsfrei. Die indirekten CO₂-Emissionen beziehen sich auf den Strommix, mit dem die Elektrofahrzeuge beladen werden. Der Strommix beschreibt, welche Energieträger mit welchem Anteil bei der Stromproduktion beteiligt sind. Während ein Kohlekraftwerk über ein Kilogramm CO₂ pro kWh emittiert, sind es bei Windkraftanlagen nur etwa 20 Gramm. Gemäß Öko-Institut hat der Deutsche Strommix einen Emissionsfaktor von rund 500 g CO₂ pro erzeugter kWh⁷¹. Bei den regenerativen Energien (Solar, Wind, Biomasse usw.) wird der CO₂-Ausstoß auf die Herstellung der Energiewandler (etwa Windkraftanlagen oder Solarzellen) bezogen. Deshalb ist der CO₂-Emissionsfaktor auch bei Ökostrom nicht gleich Null, sondern wird im Modell mit einem reduzierten Satz von 200 g°CO₂ pro kWh angenommen.

Luftverschmutzung

(8) Bei der Luftverschmutzung werden folgende Emissionsarten betrachtet: Partikel (Feinstaubpartikel; PM), Stickoxide (NO_x) und Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe (NMCH). Bei den Partikeln werden zudem zwei Größenkategorien unterschieden, da es speziell die kleinen Feinstaubkörner (unter 2,5 µm) sind, welche besonders tief in die Atemwege eindringen und deshalb gesundheitsschädlicher sind. Die kleinen Partikel entstehen vor allem bei der Verbrennung von Diesel.

68 Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie (2006)

69 Die Dichte von Benzin beträgt 0,75 [kg/l] und von Diesel 0,83 [kg/l]

70 Vgl. TCS (2009), S. 12

71 Vgl. Öko-Institut e.V. (2009)

(9) Neben dem Feinstaub sind es speziell die Stickoxid-Emissionen, die für die Luftverschmutzung relevant sind. NO_x-Emissionen entstehen während oder nach der Verbrennung von Kraftstoffen, sie greifen die Schleimhäute der Atmungsorgane an und begünstigen dort Infektionen.

(10) Die Daten bezüglich der Emissionsmenge je Schadstoffart und Antriebsvariante werden aus der REMOVE-Datenbank⁷² sowie der Studie „Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten in aktuellen Personenwagen“ abgeleitet.⁷³

(11) Mit der monetären Bewertung der Luftschadstoffe kommt zum Ausdruck, wie schädlich die einzelnen Stoffe für Mensch und Umwelt eingestuft werden. In der Studie „External Cost of Transport in Europe“ von CE Delft et al. (2008 und 2011) werden Kostensätze für Luftverschmutzung aufgeführt. Die Kostensätze sind nach Fahrgebiet (Stadt, Agglomeration und Land) und Emissionsart differenziert.

5.2.3 Bewertung

(1) Das Modell bietet auf der Grundlage der Bewertungskriterien drei Möglichkeiten zur Auswertung an: ökologische, ökonomische und die gesamte Bewertung. Alle Kriterien haben eine einheitliche Basis EUR/Jahr und können addiert werden. Es ist zu beachten, dass das ökonomische Ranking der Antriebe ein anderes als beim ökologischen Ranking sein könnte, und in der Gesamtsumme wird deutlich, welcher Antrieb sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Perspektive am besten geeignet ist.

(2) Auf der Grundlage der gewählten Kriterien und der Bewertung werden sowohl ökologische Nachteile des Dieselantriebs als auch seine ökonomischen Vorteile deutlich; ebenso werden ökonomische Nachteile eines umweltfreundlicheren Elektrofahrzeuges sichtbar. Die Ergebnisse der Bewertung stellen die prinzipielle Eignung der Antriebe für das Einsatzgebiet heraus, berücksichtigen ökologische Kriterien und liefern die Grundlage für einen ökologisch vertretbaren und wirtschaftlich tragbaren Beschaffungsvorschlag.

72 Transport and Mobility Leuven (2010)

73 EMPA et al. (2007)

6 Fazit

(1) Im PKW-Segment werden die Fahrzeuge häufiger geleast, weshalb sie im Durchschnitt moderner, effizienter und sauberer sind als die gekauften Kfz im LNF-Segment. Der überdurchschnittlich hohe Anteil an Erdgasfahrzeugen sowohl bei den Personenwagen als auch bei den LNF zeugt von einem umweltbewussten Beschaffungsvorgang bei dem auch ökologische Kriterien berücksichtigt werden. Auch die drei Elektrotransporter im LNF-Segment stehen für die Berücksichtigung ökologischer Kriterien.

(2) Gleichzeitig ist beim LVR großes Potenzial für eine weitere Ökologisierung der Flotte vorhanden. Über 90% der PKW werden mit konventionellen Kraftstoffen betrieben. Auch bei den LNF ist das Potenzial der alternativen Antriebe noch lange nicht ausgeschöpft. Je nach Einsatzzweck und örtlichen Gegebenheiten ergeben sich jedoch unterschiedliche Anforderungen, was wiederum die Eignung einer Antriebsvariante bestimmt.

(3) Ein Instrument zur Bewertung verschiedener Antriebsformen bietet das im Rahmen dieses Projektes entwickelte Bewertungsprogramm. Basierend auf dem Fahrprofil und den örtlichen Gegebenheiten, werden ökonomische und ökologische Größen der einzelnen Antriebe zusammengestellt und miteinander verglichen. Das Resultat ist ein Ranking und eine Antriebsempfehlung der Antriebe bezogen auf die fahrprofilbezogenen Eingaben. Die Bewertung findet unabhängig von kraftstoffspezifischen Präferenzen statt und soll so einen sinnvollen Vorschlag zur Fahrzeugbeschaffung unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien liefern.

(4) Für die eigentliche Entscheidung beim Umwelt- und Vergabeausschuss spielen weitere Kriterien eine Rolle, wie etwa Budgetvorgaben oder auch der politische Wille zur Einhaltung von Umweltstandards über das gesetzliche Maß hinaus. Beispielweise hat der Ältestenrat des Deutschen Bundestags beschlossen, für seine Fahrbereitschaft nur noch Fahrzeuge auszuwählen, die maximal 140 g CO₂/km emittieren. Ein weiteres Beispiel ist die Stadt Freiburg mit der im Jahr 2007 beschlossenen Umstellung der Flotte auf Fahrzeuge mit Erdgasantrieb.⁷⁴

(5) Mit dem vorgestellten Modell kann eine begründete Entscheidungsgrundlage für den Beschaffungsvorgang vorbereitet werden, um den LVR auf dem Weg zur Ökologisierung der Flotte zu unterstützen.

⁷⁴ Vgl. dena (2011), S. 29

Anhang

Quellenverzeichnis

Ahrens, A.; Baum, H. et al. (2012): Herausforderungen bei der Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland. In: Straßenverkehrstechnik 1. 2012. S.°11-19.

Burgdorf, J. (2013): Welches Gas treibt besser? In: Verkehrsrundschau 17/2013. S. 88-90.

CE Delft et al. (2011): External Costs of Transport in Europe, Update Study for 2008. Delft.

CE Delft et al. (2008): Handbook on estimation of external costs in the transport sector; Version 1.1. Delft.

De Haan van der Weg, P.; et al. (2010): Übernahme des 175-g-Zielwerts für neu in Verkehr gesetzte Leichte Nutzfahrzeuge. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE. Zollikon.

Die Bundesregierung (2011): Regierungsprogramm Elektromobilität. Berlin.

Die Bundesregierung (2007): Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm. Berlin.

Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA et al. (2007): Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten in aktuellen Personewagen.

Deutsche Energie-Agentur dena (2011): Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix. Handlungsbedarf und Lösungen für eine beschleunigte Etablierung im Verkehr. Berlin.

Gemis4.8. (2011). Globales Emissionsmodell integrierter Systeme.

Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (2005): Strategie 2030 – Energierohstoffe. Hamburg.

Initiative Erdgasmobilität: 1. Zwischenbericht. Berichtszeitraum 2011/2012.

Krafftahrt-Bundesamt zum Straßengüterverkehr: Statistische Mitteilungen. Flensburg. Mehrere Jahre.

Krafftahrt-Bundesamt: PKW-Bestand und Neuzulassungen. Flensburg Mehrere Jahre.

Matheys et al. (2006): Comparison of the Environmental impact of 5 Electric Vehicle Battery technologies using LCA.

Notter, D. A. (2009): Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles. Zürich: Empa.

Öko-Institut e.V. (2009): RENEWABILITY - Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030. Berlin.

Prognos AG (2013): Welt Report 2013. Basel.

Schade, W. et al. (2012): Zukunft der Automobilindustrie. Innovationsreport. Vorläufige Fassung vom September 2012. Berlin.

Schümann, H. (2012): der Fortschritt kommt mit 130 Sachen – aber zu kurz. Weite Wege führen so schnell nicht zum Ziel: Der Renault Kangoo Z.E. im Praxistest auf der Kurzstrecke. In: der Tagesspiegel vom 21. Mai 2012. Nr. 21338.

Shell Deutschland Oil GmbH (2013): Erdgas. Eine Brückentechnologie für die Mobilität der Zukunft? Hamburg.

Shell Deutschland Oil GmbH (2010): Shell Lkw-Studie. Fakten, Trends und Perspektiven im Straßengüterverkehr bis 2030. Hamburg.

Shell Deutschland Oil GmbH (2009): Shell PKW-Szenarien bis 2030. Fakten, Trends und Handlungsoptionen für nachhaltige Automobilität. Hamburg.

Statistisches Bundesamt: Daten zur Energiepreisentwicklung - Lange Reihen. Wiesbaden. Mehrere Jahren

Schweimer, D. (1996). Sachbilanz eines Golf. Wolfsburg: Volkswagen.

Touring Club Schweiz TCS (2009): Alternative Treibstoffe und Antriebe. Verner.

Transport and Mobility Leuven (2010): REMOVE Model Software. Model code v3.3.2. Link: <http://www.tremove.org/model/index.htm>. Leuven.

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2013a): ADBLUE®. Berlin.

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2013b): Jahresbericht 2013. Berlin.

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2010): Antriebe und Kraftstoffe der Zukunft. Berlin.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. (2006): Klimawirksame Emissionen des PKW-Verkehrs. Wuppertal: VisLab Wuppertal Institut.

Internetseiten:

ADAC: <https://www.adac.de/>; Zugriff 30.07.2013

Auto Motor Zubehör amz.de: <http://www.amz.de/der-grosse-sprung/150/1728/71509/>; Zugriff 29.07.2013.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): <http://www.bmvbs.de>; Zugriff 17.07.2013.

Das Portal für europäische Nachrichten, Hintergründe und Kommunikation
EuroActive.de: <http://www.euractiv.de/>; Zugriff 18.07.2013

Deutsche Energie-Agentur dena: <http://www.dena.de/>; Zugriff 11.07.2013.

Deutscher Verband Flüssiggas e.V.: <http://www.dvfg.de/de/verband/>; Zugriff
18.07.2013

Duden: <http://www.duden.de/>; Zugriff 24.09.2013

EHI Handelsdaten.de: <http://www.handelsdaten.de/>; Zugriff 12.07.2013

E-Tankstellen Finder: <http://e-tankstellen-finder.com/at/de/catalog/index/de/0;>
Zugriff 12.07.2013

Initiative Erdgasmobilität: <http://www.erdgasmobilitaet.info/>; Zugriff 11.07.2013.

Prognosen und Strategieberatung
für Transport und Verkehr

Henric Petri-Strasse 9
CH-4010 Basel
Tel: +41 61 3273 470
Fax +41 61 3273 471
E-mail info@progtrans.com
www.progtrans.com

Optimierung der Fahrzeugflotte des Landschaftsverbandes Rheinland

Gutachten zur Auswertung der technologischen Weiterentwicklung des Fahrzeugmarkts zur Einkaufsoptimierung der Fahrzeugflotte des Landschaftsverbandes Rheinland (LVR)

Projektleiter:

Dr. Stefan Rommerskirchen (ProgTrans)

Natalia Anders (ProgTrans)

Alex Auf der Maur (ProgTrans)

Samuel Straßburg (Prognos)

Basel, 24.09.2013

Auftraggeber: Landschaftsverband Rheinland (LVR); Fachbereich Umwelt