

Die Modellentwicklung in der deutschen Autoindustrie: Gewicht contra Effizienz

Verfasser des Gutachtens:

Prof. Dr. Eckard Helmers

Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier

Fachbereich Umweltplanung/Umwelttechnik

Trier, 09.09.2015

Inhalt

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung: Klimarelevanz der Fahrzeugemissionen..... | 3 |
| 2. Die Evolution von PKW: Zusammenhang zwischen Gewicht, Leistung und Verbrauch..... | 4 |
| 3. Hintergründe und Entwicklung europäischer Emissionsziele für PKW | 8 |
| 3.1 Freiwilliges Abkommen von 1998 zwischen ACEA und Europäischer Kommission | 8 |
| 3.2 Gesetzliche Regelung der CO ₂ -Emissionen von Neufahrzeugen durch die Europäische Union von 2009 | 11 |
| 4. Analyse der Modellentwicklung bei deutschen PKW-Herstellern | 13 |
| Volkswagen AG..... | 13 |
| Audi AG..... | 16 |
| Daimler AG | 17 |
| BMW AG | 19 |
| Adam Opel AG | 20 |
| Ford-Werke GmbH | 21 |
| Schlussfolgerungen: Analyse der Modellentwicklung bei deutschen PKW-Herstellern | 22 |
| 5. Norm- und Realverbrauch: Das Problem mit der Wahrheit..... | 23 |
| 6. Zusammenfassung..... | 26 |
| Literatur | 27 |

1. Einleitung: Klimarelevanz der Fahrzeugemissionen

172 Nationen haben im Jahr 1992 auf der UN-Konferenz in Rio de Janeiro nachhaltige Entwicklung zu einem Leitprinzip ihrer Politik erklärt. Das globale Verkehrssystem wurde hierbei besonders hervorgehoben, um „Fahrzeugemissionen, Verkehrsstaus sowie durch Luftverschmutzung und Smog verursachte Gesundheitsprobleme zu reduzieren“ (UN, 1992).

Es geht um die Reduktion von toxischen wie klimarelevanten Abgasemissionen. In diesem Gutachten stehen die CO₂-Emissionen im Vordergrund, welche direkt an den Kraftstoffverbrauch (Energieverbrauch) des Fahrzeugs gekoppelt sind. Im Grundsatz nehmen parallel zur Reduktion des Verbrauchs bzw. der CO₂-Emissionen auch die toxischen Emissionen ab – wenn man den gleichen Treibstoff betrachtet.

Der Transportsektor ist von besonderer Relevanz im Hinblick auf die globalen Treibhausgasemissionen. Im fünften Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) werden 14 % der weltweiten Treibhausgas-Emissionen diesem Sektor zugeordnet (Roy, 2014). In Deutschland ist allein der Straßenverkehr für 17,4 % der nationalen CO₂-Emissionen verantwortlich (Zahl für 2010, UBA 2012). Beim Endenergie-Verbrauch macht der Transportsektor global sogar 28 % aus (IPCC, 2014). Die weltweiten Treibhausgasemissionen des Transportsektors haben sich seit 1970 verdoppelt; ein stärkerer Anstieg als in jedem anderen Sektor. Umso alarmierender ist, dass eine Vervierfachung der Zahl an Fahrzeugkilometern bis 2100 erwartet wird (Roy, 2014). Selbst in Deutschland mit seinem weitgehend gesättigten Fahrzeugmarkt steigt die Zahl der zugelassenen PKW weiterhin an. Im Jahr 2014 lagen die Zulassungen von Neufahrzeugen in Deutschland mit rund drei Millionen Einheiten (KBA, 2015) auf konstant hohem Niveau. Innerhalb von rund 15 Jahren lässt sich der PKW-Bestand in Deutschland auf diese Weise weitgehend austauschen (Helmers & Kümmerer, 1999). Das ist eine gute Nachricht für den Fall, dass in Zukunft erheblich sparsamere und emissionsärmere Fahrzeuge angeboten werden sollten.

In diesem Gutachten geht es primär um die Evolution von Personenkraftwagen der deutschen Hersteller. Die deutsche Autoindustrie hat eine starke Weltmarktposition: Von im Jahr 2014 weltweit hergestellten 72,3 Millionen Personenkraftwagen (ACEA, 2015) entfallen auf deutsche Automobilunternehmen rund 16 Millionen (errechnet nach Daten von Statista.com, 2015, einschl. jeweils 1 Million Fahrzeuge von Opel und Ford Deutschland), das sind rund 22 % der weltweit hergestellten Autos. Das bedeutet, dass in der deutschen Autoindustrie getroffene Modellentscheidungen in erheblicher Weise beeinflussen, mit welchen Autos nicht nur Europäer, sondern Menschen auf der ganzen Welt fahren. Anders formuliert: Würden deutsche Unternehmen auf die Entwicklung und den Verkauf besonders effizienter und umweltfreundlicher Autos setzen, könnte dies weltweit Treibhausgas- und toxische Emissionen im Verkehrssektor erheblich senken. Setzen deutsche Autohersteller umgekehrt bevorzugt auf schwere und hochmotorisierte Fahrzeuge, sowie weiterhin vor allem auf Verbrennungsmotoren, verstärkt dies global Treibhausgas- und toxische Emissionen, denen Klima, Umwelt, Verkehrsteilnehmer und Anwohner an den Straßen ausgesetzt sind.

Die Firma Toyota hat nach eigenen Angaben inzwischen mehr als acht Millionen Benzin-Hybride verkauft, wodurch mehr als 58 Millionen t CO₂ eingespart worden sein sollen (automobilproduktion.de, 2015). Diese Menge entspricht etwa einem Drittel der gesamten CO₂-Emissionen des Verkehrs in Deutschland im Jahr 2010 (UBA, 2012). Gleichzeitig wurden der Umwelt und den Menschen dadurch erhebliche Mengen Feinstaub und Stickoxide erspart.

Ziel der „deutschen Bundesregierung ist eine Reduktion der (Treibhausgas-) Emissionen von mindestens 40 Prozent bis 2020 und 80 - 95 Prozent bis 2050 gegenüber 1990“ (BMUB, 2014). Der Verkehr muss hieran einen erheblichen Anteil haben. Tatsächlich sieht das Umweltbundesamt ein CO₂-Einsparpotential von 50 – 80 % im Verkehrssektor (UBA, 2010). Eine zentrale Rolle werden hierbei auch Effizienzsteigerungen bei PKW spielen müssen. Drei Faktoren sind entscheidend für den Bau effizienter Fahrzeuge: Das Gewicht, die verwendete Antriebstechnik sowie die Leistung.

2. Die Evolution von PKW: Zusammenhang zwischen Gewicht, Leistung und Verbrauch

Die Fahrzeuggewichte haben sich in den vergangenen Jahrzehnten enorm erhöht. Als Beispiel soll hier das meistverkaufte Automodell der Volkswagen AG dienen, das zu seiner Zeit jeweils den deutschen Markt dominiert hat. Beginnend mit einem Gewicht von 600 kg beim VW Käfer des Jahres 1948, nachfolgend ab 1978 mit dem VW Golf erreicht das Fahrzeuggewicht bei einem aktuellen VW Golf des Modelljahres 2015/16 etwa 1.280 kg bei einem Benzin- (Abb. 1). Analog können Dieselmotoren des Typs Golf seit 1978 verglichen werden (Abb. 1): Das Fahrzeuggewicht erhöhte sich hier bis zum Jahr 2015 von 805 auf 1375 kg. Die Gewichte dieser Benzin- und Diesel-PKW nahmen einheitlich um rund 1,6 % pro Jahr zu. Bemerkenswert ist die Kontinuität der Gewichtszunahme über Jahrzehnte; man kann dafür fundamentale Marktmechanismen unterstellen. Die Fahrzeuggewichte von in der Größe vergleichbaren Modellen anderer Hersteller unterscheiden sich nur geringfügig. Auch Leistung und Effizienz orientieren sich jeweils am Mitbewerber.

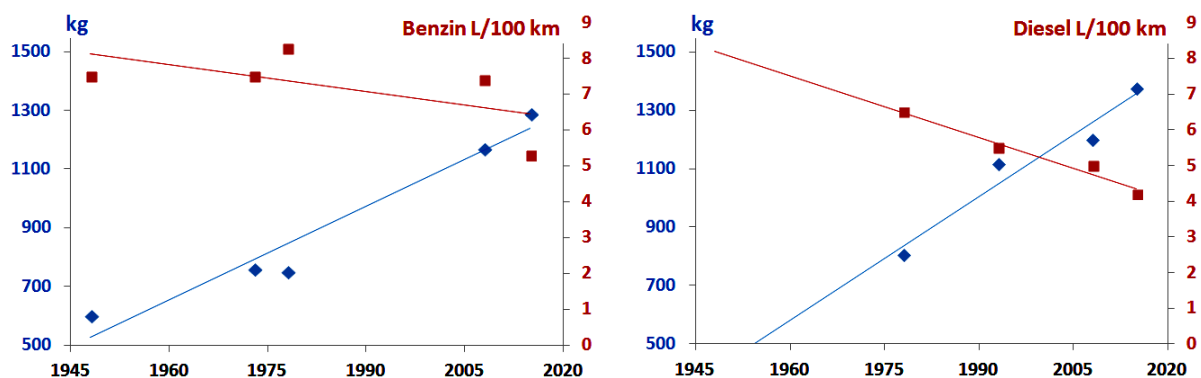


Abb. 1 : Gewichtswachstum und Spritverbrauch eines Kompaktklasse-PKW am Beispiel des jeweils meistverkauften deutschen Autos (links Benzin-: VW Käfer 1948-1973/VW Golf 1978-2015, rechts VW Golf Diesel 1978-2015).

Treibstoffverbrauch und Gewicht eines Fahrzeuges hängen eng zusammen. Obwohl das Gewicht ständig wuchs, ist der Verbrauch der berücksichtigten Kompaktklasse-PKW im betrachteten Zeitraum dennoch, wenn auch nur leicht, gesunken (Abb. 1). Hier wird deutlich, dass Motoren- und Antriebseffizienz in den vergangenen Jahrzehnten enorm zugenommen haben: Mussten 1978 noch 0,8-0,9 L Treibstoff für 100 km und 100 kg Fahrzeuggewicht aufgewendet werden, sank dieser Wert auf aktuell 0,3 L Diesel beziehungsweise 0,4 L Benzin je 100 km und 100 kg Fahrzeuggewicht. Nach einer Analyse des ICCT (2014a) wiesen jedoch die meistverkauften Modelle des VW Golf in den Jahren 2006 als auch noch 2012 den höchsten gewichtsbezogenen Spritverbrauch im Vergleich mit Fahrzeugen anderer Marken auf.

Der hier berücksichtigte Volkswagen Golf des Modelljahres 2015/2016 (Abb. 1) ohne besondere Spritsparteknik verbraucht 5,3 L/100 km in der Benzin-, sowie 4,2 L/100 km in der Dieselfassung nach NEFZ (neuer europäischer Fahrzyklus). Dies entspricht einer CO₂-Emission von 122 g/km für den Benziner sowie 111 g/km für das Dieselfahrzeug. Hätte man das Gewicht entsprechend dem Standard von 1978 bei 800 kg belassen, und legt man die derzeit effizienteste serienmäßig verfügbare Motortechnik dieses Herstellers zugrunde, könnte ein VW Golf heute etwa 3,3 L Benzin/100 km (76 g CO₂/km), 2,4 L Diesel/100 km (63 g CO₂/km) bzw. 2,1 kg Erdgas/100 km (58 g CO₂/km) verbrauchen.

Diese Rechnung verdeutlicht die Effizienz-Reserven, die bei Vorhandensein entsprechender Anreize verfügbar gemacht werden könnten. Parallel zum Gewichts- und Größenwachstum von Automodellen wie dem VW Golf wurden allerdings über die Jahre neue Modelle in den Markt eingeführt, die jeweils die Lücke des inzwischen vergrößerten Modells einnahmen, wie z.B. der VW Polo für den VW Golf bzw. der VW Lupo/up! für den VW Polo. Doch selbst ein VW Polo wiegt derzeit rund 1.200 kg. PKW müssten im Interesse des Klimaschutzes und der Ressourceneffizienz erheblich abspecken.

Der Leistungsbedarf eines Fahrzeugs, die zweite Effizienzentscheidende Größe, steigt proportional mit dem Fahrzeuggewicht, wenn es darum geht, schweren Autos die gleichen Fahrleistungen wie leichten zu ermöglichen. Dem Anstieg des Gewichts bei den Kompaktklasse-PKW des Volkswagen-Konzerns wird also ein Anstieg der Motorleistung gefolgt sein. Dieser fällt jedoch überraschend wesentlich stärker aus: Nahm das Fahrzeuggewicht um 1,6 % pro Jahr zu, stieg die Motorleistung der Benziner-PKW um 2,9 % pro Jahr, die der Diesel-PKW sogar um 6,5 % pro Jahr (Abb. 2). Die Motorleistung der Benziner stieg also rund doppelt so schnell wie das Fahrzeuggewicht, die der Dieselfahrzeuge sogar rund viermal so schnell. Die herausragende Zunahme der Motorleistung bei Diesel-PKW geht einher mit einem „Rebound-Effekt“, sichtbar an nur wenig sinkenden bzw. stagnierenden CO₂-Emissionen von Diesel-PKW-Neuzulassungen in Europa in den Jahren 2000 bis 2007 (Abb. 3). Dieser Rebound-Effekt war besonders ausgeprägt in Deutschland, wo zwischen 2001 und 2006 die CO₂-Emissionen neu zugelassener Diesel-PKW sogar zunahmen (Helmers, 2010). Offenbar haben viele Kunden in Deutschland und in weiteren europäischen Ländern, motiviert durch eine übermäßige Subventionierung von Dieselsprit, immer größere und stärker

motorisierte Diesel-PKW gekauft. In der Folge gibt es aktuell kaum noch einen Unterschied in der CO₂-Emission neu zugelassener Diesel und Benzinern in Europa (Abb. 3).

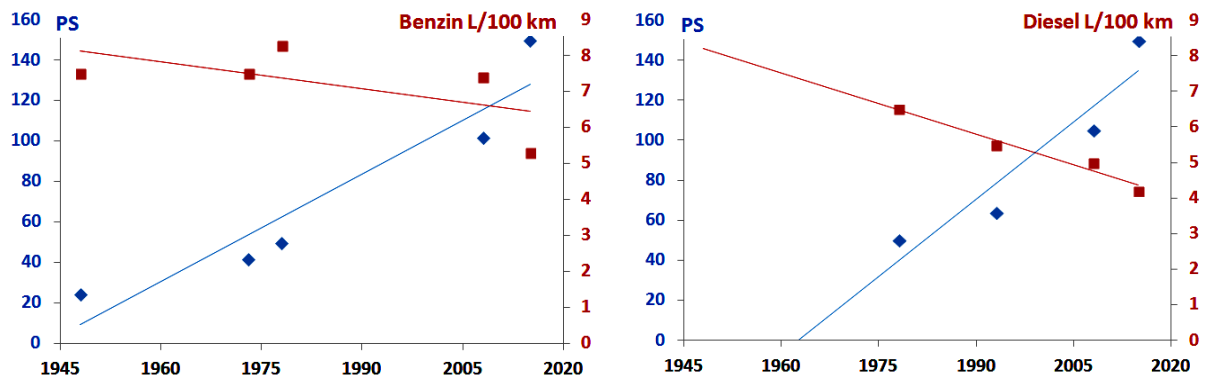


Abb. 2 Leistungswachstum und Spritverbrauch eines Kompaktklasse-PKW am Beispiel des jeweils meistverkauften deutschen Autos (links Benzinern: VW Käfer 1948-1973/VW Golf 1978-2015, rechts VW Golf Diesel 1978-2015).

Die weit überproportionale Zunahme der Motorleistung hat eine weitere Steigerung des Treibstoffverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen zur Folge, denn die angebotene Leistung wird von den Autofahrern – besonders in Deutschland mit seinem fehlenden Tempolimit auf Autobahnen – auch abgerufen. Zusätzlich zu den bereits erwähnten erheblichen Effizienz-Reserven bei der Gewichtsreduktion gäbe es deshalb weitere Einsparreserven durch Leistungsreduktion. Das Statistische Bundesamt vermeldet folglich in seiner Pressemitteilung vom 11. Juni 2015: „*Gestiegene Motorleistung verhindert stärkeren Rückgang der CO₂-Emissionen*“ (Destatis, 2015). Das Statistische Bundesamt verzeichnet bei den Neuzulassungen einen Anstieg von 1,4 % pro Jahr im Zeitraum zwischen 2005 und 2013 und bilanziert: „*Mit einer hinsichtlich der Motorleistung unveränderten Pkw-Flotte wären im Jahr 2013 trotz steigender Bestände CO₂-Einsparungen in Höhe von 12,0 % möglich gewesen. Tatsächlich sanken die CO₂-Emissionen jedoch nur um 1,6 %.*“ (Destatis, 2015). Die Motorleistung nimmt derzeit in allen Fahrzeugsegmenten kontinuierlich zu (ICCT, 2014a).

Weil die Hersteller die Leistung der Fahrzeuge überproportional erhöht haben, sind heute die Ansprüche der Kunden an das Beschleunigungsvermögen ebenfalls erheblich gestiegen. Das Angebot an immer leistungstärkeren Autos zieht auch hier eine entsprechende Nachfrage nach sich. Besonders das hohe Drehmoment moderner Diesel-PKW ermöglicht heute auf deutschen Straßen selbst noch bei Tempo 160 ehemals ungekannte Beschleunigungsvorgänge. Durch Turboaufladung bei Benzinern versuchen die Hersteller, den Kunden auch hier erheblich gesteigerte Drehmomente zur Verfügung zu stellen. Bereits 1998 wiesen PKW in Deutschland die 4-5fache Leistung auf, als zum Fahren bei Tempo 100 eigentlich erforderlich wäre (Petersen & Diaz-Bone, 1998). Zudem bieten die meisten Hersteller selbst in der Kompaktklasse Spitzenmodelle mit mehreren 100 PS Leistung an, wie derzeit Volkswagen den Golf R mit 300 PS. Dies bedeutet, dass

„niedriger motorisierte Modellausführungen die Auslegung auf die Spitzenmodelle als verbrauchszehrende Last mittragen“ (Petersen & Diaz-Bone, 1998).

Das kontinuierliche Gewichts- und Leistungswachstum von PKW spiegelt einen seit Jahrzehnten weitgehend unregulierten Markt wider, in dem Ressourceneffizienz nachrangig ist. Leistungs- und gewichtsreduzierte Fahrzeuge wären am effizientesten. Aber deutsche Autos setzen immer mehr Speck an und sollen außerdem sehr schnell sein.

Das Argument der Hersteller, die Kunden wünschten mehr Komfort (mit der Folge erhöhten Gewichts), greift zu kurz. Die Hersteller selbst scheinen ein Interesse zu haben, technisch möglichst komplexe und damit schwere Fahrzeuge auf den Markt zu bringen, da dies Umsatz und Gewinn steigert und aufgrund zunehmend anspruchsvoller Wartungs- und Reparaturanforderungen geschlossene Systeme (in denen im Wesentlichen nur Vertragswerkstätten agieren können) erzeugt. Eine bevorzugte Strategie für Hersteller, den Umsatz in einem gesättigten Markt zu erhöhen, ist eine Verteuerung der Produkte, die den Kunden über zunehmende Komplexität – sprich Ausstattungsdetails – vermittelt werden kann.

Die auffällige Gewichtszunahme von PKW deutscher Hersteller wird durch weitere spezifische Marktmechanismen begünstigt: Nahezu zwei Drittel aller Neuwagen in Deutschland werden gewerblich zugelassen, der Großteil davon kommt in Firmenflotten zum Einsatz, die üblicherweise für eine Zeit von drei Jahren geleast werden. Im Wettbewerb um den wichtigen Leasing-Markt entscheiden Preis und Performance eines Fahrzeugs (Fahrleistungen, Komfort). Die komplexe Technik hat für den Leasing-Kunden, der vor Reparaturkosten geschützt ist, Komfortvorteile. Die Kunden des nachgeschalteten Gebrauchtwagenmarktes haben dagegen ein geringeres Interesse an technisch komplexen und damit reparaturanfälligen Fahrzeugen, aber sie entscheiden nicht über die Modellwahl bei der Neufahrzeugbestellung. Zu den Folgen besonders komplexer, mit gesteigertem Komfort einhergehender Fahrzeugtechnik zählt, neben höheren Reparaturkosten nach Ablauf der Garantie, auch der höhere Verbrauch. Für den Fahrer eines Dienstfahrzeugs spielt der Verbrauch nur eine untergeordnete Rolle, da sein Arbeitgeber für die Spritkosten aufkommt. Dieser kann die Kosten dann steuerlich geltend machen. Seit Jahren wird deshalb eine Deckelung bzw. eine im Sinne der Emissionsminderung wirksame Umgestaltung der steuerlichen Absetzbarkeit von Dienstwagen-Kosten gefordert (VCD, 2013). Neben der Ausgestaltung der Unternehmenssteuern ist hierbei auch die Besteuerung der privaten Nutzung von Dienstwagen von Belang. Die gegenwärtige Ausgestaltung der steuerlichen Absetzbarkeit von privat genutzten Dienstwagen in Deutschland halbiert in etwa die tatsächlichen Kosten des Autofahrens für die begünstigten Personen (VCD, 2013). Hierdurch erfährt die Autoindustrie (zumeist die deutschen Hersteller der als Dienstwagen bevorzugt geordneten Modelle der Mittelklasse und Oberklasse) eine indirekte Subventionierung und weiteren Anreiz, vermehrt komplexe und damit schwere Fahrzeuge mit relativ hohen Emissionen auf den Markt zu bringen.

Das beschriebene, jahrzehntelange Gewichts- und Leistungswachstum von PKW konterkariert großenteils den Versuch, technischen Fortschritt in Verbrauchs- und Emissionsreduktionen umzusetzen. Seit 1997 gibt es verstärkte Anstrengungen auf europäischer Ebene, wesentliche

Verbrauchs- und Emissionsreduktionen zu erzielen. Die Wirksamkeit dieser Ansätze wird im Folgenden untersucht.

3. Hintergründe und Entwicklung europäischer Emissionsziele für PKW

3.1 *Freiwilliges Abkommen von 1998 zwischen ACEA und Europäischer Kommission*

In den 1990er Jahren verstärkten sich in Europa politische Forderungen nach Reduktion der klimawirksamen Emissionen des Autoverkehrs. Nicht nur die meisten Mitgliedsländer, sondern auch die Europäische Union selbst unterzeichneten 1997 das Kyoto-Protokoll und verpflichteten sich damit zu weitreichenden Emissionsminderungen. Um die europäische Autoindustrie zur Verringerung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen ihrer Neufahrzeuge zu bewegen, verhandelte die EU-Kommission in den 1990er Jahren das sogenannte „freiwillige Abkommen“ (voluntary agreement) mit der Europäischen Autoindustrie (ACEA), das 1998 besiegelt wurde und eine Reduktion der durchschnittlichen CO₂-Emissionen bei Neuwagen von 186 g/km (Basis 1995) auf 140 g/km im Jahr 2008 vorsah. Anders als in den USA, wo ein sogenanntes „technology forcing“ zweimal zu grundsätzlichen Innovationen und fundamentaler Abgasreduktion geführt hatte (Helmerts, 2009), sah das freiwillige Abkommen lediglich Maßnahmen auf dem Stand der vorhandenen Technik vor. Europäische Autoindustrie und EU-Kommission einigten sich darauf, dass die CO₂-Reduktion auf Basis einer „Verdieselung“ der Neuwagenproduktion erfolgen sollte. Von der EU-Kommission wurde in den Folgejahren erwartet, nichts zu unternehmen, was die Inverkehrbringung von Diesel-PKW behindern könnte. Bis heute erfahren Diesel-PKW deshalb eine Bevorzugung bei der europäischen Emissionsgesetzgebung (zusammengefasst in: Cames & Helmerts, 2013). Der dadurch ausgelöste Diesel-PKW-Boom führte bis 2013 in Europa zu rund 45 Millionen zusätzlichen Diesel-PKW (Cames & Helmerts, 2013). Ob es dadurch zu einer Verringerung des Treibhauseffektes kam, ist höchst zweifelhaft, da Diesel-PKW ohne Partikelfilter aufgrund der Ruß-Emissionen erhebliche Emissionen von CO₂-Äquivalenten zusätzlich mit sich bringen, die der direkten CO₂-Emission des Treibstoffs aufgeschlagen werden müssen und die Emissionsvorteile von Diesel-PKW gegenüber Benzinern weit überkompensieren (Cames & Helmerts, 2013). Etwa die Hälfte der 45 Millionen zusätzlichen Diesel-PKW in Europa seit den 1990er Jahren verfügte ab Werk noch nicht über einen Partikelfilter. Heute ist der Partikelfilter bei Diesel-PKW Standard. Es ist jedoch zu befürchten, dass bei hunderttausenden Diesel-PKW die Partikelfilter ausgebaut werden, nachdem die Fahrzeuge nach einer ersten Laufzeit aus Westeuropa in Richtung Ost- und Südosteuropa bzw. Nordafrika oder Asien exportiert werden. Der europäische Diesel-PKW-Boom bringt höchstwahrscheinlich keinen Nutzen für den Klimaschutz, setzte und setzt jedoch Millionen Menschen zusätzlichen Stickoxid- und Rußemissionen aus (Cames & Helmerts, 2013). In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, dass neu zugelassene Fahrzeuge nach den aktuellen europäischen Emissionsvorschriften ihre typspezifischen Emissionen nur über 160.000 km einzuhalten haben (EU, 2007). Dies ist eine völlig unzureichende Vorgabe angesichts der Tatsache, dass die Mehrzahl von Autos in manchen ost- und südosteuropäischen Staaten über 10 Jahre alt ist (UNECE, 2011) mit einem Durchschnittsalter in manchen Ländern von bis zu 14 Jahren (ACEA, 2014). Die meisten Autos fahren somit in einigen dieser Länder außerhalb staatlicher Emissions-

regulierung. Wenn es jedoch um die Begrenzung des globalen Treibhauseffektes geht, so sind die Emissionen aller Fahrzeuge maßgeblich und nicht nur die der jeweiligen Neufahrzeuge. Anders formuliert: Es ist sicherzustellen, dass die treibhausrelevanten und auch die toxikologisch wirksamen Emissionen von neu zugelassenen Fahrzeugen bis zum Ende ihrer regelmäßigen Betriebszeit begrenzt werden. Dies liegt in der Verantwortung wohlhabender westeuropäischer Länder, die den Großteil der Fahrzeugindustrie beheimatet. In den USA gelten folgerichtig wesentlich strengere Vorschriften: Emissionsgrenzen für PKW sind bis zu 150.000 Meilen (241.000 km) bzw. über 15 Jahre einzuhalten (Dieselnet.com, 2015).

Diesel-PKW wurden im freiwilligen Abkommen von 1998 zwischen ACEA und EU- Kommission als geeignete Lösung angesehen, weil sie effizienter (d.h. mit niedrigeren CO₂-Emissionen) als vergleichbare Benzinern betrieben werden konnten. Dies lag weniger an einem inhärenten Effizienzvorteil des Dieselmotors als vielmehr darin, dass gerade die Dieseltechnik insbesondere von der Automobilzulieferindustrie (z.B. der Robert Bosch GmbH) über die vergangenen beiden Jahrzehnte stark verbessert wurde. Benzinmotoren holen neuerdings durch Downsizing erheblich auf. Betreibt man dagegen Benzinmotoren mit Flüssig- oder Erdgas, so stoßen sie weniger CO₂ als Diesel-PKW aus (Helmers, 2010). Hierin hätte eine kostengünstige Alternative zum europäischen Diesel-PKW-Boom gelegen.

Eine weitere technische Option zu Effizienzsteigerung besteht auch weiterhin in der Elektrifizierung. Im Jahr 1997 brachte die Firma Toyota das benzinbetriebene Elektrohybrid-Modell „Prius“ auf den japanischen Markt, einen technischen Meilenstein. Toyota war mit etwa einer Milliarde Dollar Entwicklungskosten für diese Technologie in Vorleistung getreten und führte das Fahrzeug im Jahr 1999 dennoch zu einem Preis von nur rund 20.000 Dollar auf dem amerikanischen Markt ein, was die Herstellungskosten offenkundig zunächst nicht deckte (CNN, 2006). Zum Vergleich: Der für den Elektro-Smart im Jahr 2014/15 von der Firma Daimler verlangte Mehrpreis von rund 11.000 Euro gegenüber der Version mit Verbrennungsmotor lässt sich nur etwa zur Hälfte durch zusätzliche Aufwendungen für die eingebaute Batterie begründen. Für die andere Hälfte muss ein Gewinnaufschlag unterstellt werden. Während Toyota mit anfänglicher firmeninterner Subventionierung und langem Atem aus dem Prius eine weltweite Erfolgsgeschichte machte, stellte Daimler Mitte 2015 die Produktion des Elektro-Smart ein, obwohl er bis dahin das zweithäufigste in Deutschland verkaufte Elektroauto war. Bis Ende 2016 soll es keinen weiteren Elektro-Smart geben (Tagesspiegel, 2015).

Der Elektrohybrid stand also bereits zur Diskussion, als ACEA und Europäische Kommission 1998 die freiwillige Vereinbarung zur CO₂-Reduktion schlossen. Die Audi AG hatte im Jahr 1997 ebenfalls einen Elektrohybrid präsentiert, den Audi Duo. Mit einem Preis von etwa 65.000 DM war er allerdings erheblich teurer als der Toyota Prius, wurde entsprechend wenig nachgefragt und folglich wieder eingestellt. Eingedenk der Kosten, welche die Elektrohybridisierung mit sich bringen würde, versuchte sich die europäische Autoindustrie auf die bereits verfügbare Diesel-Technik zu fokussieren. Sie gewann mit der Europäischen Kommission eine Verbündete, die dem Diesel-PKW-Boom durch abgeschwächte Emissionsanforderungen den Weg bereitete. Aufgrund der in vielen europäischen Ländern geltenden Steuerbegünstigung für Diesel-Treibstoff im

Vergleich zu Benzin gelang es sogar, die Elektrohybriden von Toyota und Honda, die eine Konkurrenz für die europäischen Diesel-PKW hätten sein können, weitgehend vom europäischen Markt fern zu halten. Durch die ‚Verdieselung‘ gelang so das Kunststück einer teilweisen Marktab-schottung: Nennenswerte Anteile von Diesel-PKW fahren außer in Europa nur in Indien und Südkorea. Die japanischen benzinbetriebenen Elektrohybride sind jedoch als Weltautos geplant und passten so kaum mehr in den europäischen Markt. In Japan verringerten sich in den Folgejahren die CO₂-Emissionen neu zugelassener Fahrzeuge aufgrund einer schnell ansteigenden Zahl an Hybridautos wesentlich schneller als in Europa (Abb. 3). Anders als beim Diesel-PKW-Boom in Europa war und ist dies zudem nicht mit zusätzlichen Stickoxid- und Feinstaubemissionen verbunden.

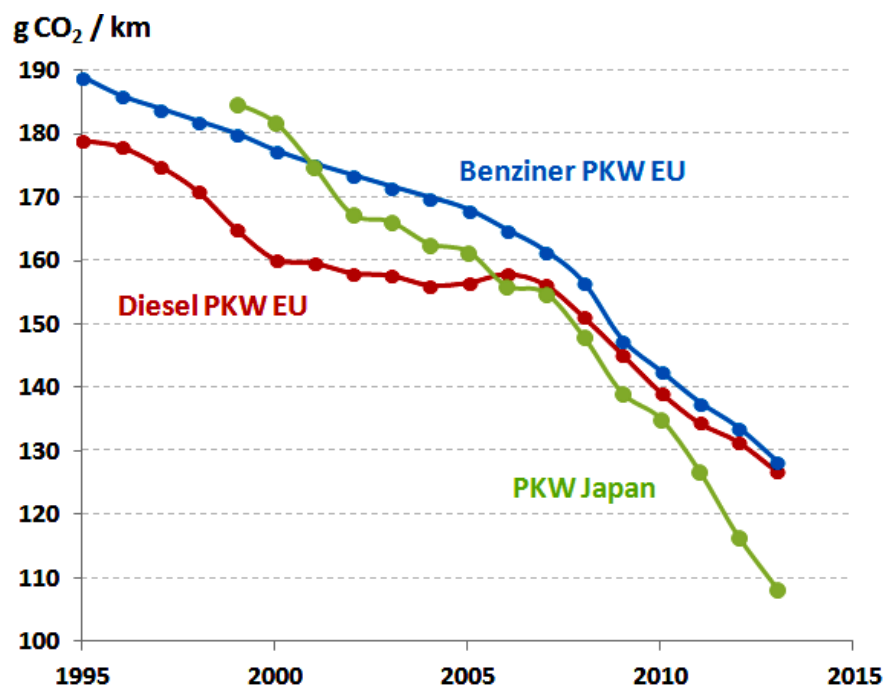


Abb. 3 Zeittrend der CO₂-Emissionen von neu zugelassenen PKW (Vergleich EU - Japan). Datenquelle: Cames & Helmers, 2013; EEA 2014; JAMA 2015

Das freiwillige Abkommen zwischen europäischer Autoindustrie und EU-Kommission von 1998 diente somit vor allem dem Wettbewerbsschutz und als Kostensenkungsprogramm für die heimische Autoindustrie. Der europäische Fahrzeugmarkt durfte einen Sonderweg einschlagen, Investitionen in die Elektrifizierung der Fahrzeuge konnten um Jahrzehnte verschoben werden. Dies wirkt sich heute insbesondere in Deutschland hemmend auf die von vielen Seiten erwünschte Einführung von Elektroautos aus.

Das freiwillige Abkommen zwischen europäischer Autoindustrie und EU-Kommission scheiterte jedoch schließlich, weil die CO₂-Emission neu zugelassener PKW im Jahr 2008 bei durchschnittlich

154 g/km statt bei den versprochenen 140 g/km lag (Quandt, 2010). Die Autoindustrie hielt also ihr damaliges Klimaversprechen nicht ein. Auffällig ist, dass im europäischen Vergleich des Jahres 2008 lediglich die deutschen Hersteller mit Ausnahme von Opel und Ford Neuwagen produzierten, die CO₂-Emissionen oberhalb des Durchschnitts aller Fahrzeuge aufwiesen (ICCT, 2011). Auffällig an den langjährigen Daten ist weiterhin, dass die Marke Volkswagen in den Jahren 2002 bis 2008 keine signifikante Senkung der CO₂-Emissionen vornahm (ICCT, 2011). Für Audi gilt dasselbe von 2002 bis 2007, für Mercedes-Benz von 2004 bis 2007 (ICCT, 2011). Einige deutsche Hersteller scheinen das freiwillige Abkommen von 1998 wenig ernst genommen zu haben.

3.2 Gesetzliche Regelung der CO₂-Emissionen von Neufahrzeugen durch die Europäische Union von 2009

Nach dem Scheitern der freiwilligen Vereinbarung zwischen ACEA und Europäischer Kommission wurde in den Jahren 2007 und 2008 europaweit intensiv über eine zukünftige gesetzliche Regelung der CO₂-Emissionen neu zugelassener Autos gestritten. Der Ende 2008 gefundene Kompromiss ist in der EU-Verordnung 443/2009 vom 5.6.2009 niedergelegt (EU, 2009). Der ursprünglich geforderte, durchschnittliche Emissions-Zielwert von 120 g CO₂/km für alle Automarken wurde insbesondere infolge von Interventionen der deutschen Bundesregierung fallen gelassen und durch einen gewichtsbezogenen Grenzwert ersetzt (Beez, 2011). Damit erfährt die Modellpolitik der deutschen Autoindustrie mit Schwerpunktsetzung auf Mittelklasse, Oberklasse, auf SUV (Sport and Utility Vehicles) und Sportwagen erstmals einen gesetzlichen „Artenschutz“. Das wichtigste Ziel auf dem Weg zu effizienteren Autos, die Unterbrechung der kontinuierlichen Gewichtszunahme, wurde damit weitgehend vertagt.

Mit ihrem Lobbying für einen Gewichtsbezug der CO₂-Emissionen konterkarierte die deutsche Bundesregierung ihre Anstrengungen auf anderen Gebieten: Im Rahmen ihrer Elektromobilitäts-offensive fördert sie Projekte und Forschung zur Elektromobilität mit hunderten Millionen Euro. Die Forschungsgelder wurden u.a. von zwei deutschen Universitäten zur Entwicklung von Leichtbau-Elektroautos genutzt, dem Visio M und dem Street Scooter, die das Gewichts-, Kosten- und Emissionsproblem hätten lösen können. Die deutschen Autohersteller waren an einer Übernahme in die Serie bisher allerdings nicht interessiert.

Die neue Zielsetzung der EU-Verordnung von 2009 ist ein zu erreichender Mittelwert von 130 g CO₂/km im Jahr 2015, der möglicherweise unterschritten wird (ICCT, 2014b). Die Fortschreibung des Rückgangs der durchschnittlichen CO₂-Emissionen neu zugelassener Fahrzeuge der vergangenen Jahre würde eine Punktlandung beim laut EU-Verordnung angestrebten Zielwert von 95 g CO₂/km im Jahr 2021 bedeuten (ICCT, 2014b). Interessant ist, dass bereits die Erwartung schärferer Emissionsvorgaben im Jahr 2008 die Autoindustrie bewegt hat, die bis dahin wenig ambitionierten Reduktionen von 1 %/Jahr auf die vierfache Geschwindigkeit (4 %/Jahr seit 2008) zu beschleunigen (ICCT, 2014b). Bemerkenswert auch, dass nur Daimler, BMW und GM oberhalb des Mittelwerts der CO₂-Emissionen neu zugelassener Fahrzeuge des Jahres 2013 liegen. Volkswagen zeigt hierbei eine mittlere Performance; alle anderen Marken weisen Emissionswerte (g CO₂/km) unterhalb des Mittelwertes auf (ICCT, 2014b). Die Produkte der deutschen Automobilindustrie wiesen also noch 2013 relativ hohe Verbrauchswerte auf. Die punktgenaue Erfüllung der gewichtsbezogenen

Emissionsvorgaben für das Jahr 2015 bereits in 2013 (Daimler, BMW, GM, VW und Fiat liegen mit den CO₂-Emissionen ihrer Neufahrzeuge genau auf dem gewichtsbezogenen Sollwert; Renault-Nissan, Toyota, Ford und PSA liegen darunter) lässt annehmen, dass die erstgenannten Hersteller versuchen, die Vorgaben nicht überzuerfüllen, trotz vorhandener technischer Reserven (siehe nachfolgende Detailanalyse). Jedes erfolgreiche Lobbying zugunsten schwächerer Emissionsvorgaben oder gegen Sanktionen im Falle der Nichterfüllung verlangsamt die Reduktion der CO₂-Emissionen neu zugelassener PKW. Aus dem Einigungsprozess um die EU-Verordnung von 2009 ist dokumentiert, dass die deutsche Automobilindustrie und die deutsche Bundesregierung eine Reihe von Abschwächungen gegenüber den ursprünglichen Entwürfen durchgesetzt haben (Beez, 2011): Neben dem Gewichtsbezug der CO₂-Emission sind dies vor allem die gesonderte Anrechnung von Ökoinnovationen auf die CO₂-Emission, ein abgeschwächter „slope“ (Abhängigkeit der zulässigen CO₂-Emissionen eines Neuwagens vom Fahrzeuggewicht), geringere Strafen im Falle der Nichterfüllung der CO₂-Emissionsziele, sowie die Forderung einer erneuten Überprüfung der Einsparziele durch die EU ab 2013 mit der Hoffnung, dass diese erneut infrage gestellt werden (Beez, 2011). Wie zu Beginn dargestellt, wäre es für die Hersteller problemlos möglich, weniger komplexe, leichtere Fahrzeuge zu bauen, die bis zu 50 % sparsamer sein könnten als heute. Aufstellungen von 2012 und 2015 zeigt zudem, dass bereits seit dem Jahr 2012 serienmäßig angebotenen, besonders sparsamen PKW eine Erfüllung des 95g-Ziels der EU für 2021 über alle Fahrzeugklassen ermöglichen (VCD, 2012 und 2015). Erschwerend kommt hinzu, dass der Gewichtsbezug der CO₂-Emission laut EU-Verordnung von 2009 Leichtbau-Alternativen bestraft: Jede Gewichtsreduktion verringert in diesem System die erlaubte CO₂-Emission und erzwingt weitere (kostenintensive) Einsparmaßnahmen. Der Anreiz zum Bau leichterer Fahrzeuge hat sich auf diese Weise für alle Anbieter in Europa verringert. Sinnvoller wäre hier eine andere Bezugsgröße statt des Gewichts, wie z.B. der „Footprint“ (die Fahrzeugfläche in m²; siehe ICCT, 2013), welche Gewichtseinsparungen belohnen würde.

Auf die Spitze getrieben wurde der Gewichtsbezug jedoch mit der Einführung des „Öko-Labels“ für Autos im Jahre 2011. Diese Art und Weise der Einstufung in Effizienzklassen von A+ bis G wurde in der Öffentlichkeit einhellig kritisiert, weil beispielsweise über zwei Tonnen schwere SUV die Effizienzstufe B erhalten können. Wegen des Gewichtsbezugs der CO₂-Emission könne mit diesem Label außerdem ein Leopard-Panzer die gleiche Einstufung wie ein Smart mhd erhalten (Wirtschaftswoche, 2011). Darüber hinaus wurde berichtet, die deutsche Autoindustrie habe den Entwurf dieser Verordnung für die Bundesregierung selbst verfasst (ZEIT online, 2013).

Die beschriebene Verwässerung der Einsparziele infolge der EU-Richtlinie von 2009 erlaubte es insbesondere der deutschen Autoindustrie, Fahrzeuge anzubieten, die höhere Umwelt- und Gesundheitskosten verursachen. Ohne das beschriebene, erfolgreiche Lobbying vor allem der deutschen Bundesregierung könnte sich die deutsche Autoindustrie hingegen veranlasst sehen, ihre Strategie zu ändern und dem Weltmarkt die effizientesten und saubersten Autos anzubieten, die deutsche Ingenieurskunst hervorzubringen imstande wäre. Es sei erwähnt, dass es hierfür Ansätze gibt und gab: VW Lupo 3L, Audi Duo, BMW i3, Smart ED und weitere. Jedoch wird aus der Preisgestaltung der meisten dieser Produkte deutlich, dass zwar die Technik vorhanden ist, jedoch nicht der Wille, solche Fahrzeuge auf breiter Front in den Markt zu bringen. Selbstverständlich ist

das Preis-Leistungs-Verhältnis spritsparender Innovationen für Kunden entscheidend (Schwarzer, 2015). Das bedeutet, der höhere Aufpreis muss sich durch Treibstoffersparnis innerhalb überschaubarer Betriebszeit rechnen. Wenn die Hersteller technische Innovationen beim Kunden ankommen lassen wollen, werden die Aufpreise auch sinken. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass die Automobilindustrie in früheren Jahren die in der Herstellung etwas teureren Diesel-PKW teilweise durch interne Quersubventionierung auf den Markt brachte (Helmers, 2006). Diese Technik wollte man wirklich beim Kunden platzieren.

4. Analyse der Modellentwicklung bei deutschen PKW-Herstellern

Volkswagen AG

Der Volkswagen-Konzern erwarb im Jahr des Inkrafttretens des freiwilligen Abkommens zur CO₂-Begrenzung (1998) eine Reihe von Luxusmarken (Bugatti, Bentley und Lamborghini), sowie im Jahr 2009, als die EU-Verordnung zur CO₂-Verringerung wirksam wurde, den Sportwagen-Hersteller Porsche. Der Bugatti Veyron gilt mit bis zu 1200 PS als eines der leistungsstärksten in Serie hergestellten Autos. Die Kernmarke Volkswagen, historisch fokussiert auf Klein- und Mittelklassewagen (Käfer, Golf, Passat), erweiterte nach dem Beginn der europäischen CO₂-Regulierung (1998) ihr Portfolio erstmals in Richtung Oberklasse (Phaeton, seit 2002), SUV (seit 2002 mit dem Oberklasse-Modell Touareg, seit 2007 Mittelklasse-Modell Tiguan) sowie mit einem schweren Pick-up Modell (seit 2010 Amarok). Ein Sportwagenmodell (Scirocco) wurde in 2008 nach 16 Jahren Unterbrechung ebenfalls wieder ins Programm aufgenommen. Die Markenentwicklung der Volkswagen AG und die Modellentwicklung der Marke Volkswagen seit 1998 widersprechen damit dem Ziel der Emissionsverringerung.



Abb. 4 Internetseite der Volkswagen AG (VW, 2015)

Volkswagen bietet aktuell rund 24 Modelle auf dem deutschen Markt an. Allein das Modell Golf ist mit 11 verschiedenen Motoren lieferbar, dazu kommen diverse Karosserieversionen. Eine vollständige Übersicht ist hier deshalb nicht möglich. In der Tabelle 1 sind herausragende Sparmodelle aus der Vergangenheit und aktuelle emissionsparende Antriebsversionen verzeichnet. Bekannt geworden ist vor allem das erste Serienauto mit einem Verbrauch von nur 3 L/100 km, der Lupo 3L (vorgestellt 1999, Tab. 1), dessen Effizienzvorteil auf einem deutlich niedrigeren Gewicht basierte. Gegenwärtig, 16 Jahre nach der Vorstellung des Lupo 3L, unterschreitet das Nachfolgemodell up! nicht den Verbrauch von 4,1 L/100 km (Tab. 1). Lediglich der erdgasbetriebene VW up! erreicht nach 16 Jahren wieder die CO₂-Emission des Lupo 3L von 1999, zusätzlich verbunden mit deutlich niedrigeren toxischen Emissionen.

Seit Jahren bietet Volkswagen für verschiedene Modelle technisch einfache Zusatzoptionen mit begrenztem Einsparpotential gegen Aufpreis an („BlueMotion“). Ab dem Modelljahr 2015/16 ist die BlueMotion-Technik nun teilweise serienmäßig. Dafür wird im Modelljahr 2015/16 die spritsparende Zylinderabschaltung aufpreispflichtig angeboten. In der Vergangenheit rechneten sich selbst die BlueMotion-Versionen zumeist nur nach jahrelangem Betrieb, waren also unattraktiv. Die Alternative Flüssiggas, die sich für den Kunden am schnellsten rentierte und die aufgrund der hohen Zahl an Flüssiggas-Tankstellen in Deutschland am praktikabelsten ist, hat VW im Modelljahr 2015/16 aufgegeben. Volkswagen bietet dafür eine vorbildlich große Auswahl an erdgasbetriebenen Fahrzeugen an. Jedoch entsprechen Amortisationszeiten von über 70.000 km im Vergleich zu benzinbetriebenen Version einem mindestens fünfjährigen Betrieb bei einer Jahresfahrleistung von 15.000 km (Tab. 1). Lediglich Gewerbetreibende mit hohen jährlichen km-Leistungen werden diese Angebote als wirtschaftlich attraktiv betrachten. Vollends unattraktiv für Kunden ist die Preisgestaltung von elektrifizierten Volkswagen (Jetta Hybrid, Elektro-up!, Tab. 1). Für den Jetta Hybrid verlangt VW ab 34.650 € aufwärts (Tab. 1). Der Preis, den Mitbewerber Toyota für den vergleichbaren Auris Hybrid aufruft (ab 22.990 €), verdeutlicht, dass Volkswagen nach wie vor kaum Interesse an der Vermarktung emissionsarmer Elektrohybride hat.

Dies gilt offenkundig auch für vollelektrische PKW. Für den Elektro-up! verlangt Volkswagen rund 12.000 Euro mehr als für einen up! mit Verbrennungsmotor (Tab. 1). Die Preise für Lithiumionen-Batteriezellen sanken jedoch schon vor Jahren selbst für Endkunden unter 500 €/kWh (Helmerts & Marx, 2012). Großkunden können Akkus weit günstiger erwerben. Für Tesla wird berichtet, dass die Batteriekosten unter 180 €/kWh gefallen sind (goingelectric.de 2013). Bei geschätzten Kosten von 200 €/kWh würde die Batterie des Elektro-up! (18,7 kWh) weniger als 4.000 € kosten. Die wegfallenden Komponenten des Verbrennungsmotors werden beim Elektroauto durch den Elektromotor und die bordeigene Steuerelektronik sowie Ladeinfrastruktur ersetzt. Hierfür kann in etwa Kostenneutralität unterstellt werden. Elektroautos sind zudem einfacher aufgebaut als Verbrenner (z.B. verfügen Elektroautos gegenwärtig meist nur über 1-Gang-Getriebe, während Verbrennungsmotor-Fahrzeuge Getriebe mit 5-6 Gängen aufweisen). Der Aufpreis von rund 12.000 € für den elektrischen VW-up! kann deshalb, ähnlich wie bei Elektroautos anderer deutscher Hersteller, nicht nachvollzogen werden. Neben dem Elektro-up! bietet Volkswagen einen Elektro-Golf sowie drei plug-in-Hybride (Golf und Passat) an.

Tab. 1. Aufpreispflichtige Spritspartechniken der Volkswagen AG (Beispiele)

| Typ Volkswagen <i>Datenquelle</i> | Produktion | Aufpreis | Verbrauch L/100 km (Norm) | CO₂ g/km | Amortisation über Spritkosten nach ca. |
|--|-------------------|-----------------|--|--------------------------------|---|
| Lupo 1.4 TDI ^a | 2004-2005 | 1.575 € | 4,3 Diesel | 114 | 130.000 km (2004) |
| Lupo 1,2 TDI 3L ^a | 1999-2005 | | 3,0 Diesel | 79 | |
| VW Passat TDI 2,0 ^b | 2010 | 625 € | 5,2 Diesel* | 137 | 110.000 km (2010) |
| VW Passat TDI 2,0 BlueMotion ^b | | | 4,8 Diesel* | 127 | |
| VW Caddy 1,2 ^c | 2014 | 2238 € | 7,0 Super* | 185 | 65.000 km (2014) |
| VW Caddy 1,6 BiFuel ^d | | | 10,0 LPG* | 157 | |
| VW Golf TSI 1,4 2-tg. ^e | 2015 | 400 € | 5,3 Super | 121 | 77.000 km |
| VW Golf TSI 1,4 2-tg. ACT (Zylinderabsch.) ^e | | | 4,9 Super | 112 | |
| VW Golf TSI 1,2 4-tg. ^e | 2015 | 3.550 € | 5,0 Super | 115 | 110.000 km |
| VW Golf TGI 1,4 4-tg. BlueMotion ^e | | | 3,5 kg Erdgas | 94 | |
| VW Jetta TSI 1,4 ^f | 2015 | 7.875 € | 5,2 Super | 119 | 550.000 km |
| VW Jetta TSI Hybrid ^g | | | 4,1 Super | 95 | |
| VW up! ^h | 2015 | 12.095 | 4,1 Super | 95 | 500.000 km |
| VW e-up! ^h | | | 11,7 kWh | 83 Netz** 15 Öko** | |
| VW up! ^h | 2015 | 1.975 | 4,1 Super | 95 | 73.000 km |
| VW ecofuel up! ^g | | | 2,9 kg Erdgas | 79 | |

Spritpreise bis 2014: Aral (2015). 2015: 1,3 €/L Super; 1,06 €/L Diesel; 0,6 €/L Flüssiggas; 0,9 €/kg Erdgas; 0,25 €/kWh Strom

*) Praxisangaben

) berechnet nach Helmers et al. (2015) für **Netzstrombezug 2013 in Deutschland und einen **Ökostrom**mix. Hinweis: Die carbon footprints der Stromproduktion enthalten bereits die Emissionen der Bereitstellungskette; die CO₂-Emissionen des Benzin-, Diesel- und Gasverbrauchs enthalten diese jedoch nicht. Dort müssen noch rund 20 % hinzugerechnet werden.

Quellen

- <http://www.autobild.de/marken-modelle/vw/lupo/1/#daten>
- <http://www.welt.de/motor/article7163274/Spritspar-Modelle-fallen-im-Kostenvergleich-durch.html>
- https://www.adac.de/ext/itr/tests/Autotest/AT4549_VW_Caddy_1_2_TSI_Startline_5_Sitzer/VW_Caddy_1_2_TSI_Startline_5_Sitzer.pdf
- <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/vw-caddy-bifuel-oder-ecofuel-wie-gross-ist-der-unterschied-cng-vs-lpg-8169099.html>
- http://www.volkswagen.de/de/models/golf_7/brochure/catalogue.html
- <http://www.volkswagen.de/de/models/jetta/brochure/catalogue.html>
- http://www.volkswagen.de/de/models/jetta/trimlevel_overview.s9_trimlevel_detail.suffix.html/der-jetta-hybrid~2Fhybrid.html#/tab=bd3a12216b86607fd1e69deda2c2073c
- <http://www.volkswagen.de/de/models/up/brochure/catalogue.html>

Audi AG

Schon 1997 baute die Audi AG einen Vollhybriden und befand sich damit auf Augenhöhe mit Toyota. Der Audi Duo wurde jedoch im Hinblick auf seine begrenzten Effizienzvorteile so teuer verkauft, dass er von vornherein keine Überlebenschance hatte (Tab. 2). Seit Beginn der europäischen Regulierung der CO₂-Emissionen im Jahr 1998 erweiterte die Audi AG ihr Modellportfolio stark; aus ehemals elf Modellen wurden bis heute 27. Unter den seit 1998 hinzugekommenen 16 Modellen sind drei SUV und zehn Sportwagenmodelle mit bis zu 610 PS. Allerdings wurde auch ein Kleinwagen (A1) wieder ins Programm aufgenommen. Damit ist in diesem Zeitraum ebenfalls kein grundsätzlicher Trend zu emissions- und ressourcensparender Mobilität zu erkennen.

Audi bot von 1999 bis 2005 mit dem A2 TDI 3L das analoge Sprintsparmodell zum VW Lupo 3L an. Aufgrund des viel geringeren Aufpreises rechnete sich dieses Modell schnell für die Kunden (Tab. 2). Auch hier gilt – wie analog bei Volkswagen – dass nach Ablauf von 16 Jahren heute mit dem Audi A1 1,4 TDI ultra lediglich ein vergleichbar spritsparendes Modell angeboten wird; der technische Fortschritt ist damit im Hinblick auf eine weitere Verbrauchsreduktion verpufft.

Mit dem A3 sportback e-tron steht ein plug-in-Hybrid zur Verfügung. Elektrofahrzeuge bietet Audi nicht an, jedoch ein Erdgasfahrzeug, den A3 sportback g-tron. Bemerkenswert ist, dass Audi an einer Windgas-Produktionsanlage im Emsland beteiligt ist. Dort wird mit Hilfe von Windstrom Wasserstoff hergestellt und dieser mit CO₂ aus einer Biogasanlage zu Methan weiterverarbeitet. Audi garantiert den Kunden des g-tron, dass so viel CO₂-neutrales Methan ins Erdgasnetz eingespeist wird, wie sie mit dem Auto verbrauchen – ein beispielhaftes, bislang jedoch singuläres Projekt. Leider wird für den g-tron – wie bei den anderen Erdgasautos des Volkswagen-Konzerns – ein verkaufshemmend hoher Aufpreis verlangt.

Während Volkswagen seine „BlueMotion“-Sparteknik inzwischen serienmäßig einbaut, bietet die Audi AG gegen Berechnung moderater Aufpreise derzeit 17 sogenannte „Ultra-Modelle“ an, die aufgrund geringer Modifikationen wie geänderte Getriebeübersetzung, verbesserter Aerodynamik oder rollwiderstandsärmeren Reifen etwas verbrauchseffizienter als die regulären Modelle sind.

Aufgrund der nur marginalen Effizienzgewinne der „Ultra-Modelle“ rechnen sich allerdings auch die geringen Aufpreise erst langfristig (Tab. 2), wobei die steuerlichen Einsparungen (CO₂-Gutschriften über die KFZ-Steuer) in diesem Gutachten nicht berücksichtigt wurden. In einzelnen benzinbetriebenen Audi-Modellen wird auch die selektive Zylinderabschaltung angeboten, die sich verbrauchssenkend bemerkbar macht. Diese Modelle sind jedoch preislich nicht direkt mit anderen vergleichbar.

Mit der zweithöchsten markenspezifischen Abweichung zwischen dem typgeprüften und dem tatsächlichen Spritverbrauch bzw. den dadurch verursachten CO₂-Emissionen rangiert die Audi AG allerdings auch in einer „Ultra-Liga“ (ICCT, 2014c), siehe Kap. 5

Mit Ausnahme des Audi A2 TDI D4 3L von 2001 sind alle untersuchten spritsparenden Techniken an Aufpreise gekoppelt, die sie für die Kunden wenig attraktiv machen (Tab. 2).

Tab. 2. Aufpreispflichtige Spritspartechiken der Audi AG (Beispiele)

| Typ Audi <i>Datenquelle</i> | Produktion | Aufpreis | Verbrauch L/100 km (Norm) | CO₂ g/km | Amortisation über Spritkosten nach ca. |
|--|-------------------|-----------------|--|--------------------------------|---|
| Audi A4 Avant 1.9TDI ^a | 1995-2001 | ca. 8.000 € | 5,3 Diesel | 143 | > 3 Mio km (1997) |
| Audi Duo TDI ^b | 1997 | | 4,9 Diesel | 129 | |
| Audi A2 TDI D4 3L ^c | 2001-2005 | 400 € | 3,5 Diesel | 92 | 35.000 km (2003) |
| Audi A2 1,4 TDI ^c | 1999-2005 | | 4,8 Diesel | 127 | |
| Audi A4 2,0 TDI ^d | 2015 | 200 € | 4,0 Diesel | 105 | 94.000 km |
| Audi A4 2,0 TDI ultra ^d | | | 3,8 Diesel | 97 | |
| Audi A3 1,4 TSFI sportback ^e | 2015 | 3.100 € | 4,9 Super | 114 | 91.000 km |
| Audi A3 1,4 TSFI sportback g-tron ^e | | | 3,3 kg Gas | 92 | |

Spritpreise bis 2014: Aral (2015) und <http://de.statista.com/>

Quellen

- <http://www.autobild.de/marken-modelle/audi/a4/b5/#daten>
- <http://www.zeit.de/auto/2010-03/hybridautos-audi>
- [https://www.adac.de/ext/itr/tests/Autotest/AT0925 Audi A2 12 TDI 3L D4/Audi A2 12 TDI 3L D4.pdf](https://www.adac.de/ext/itr/tests/Autotest/AT0925_Audi_A2_12_TDI_3L_D4/Audi_A2_12_TDI_3L_D4.pdf)
- http://www.audi.de/dam/nemo/models/misc/pdf/my-2016/preislisten/preisliste_a4-limousine_a4-avant.pdf
- http://www.audi.de/dam/nemo/models/misc/pdf/my-2015/preislisten/preisliste_a3_a3-sportback_s3_s3-sportback_20150226.pdf

Daimler AG

Auch die Daimler AG hat die Anzahl ihrer Baureihen seit 1998 nahezu verdoppelt. Unter den neuen Modellen sind vier SUV, vier Oberklasse-Modelle, darüber hinaus Modelle der Mittel- und Kompaktklasse. Obwohl die Daimler AG traditionell auf Mittel- und Oberklassefahrzeuge fokussiert ist, erfolgte auch eine Expansion in die Kategorie kompakter, verbrauchseffizienter Autos. Allerdings erreichen bereits die Motoren der Mittelklasse-Modelle bis zu über 500 PS (C-Klasse).

Die Daimler AG investiert seit über 20 Jahren in die Erforschung und Erprobung von brennstoffzellenbetriebenen Elektroautos, ohne allerdings bislang ein entsprechendes Serienfahrzeug anbieten zu können. Mit dem Einstieg bei Tesla 2009 engagierte sich Daimler auch früh für Elektroautos, ließ diesem Engagement jedoch bislang nur zwei serienmäßige Elektroautos folgen. Während der Elektro-Smart den Preis des konventionellen Fahrzeugs nahezu verdoppelt, erreicht die elektrische B-Klasse mit einem Preis von über 39.000 € ebenfalls einen Spitzenplatz unter den Elektroautos aus deutscher Produktion. Im Bereich der alternativen Antriebe bietet Daimler darüber hinaus zwei Erdgasfahrzeuge, sechs Elektrohybride sowie drei plug-in-Hybride an.

Bevor es die Euro-Emissionsgrenzen erforderten, rüstete Daimler auf dem deutschen Markt Diesel-PKW mit dem effizienten SCR-Katalysator zur Stickoxidreduktion aus („AdBlue“). Die gegenüber der Öffentlichkeit gemachten Versprechungen für saubere, „blaue“ Luft (seit 2006 „BlueTec“, „BlueEfficiency“) werden allerdings getrübt durch die Tatsache, dass PKW der Daimler AG mit der größten Diskrepanz zwischen dem typgeprüften und dem tatsächlichen Spritverbrauch auffallen (ICCT, 2014c), siehe Kap. 5.

Mit der Kleinwagenmarke Smart baut die Daimler AG seit 1994 besonders ressourceneffiziente Fahrzeuge. Obwohl der Smart Fortwo für einen elektrischen Betrieb prädestiniert und von Anfang an dafür geplant war, hatte Daimler erst 2009 den Mut, einen elektrischen Serien-Smart anzubieten.

Alle untersuchten Modelle mit besonderen Spritspartechiken haben zu hohe Aufpreise (Tab. 3). Insbesondere die elektrifizierten Modelle sind so teuer, dass sie unattraktiv für ein breites Publikum sind. Der Aufpreis für den elektrischen Smart ist nicht nachvollziehbar (vgl. VW e-up!).

Tab. 3. Aufpreispflichtige Spritspartechiken der Daimler AG (Beispiele)

| Typ Daimler, Smart <i>Datenquelle</i> | Produktion | Aufpreis | Verbrauch L/100 km (Norm) | CO₂ g/km | Amortisation über Spritkosten nach ca. |
|---|-------------------|-----------------|--|--------------------------------|---|
| <i>B 180 D^a</i> | 2015 | 476 € | 4,1 Diesel | 107 | 90.000 km |
| <i>B 180 D Blue Efficiency^a</i> | | | 3,6 Diesel | 94 | |
| <i>B 180^a</i> | 2015 | 476 € | 5,7 Super | 132 | 73.000 km |
| <i>B 180 Blue Efficiency^a</i> | | | 5,2 Super | 122 | |
| <i>B 200^a</i> | 2015 | 3867,5 € | 5,7 Super | 130 | 110.000 km |
| <i>B 200 c^a</i> | | | 4,4 kg Gas | 117 | |
| <i>B 250^a</i> | 2015 | 6063 € | 6,8 Super | 157 | 130.000 km |
| <i>B 250 e^a</i> | | | 16,6 kWh | 117 Netz* 22 Öko* | |
| <i>C 250 D^b</i> | 2015 | 2975 € | 4,3 Diesel | 109 | 400.000 km |
| <i>C 300 h^b (Hybrid)</i> | | | 3,6 Diesel | 94 | |
| <i>Smart Fortwo mhd (71 PS)^c</i> | 2014 | 11.245 € | 4,3 Super | 98 | 430.000 km (2014) |
| <i>Smart Fortwo ED^d</i> | | | 15,1 kWh | 107 Netz* 20 Öko* | |

*) berechnet nach Helmers et al. (2015) für **Netzstrom**bezug 2013 in Deutschland und einen **Ökostrom**mix. Hinweis: Die carbon footprints der Stromproduktion enthalten bereits die Emissionen der Bereitstellungskette; die CO₂-Emissionen des Benzin-, Diesel- und Gasverbrauchs enthalten diese jedoch nicht. Dort müssen noch rund 20 % hinzugerechnet werden.

Quellen

- a) http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/b-class/w246/advice_sales/pricelist.html
- b) http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/c-class/w205/advice_sales/pricelist.html
- c) http://www.hannover-smart.de/fileadmin/download/Preisliste_smart_fortwo_Brabus_BrabusX_2014.pdf
- d) https://www.smart.com/content/dam/smart/DE/PDF/smart_Preisliste_fortwo_ED_2015.pdf

BMW AG

Die BMW AG hat ihr Angebot seit 1998 mit 14 neuen Modellreihen mehr als verdoppelt. Darunter waren zwei Oberklasse- und drei Sportwagenmodelle, fünf verschiedene SUV, ansonsten Kompakt- und Mittelklassemodelle. Allerdings weisen schon Kompaktklasse-BMW Motoren mit bis zu 300 PS und mehr auf. Bereits die 5er-Modellreihe bietet neben gewöhnlichen auch großvolumige 6- und 8-Zylindermotoren. Insgesamt ist die Entwicklung des Marken- und Modellportfolios unter Einbeziehung von Mini und Rolls Royce jedoch eher ausgeglichen, was die Fahrzeuggrößen betrifft, da BMW unter der Kompakt-Marke Mini sieben Modellreihen auf den Markt gebracht hat.

Mit Daimler zählt BMW dennoch zu den Herstellern mit den durchschnittlich schwersten Fahrzeugen auf dem europäischen Markt (ICCT; 2014a). BMW hat aber die mittlere CO₂-Emission seiner Fahrzeuge von allen europäischen Herstellern am stärksten reduziert (ICCT, 2014a). Dieser Rückgang fand vor allem in den Jahren 2004 bis 2011 statt, verlangsamte sich seitdem jedoch wieder (ICCT, 2014a). Es kann unterstellt werden, dass die Vorgaben der EU-Richtlinie von 2009 nicht übererfüllt werden sollen. Luft für mehr CO₂-Effizienz ist reichlich vorhanden: BMW bietet derzeit kein gasbetriebenes Auto an und bei der Marke Mini fehlen bislang alternative Antriebe.

BMW hat sich von allen deutschen Herstellern am deutlichsten für eine Elektrifizierung ausgesprochen, was seinen Niederschlag in der Gründung einer Submarke (i) für Elektromobile und in erheblichen Investitionen für neue Produktionsstandorte gefunden hat. Dennoch bietet BMW derzeit lediglich ein Elektromodell, zwei plug-in-Hybride sowie einen Vollhybriden an. Bemerkenswert ist das niedrige Leergewicht des Elektroautos BMW i3 von rund 1.200 kg, fast 400 kg leichter als der nur etwas größere VW e-Golf, der allerdings eine um 5,4 kWh größere Batterie besitzt. BMW reduziert das Karosseriegewicht durch Verwendung des kostenintensiven Materials Carbon.

Die Einbeziehung besonderer Spritspartechniken bezeichnet BMW als „efficient dynamics“ und bot diese in den vergangenen Jahren oft ohne Aufpreis an. Auch die weitere Aufpreisgestaltung für innovative Technik ist unkonventionell: Die Frage der Wirtschaftlichkeit stellt sich für das Hybridmodell der 5er-Reihe offenbar nicht (Tab. 4). Das Elektroauto BMW i3 ist nicht teurer als ein vergleichbarer BMW der 3er-Reihe, jedoch kleiner als ein BMW der 1er-Modellreihe. Vergleich

man den i3 mit einem ähnlich stark motorisierten 1er-BMW, amortisiert sich der i3 über die Betriebskosten bereits nach etwa 50.000 km (Tab. 4).

Tab. 4. Aufpreispflichtige Spritspartechniken der BMW AG (Beispiele)

| Typ BMW <i>Datenquelle</i> | Produktion | Aufpreis | Verbrauch L/100 km (Norm) | CO₂ g/km | Amortisation über Spritkosten nach ca. |
|--------------------------------------|-------------------|-----------------|--|--------------------------------|---|
| 535i ^a | 2015 | 10.350 € | 7,45 Super | 174 | > 1 Mio km |
| Active Hybrid 5 ^a | | | 6,7 Super | 156 | |
| 120i ^b | 2015 | 2.046 € | 5,6 Super | 129 | 50.000 km |
| i 3 ^c | | | 12,9 kWh | 91 Netz* 17 Öko* | |

*) berechnet nach Helmers et al. (2015) für **Netzstrom**bezug 2013 in Deutschland und einen **Ökostrom**mix. Hinweis: Die carbon footprints der Stromproduktion enthalten bereits die Emissionen der Bereitstellungskette; die CO₂-Emissionen des Benzin-, Diesel- und Gasverbrauchs enthalten diese jedoch nicht. Dort müssen noch rund 20 % hinzugerechnet werden.

Quellen

- a) <https://www.bmw.de/>
- b) <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/>
- c) <https://www.bmw.de/>

Adam Opel AG

Opel hat seine Modellpalette in Richtung effizienterer und kleinerer Fahrzeuge erweitert (Adam, Karl). Opel verfügt über kein Elektroauto und will den einzigen plug-in-Hybrid (Ampera) auslaufen lassen. Dafür werden die meisten Modelle auch mit Flüssiggas-Antrieb (LPG) angeboten, was eine CO₂-Ersparnis bedeutet.

Opel nennt seine spritsparende Innovationen Ecoflex und Ecotec. Befremdlich, wenn das Start-Stop-System abbestellbar ist wie zum Beispiel im Corsa (Tab. 5). Der Aufpreis ist weit höher als der Nutzen durch Spritersparnis. Auch das Modell Corsa ist bereits mit Motoren bis über 200 PS bestellbar. Die Aufpreise für die Gasversionen sind marktangemessen, bieten jedoch noch keinen wirklichen Anreiz für eine klimafreundliche Kundenentscheidung.

Tab. 5. Aufpreispflichtige Spritspartechniken der Adam Opel AG (Beispiele)

| Typ Opel <i>Datenquelle</i> | Produktion | Aufpreis | Verbrauch L/100 km (Norm) | CO₂ g/km | Amortisation über Spritkosten nach ca. |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------|--|--------------------------------|---|
| Corsa 1,4 ^a | 2015 | 1.900 € | 5,2 Super | 119 | 80.000 km |
| Corsa 1,4 LPG ^a | | | 7,3 Gas | 114 | |

| | | | | | |
|---|------|---------|-------------------|-----|------------|
| <i>Corsa 1,4^a</i> | 2015 | 355 € | <i>5,2 Super</i> | 119 | 180.000 km |
| <i>Corsa 1,4 mit Start-Stop^a</i> | | | <i>5,05 Super</i> | 116 | |
| <i>Zafira 1,4 Turbo^b</i> | 2015 | 2.200 € | <i>6,7 Super</i> | 154 | 68.000 km |
| <i>Zafira 1,4 LPG^b</i> | | | <i>9,1 Gas</i> | 143 | |
| <i>Zafira 1,4 Turbo^b</i> | 2015 | 3.100 € | <i>6,7 Super</i> | 154 | 72.000 km |
| <i>Zafira 1,4 CNG^b</i> | | | <i>4,9 kg Gas</i> | 134 | |

Quellen

- a) http://www.opel.de/content/dam/Opel/Europe/germany/nscwebsite/de/01_Vehicles/01_PassengerCars/Corsa_Family/kataloge_preislisten/PRL_Corsa_MY16.0_D_web.pdf
- b) <http://www.opel.de/fahrzeuge/modelle/personenwagen/zafira-tourer/index.html>

Ford-Werke GmbH

Ford betreibt eine konservative Modellpolitik und bietet im Wesentlichen Kompakt- und Mittelklassefahrzeuge sowie einen SUV und einen Sportwagen an. Spritsparteknik übersetzt Ford mit „Ecoboost“ und „Econetic“. Es fällt auf, dass Ford beim Modell Focus eine Einstiegsversion mit leistungsschwächerem, jedoch ineffizienterem Motor (1,6 Ti VCT) ohne Start-Stop-System gegen Preisabschlag anbietet. Eine spezielle „99g-Version“ wird zudem angeboten, erneut mit einem Aufpreis, der sich zu spät rechnet: Aufpreispolitik auf Klimakosten. Auch die Flüssiggasversion wird nicht nur beim Focus mit dem älteren, ineffizienteren Motor gekoppelt und muss systembedingt auf das Start-Stop-System verzichten. Auf diese Weise sind die CO₂-Emissionen im Flüssiggasbetrieb höher als beim Benzinmotor mit vergleichbarer Leistung, auch betriebswirtschaftlich macht dies keinen Sinn. So hat Ford einerseits mit dem 1,0-Liter-Aggregat einen der modernsten, downgesizten Benzin-Motoren im Programm, ergänzt andererseits bei verschiedenen Modellen seine Motorenpalette mit ineffizienten Motoren und Gasalternativen. Die Dieselmotorenpalette ist homogener. Doch auch hier gibt es eine effizientere „econetic“-Anpassung, die CO₂ spart, jedoch schon beim Focus wirtschaftlich unattraktiv ist (Tab. 6). Beim Mondeo wird hierbei der Klimaschutz ad absurdum geführt, da die Econetic-Variante mit einem Sportfahrwerk zwangsgekoppelt ist (amortisiert sich erst nach rund 520.000 km, Tab. 6).

Der Focus electric ist genauso teuer wie der BMW i3, hat aber nicht dessen Effizienz. Auch hier hat man aus betriebswirtschaftlichem Blickwinkel den Eindruck, als ob das Angebot nicht ganz ernst gemeint wäre. Einzig der Mondeo Hybrid ist ein günstiges Angebot mit effizienter Technik und scheint der sinnvollste unter den Hybriden aus deutscher Produktion zu sein.

Tab. 6. Aufpreispflichtige Spritspartekniken der Ford-Werke GmbH (Beispiele)

| Typ Ford | Produktion | Aufpreis | Verbrauch L/100 km (Norm) | CO₂ g/km | Amortisation über Spritkosten nach ca. |
|-----------------|-------------------|-----------------|--|--------------------------------|---|
| Datenquelle | | | | | |

| | | | | | |
|------------------------------------|------|----------|-------------------|----------------------|------------|
| <i>Focus 1,6 Ti VCT</i> | 2015 | 1.200 € | <i>5,9 Super</i> | 136 | 71.000 km |
| <i>Focus 1,0 Ecoboost (100 PS)</i> | | | <i>4,6 Super</i> | 105 | |
| <i>Focus 1,0 Ecoboost (100 PS)</i> | 2015 | 350 € | <i>4,6 Super</i> | 105 | 90.000 km |
| <i>Focus 1,0 Ecoboost 99g</i> | | | <i>4,3 Super</i> | 99 | |
| <i>Focus 1,0 Ecoboost (125 PS)</i> | 2015 | 2.250 € | <i>4,7 Super</i> | 108 | 150.000 km |
| <i>Focus 1,6 LPG</i> | | | <i>7,7 Gas</i> | 123 | |
| <i>Focus 1,5 TDCi</i> | 2015 | 1.000 € | <i>3,8 Diesel</i> | 98 | 240.000 km |
| <i>Focus 1,5 TDCi ECONetic</i> | | | <i>3,4 Diesel</i> | 88 | |
| <i>Focus 1,0 Ecoboost (150 PS)</i> | 2015 | 11.540 € | <i>5,5 Super</i> | 127 | 350.000 km |
| <i>Focus Electric</i> | | | <i>15,4 kWh</i> | 109 Netz* 20 Öko* | |
| <i>Mondeo 2,0 TDCi</i> | 2015 | 550 € | <i>4,2 Diesel</i> | 109 | 520.000 km |
| <i>Mondeo 2,0 TDCi Econetic</i> | | | <i>4,1 Diesel</i> | 107 | |
| <i>Mondeo 2,0 Ecoboost</i> | 2015 | 800 € | <i>7,3 Super</i> | 169 | 20.000 km |
| <i>Mondeo Hybrid</i> | | | <i>4,2 Super</i> | 99 | |

*) berechnet nach Helmers et al. (2015) für **Netz**strombezug 2013 in Deutschland und einen **Öko**strommix. Hinweis: Die carbon footprints der Stromproduktion enthalten bereits die Emissionen der Bereitstellungskette; die CO₂-Emissionen des Benzin-, Diesel- und Gasverbrauchs enthalten diese jedoch nicht. Dort müssen noch rund 20 % hinzugerechnet werden.

Quelle: <http://www.ford.de/Hidden/BroschuerenPreiseDaten>

Schlussfolgerungen: Analyse der Modellentwicklung bei deutschen PKW-Herstellern

Aufschlussreich ist, in wie weit die Hersteller seit 1998 ihre Fahrzeuge kleiner, leichter und damit effizienter gestaltet haben oder auch nicht. Insbesondere der Volkswagen-Konzern zeigt sich wenig beeindruckt von den Zielen der Europäischen Kommission zur Effizienzsteigerung und damit CO₂-Reduktion. Andere Hersteller wie Opel und BMW haben dagegen ihre Modellpalette bei Kompaktfahrzeugen erweitert.

Die Aufpreisgestaltung für Spritspartechiken bei Autos deutscher Hersteller mit Ausnahme von BMW macht klar, dass weitere emissionsmindernde Optionen verfügbar sind, jedoch noch nicht beim Kunden ankommen müssen. Teilweise (z.B. Ford, Opel, BMW) werden den Kunden auch Einstiegsmotorisierungen angeboten, die leistungsschwächer sind, aber dennoch einen höheren Verbrauch haben – eine technisch widersinnige Aufpreispolitik auf Klimakosten. Wären die

Vorgaben der europäischen CO₂-Richtlinie (EU, 2009) schwieriger zu erfüllen, würden solche Optionen schnell vom Markt verschwinden.

Die Leichtigkeit, mit der deutsche Hersteller die sinkenden CO₂-Vorgaben bislang erfüllen, lässt sich auch am insgesamt sehr begrenzten Angebot alternativer Antriebe ablesen. Nach der Einstellung der Produktion des elektrischen Smart bieten deutsche Hersteller nur noch fünf Elektroautos an. Eingepreist bei meist um die 35.000 Euro sind sie viel zu teuer für den durchschnittlichen privaten Automarkt. Der Aufpreis zu analogen Modellen mit Verbrennungsmotor ist – abgesehen vom BMW i3 – nicht nachvollziehbar. Plug-in-Hybride wurden in dieser Untersuchung nicht herangezogen, da sie über eine besonders teure technische Doppelausstattung verfügen und die Berechnung ihrer CO₂-Emissionen entsprechend den europäischen Vorgaben besonders unrealistisch ist.

Elektrohybride ohne Stecker – die Technik, mit der japanische Hersteller weltweit nicht nur CO₂-, sondern auch toxische Emissionen gesenkt haben – kommen im deutschen Autobau kaum vor und wenn, dann sind sie deutlich teurer als bei der asiatischen Konkurrenz. Man kann davon ausgehen: Was preislich nicht konkurrieren kann, soll beim Kunden auch nicht ernsthaft ankommen, sondern vor allem Technik-Kompetenz demonstrieren. Für die Ober- und Luxusklasse gelten besondere Regeln, die hier nicht im Vordergrund stehen.

Eine technisch vergleichsweise einfache und damit günstige Alternative sind Gasantriebe. Weltweit gibt es Millionen Gasautos, auch in weniger entwickelten Ländern. Schon mit Flüssiggas kann die CO₂-Emission gesenkt werden. Besonders sinnvoll ist das, solange Diesel-PKW selbst unter Euro-6 das Mehrfache an Stickoxiden emittieren wie vergleichbare Benziner. Jedoch ist Flüssiggasantrieb nur sinnvoll, wenn er nicht an auffallend ineffiziente Motoren (Ford) gekoppelt ist. Das serienmäßige Angebot an LPG-Fahrzeugen demonstriert schon seit Jahren Lustlosigkeit der deutschen Hersteller: Eine spezifische Motorenentwicklung findet nicht statt, Motoren werden oft lediglich nachträglich umgerüstet. VW ist hier inzwischen ganz ausgestiegen, asiatische Anbieter dominieren den Markt. BMW bietet ebenfalls keine Gasautos an. Erdgas ist die sauberste Alternative bei den fossilen Energieträgern. Ins Erdgasnetz kann Biogas und Windgas eingespeist werden, was die CO₂-Bilanz weiter verbessert. Beim Angebot von Erdgasautos führt Volkswagen, die übrigen Hersteller konnten sich nur zu vereinzelten Modellen durchringen. Das Angebot ist insgesamt immer noch sehr begrenzt, zumal wenn technische Details wie ein Automatikgetriebe nicht mit dem Erdgasantrieb kombinierbar sind (Opel). Der Erdgasantrieb ist damit eine weitere, sofort verfügbare Option zur CO₂-Einsparung, die von deutschen Herstellern kaum genutzt wird.

5. Norm- und Realverbrauch: Das Problem mit der Wahrheit

Seit den Marktuntersuchungen des International Council on Clean Transportation (ICCT), der dafür tausende von Verbrauchsdaten auswertete, kann der Abstand zwischen dem Spritverbrauch unter Straßenbedingungen und dem Labor (Typprüfung) statistisch genauer beurteilt werden. Dass hier ein Unterschied besteht, war lange bekannt. Der sogenannte Normverbrauch, basierend auf dem in der EU derzeit noch üblichen „Neuen europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ, engl. NEDC), dient vor allem als Kriterium zum Vergleich von Autos (siehe Tab. 1-6). Rechtlich legal und in der Sache

grundsätzlich sinnvoll wird der Energieverbrauch unter definierten Bedingungen auf dem Rollenprüfstand verglichen. Diese Bedingungen geben den Herstellern jedoch, wie sich zunehmend zeigt, zu viele Freiheiten bei ihren Messungen. Solche Freiheitsgrade wurden in den vergangenen Jahren zunehmend ausgenutzt. Hier ist insbesondere die steigende Komplexität der PKW ein Problem: Je mehr Zusatzausstattungen (wie Klimaanlage, Sitzheizung etc.) es gibt, desto mehr davon können für die Tests auch ausgeschaltet oder ggf. sogar ausgebaut werden. Im Jahr 2001 lag der Realverbrauch nach Daten von Spritmonitor.de (ICCT, 2014) im Mittel von elf Herstellern nur um rund 7 % höher als der Normverbrauch. Peugeot, Renault, Citroen, Toyota, Audi und Daimler lagen unter diesem Mittelwert. Zwölf Jahre später, 2013, sah dies grundlegend anders aus: Durchschnittlich lagen die Realverbräuche nun um rund 30 % höher als die zertifizierten, ein Anstieg um 23 Prozentpunkte (Abb. 5). Der Abstand wird zunehmend zum Ärgernis: für den Klimaschutz, für die CO₂-bezogenen Kfz-Steuereinnahmen des Staates und für die Verbraucher, die nun erheblich mehr an Spritkosten aufbringen müssen als in den Prospekten der Hersteller versprochen wird. Die CO₂-Reduktion von neu zugelassenen PKW in Europa findet entsprechend zunehmend nur noch auf dem Papier statt: offiziell sanken die Werte zwischen 2001 und 2013 um 25 % von 170 auf 127 g CO₂/km, in der Realität gingen sie jedoch nur um gut 9 % von 182 auf 165 g CO₂/km zurück (ICCT, 2014c) – eine inakzeptable Abweichung.

Die deutschen Hersteller zeigen auf diesem Feld unterschiedliches Engagement: Während VW sich mit solchen Zahlentricks weitgehend zurückhält, finden sich unter den Herstellern mit den am stärksten ansteigenden Abweichungen die meisten deutschen Autofirmen. Audi und Daimler fallen hierbei mit der weitaus größten Kreativität auf (Abb. 5): Der Audi A6 erreicht z.B. Abweichungen von bis zu 50 % zwischen Realität und Normverbrauch (ICCT, 2014c). Der Ideenreichtum, um Daten fernab der Realität zu generieren, ist erstaunlich (Tab. 7). Obwohl solche Messungen weiterhin vorschriftsmäßig sind, verlieren die Hersteller dadurch zunehmend an Glaubwürdigkeit. Der geplante Übergang vom NEFZ zum harmonisierten Weltzyklus (WLTP) ändert nicht notwendigerweise etwas an den Schlupflöchern (Tab. 7). Diese könnten nur durch entsprechend detaillierte Ausführungsbestimmungen geschlossen werden.

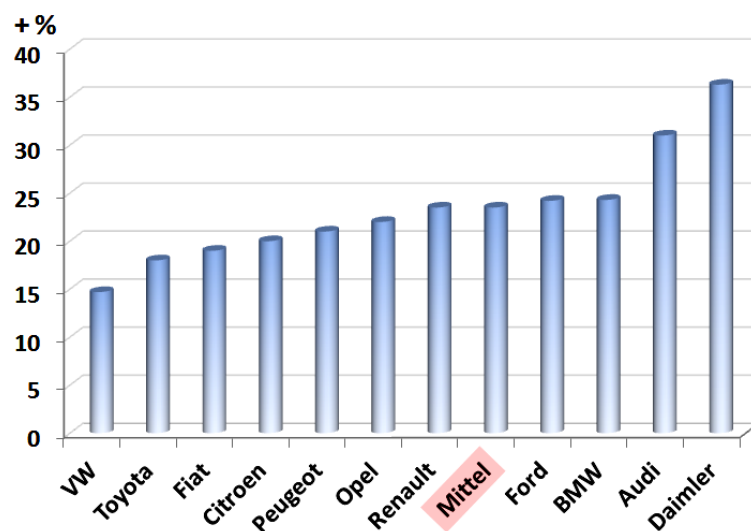


Abb. 5. Zunahme an Prozentpunkten beim Abstand zwischen Norm- und Realverbrauch in den Jahren 2001-2013 anhand von Daten aus Spritmonitor.de (ICCT, 2014c). Beispiel Mittelwert („Mittel“): Der Abstand zwischen Normverbrauch und Realverbrauch erhöht sich für alle betrachteten Marken in diesem Zeitraum um rund 23 Prozentpunkte.

Tab. 7 Beispiele für Maßnahmen, um den Spritverbrauch bei Messungen zu senken (Erläuterung: Die Fahrbahntests sind erforderlich, um den Rollwiderstand zu bestimmen. Je weiter ein Fahrzeug rollt, desto geringer der Rollwiderstand, mit dem der Rollenprüfstand im Labor zu programmieren ist). Quelle: Focus (2013) u.a.

| Fahrbahntest (Ermittlung Rollwiderstand) | Rollenprüfstand (Labor) |
|---|---|
| <p>Verwendung des einfachsten verfügbaren Modells</p> <p>Maximale Gewichtsreduzierung</p> <p>Maximaler Reifendruck</p> <p>Rollwiderstandsarme Reifen</p> <p>Ausrichtung der Räder</p> <p>Hochleistungsschmierstoffe</p> <p>Verwendung eingefahrener Fahrzeuge</p> <p>Klimaanlage aus</p> <p>Anpassen der Bremsen</p> <p>Abkleben von Spalten, Kühlergrill usw.</p> <p>Leicht abschüssige Teststrecke mit besonders glattem Fahrbahnbelag</p> <p>Höhergelegene Teststrecke in milderem Klima</p> <p>„Backen“ der Reifen vor dem Test im Ofen , um Rollwiderstand zu verringern</p> <p>Abbau Außenspiegel</p> | <p>Verwendung des einfachsten verfügbaren Modells</p> <p>Maximale Gewichtsreduzierung</p> <p>Maximaler Reifendruck</p> <p>Rollwiderstandsarme Reifen</p> <p>Ausrichtung der Räder</p> <p>Hochleistungsschmierstoffe</p> <p>Verwendung eingefahrener Fahrzeuge</p> <p>Klimaanlage aus</p> <p>Anpassen der Bremsen</p> <p>Abklemmen der Lichtmaschine</p> <p>Klimatisierung auf höchste erlaubte Temperatur</p> <p>Motorsteuerung fährt Leistung herunter</p> <p>Lastwechseltoleranzen durch Roboter optimiert</p> <p>Start-Stop-System</p> <p>Verwendung von z.B. Prüfdiesel</p> <p>mehr (höher übersetzte) Gänge als in der Serie</p> |

Erläuterungen: Gewichtsreduzierung: Leichteste Ausstattungsvariante, Ausbau von Teilen

Hoher Reifendruck: Wäre in der Realität zu unkomfortabel

Rollwiderstandsarme Reifen: nur in einigen wenigen Fahrzeugen serienmäßig

Ausrichtung der Räder: Auf Ausrollwert hin optimiert (schlechte Straßenlage)

Abkleben von Spalten usw.: Windwiderstand

Anpassen der Bremsen: Vergrößerung des Abstandes zwischen Bremssattel und Bremsbelag

Prüfdiesel: Es werden z.T. Treibstoffe verwendet, die an der Tankstelle nicht erhältlich sind

Start-Stop-System: Motorstop statt Leerlauf (nicht alle Versionen verfügen über Start-Stop-Systeme)

Hier tut sich eine zunehmende Diskrepanz auf zwischen dem in der Öffentlichkeit kommuniziertem Umweltengagement insbesondere deutscher Hersteller (Ecoboost, Blue Efficiency, usw.) und der tatsächlichen Klimaschutzeffizienz ihrer Autos.

6. Zusammenfassung

Seit 1998 steht die Emissionsverringerung im Interesse des Klimaschutzes auf der europäischen Agenda. Die Marken- und Modellpolitik mancher deutsche Hersteller zeigt sich jedoch weitgehend unbeeindruckt vom Ansinnen, Fahrzeuge energieeffizienter und emissionsärmer und dafür vor allem leichter zu konstruieren. Solange schwere Fahrzeuge bei der Emissionsgesetzgebung privilegiert bleiben, wird sich dies auch nicht ändern.

Die gegenwärtige europäische Gesetzgebung, an der die deutschen Autohersteller selbst mitschreiben durften, erlaubt es ihnen, erhebliche Reserven zur energetischen Effizienzsteigerung ihrer PKW zurückzuhalten. Dies wird deutlich an den aktuellen Aufpreisen für Hybrid-, Gas- und Elektrofahrzeuge. Sogenannte „Super-credits“, beispielsweise durch den Verkauf von Elektroautos, müssen derzeit noch kaum in Anspruch genommen werden, sonst würden Elektroautos nicht mit einem oft unangemessenen Preisaufschlag angeboten.

Vor allem wirkungsmächtige Lobbystrukturen verzögern die umweltgerechte Fortentwicklung von Fahrzeugen insbesondere der deutschen Hersteller. Diese haben sich in den vergangenen rund 20 Jahren zumeist erfolgreich vom Trend zur Elektrohybridisierung in den beiden Leitmärkten Japan und USA abgekoppelt – zum Schaden der Umwelt. Sie werben damit, dass sie die „blaue Luft“ herbeiführen möchten (Blue Efficiency, Blue Motion, Think blue). Dabei setzen die deutschen und europäischen Hersteller weiterhin schwerpunktmäßig auf Diesel-PKW, die immer noch rund 7 mal mehr Stickoxide (= 700 %) als benzinbetriebene PKW emittieren (Carslaw et al., 2011) – das ist keine Strategie für saubere, „blaue“ Luft. Während der letzten zwei Jahrzehnte haben europäische Institutionen und nationale Regierungen die Autoindustrie mit Hilfe abgeschwächter Emissionsanforderungen für Diesel-PKW sowie durch Subventionierung des Diesel-Treibstoffs in ihrer Strategie unterstützt, notwendige Investitionen in die Elektrifizierung der Fahrzeuge aufzuschieben. Entsprechend sind Elektrohybride deutscher Hersteller gegenwärtig hauptsächlich in Luxussegmenten zu finden und können oder wollen preislich mit asiatischen Produkten nicht konkurrieren.

Saubere Alternativen wie Gasantriebe werden von deutschen Herstellern nur beiläufig verfolgt (Flüssiggas) oder mit Aufpreisen belegt (Erdgas), die solche Fahrzeuge wenig attraktiv machen. Die bei Volkswagen, Daimler und Ford nicht nachvollziehbare Preisgestaltung bei Elektroautos und die homöopathische Zahl an angebotenen Elektromodellen machen klar, dass die Hersteller derzeit kaum Interesse daran haben, sie erfolgreich zu vermarkten.

Literatur

ACEA (2014). The Automobile industry pocket guide 2014-15.

http://www.acea.be/uploads/publications/POCKET_GUIDE_2014-1.pdf Zugriff 24.8.15

ACEA (2015). The Automobile industry pocket guide 2015-16.

http://www.acea.be/uploads/publications/POCKET_GUIDE_2015-2016.pdf Zugriff 19.8.15

Aral (2015). Spritpreisarchiv 2000 – 2014. http://www.aral.de/content/dam/aral/PDFs/Kraftstoffpreis-Archiv/aral-preisarchiv_2000-2014.pdf Zugriff 23.8.15

Automobil-produktion.de (2015). Meilenstein: Toyota hat bereits 8 Millionen Hybridautos verkauft.

<http://www.automobil-produktion.de/2015/08/meilenstein-toyota-hat-bereits-8-millionen-hybridautos-verkauft/> Zugriff 24.8.15

Beez (2011). Politikformulierung und Interessenvermittlung am Beispiel der Festlegung von CO₂-Emissionsgrenzwerten für neue Pkw in der Europäischen Union. <http://publications.rwth-aachen.de/record/82678/files/3866.pdf> Zugriff 24.8.15s

BMUB (2014). Nationale Klimapolitik (Stand: 09.04.2014). <http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/> Zugriff 19.8.15

Cames, Helmers (2013). Critical evaluation of the European diesel car boom - global comparison, environmental effects and various national strategies. Environmental Sciences Europe (ESEU) 25:15 (22 pages);

<http://www.enveurope.com/content/pdf/2190-4715-25-15.pdf>

Carslaw et al. (2011). Trends in NO_x and NO₂ emissions and ambient measurements in the UK. http://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat05/1108251149_110718_AQ0724_Final_report.pdf Zugriff 25.8.15

CNN (2006). Toyota: The Birth of the Prius.

http://money.cnn.com/2006/02/17/news/companies/mostadmired_fortune_toyota/ Zugriff 20.8.15

Destatis (2015). Statistisches Bundesamt. Pressemitteilung vom 11. Juni 2015 – 213/15.

https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/06/PD15_213_85pdf.pdf?__blob=publicationFile Zugriff 21.8.15

Dieselnet.com (2015). Emission Standards - United States. Cars and Light-Duty Trucks—Tier 2

https://www.dieselnet.com/standards/us/ld_t2.php Zugriff 24.8.15

EEA (2014). European Environment Agency. Monitoring CO₂ emissions from passenger cars and vans in 2013

<http://www.eea.europa.eu/publications/monitoring-co2-emissions-from-passenger> Zugriff 1.9.15

EU (2007). Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0715&from=de> Zugriff 24.8.15

EU (2009). Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0443&from=DE> Zugriff 24.8.15

Focus (2013). Zertifizierter Blödsinn: Das sind die miesen Tricks der Autobauer. 3.6.2013

<http://www.focus.de/auto/ratgeber/kosten/tid-31571/spritverbrauch-die-miesen-tricks-der-autobauer-so->

[verfaelschen-die-autohersteller-verbrauchsmessungen-die-labortricks-klimaanlage-aus-bremsen-manipulation-motorprogrammierung_aid_1002837.html](#)

Goingelectric.de (2013). Tesla: Batteriekosten fallen unter 180 €/kWh.

<http://www.goingelectric.de/2013/08/10/news/tesla-model-s-batterie-kosten-180-euro-kilowattstunde/> Zugriff 26.8.15

Helmers (2006). Hintergründe des Dieselbooms – Folgen einer 'CO₂-First'-Politik. UWSF – Z Umweltchem Ökotox 18(1) 3 – 4

Helmers (2009). Das Auto der Zukunft – bitte wenden Sie jetzt. 204 S. Wiley-VCH

Helmers (2010). Bewertung der Umwelteffizienz moderner Autoantriebe - auf dem Weg vom Diesel-PKW-Boom zu Elektroautos. Umweltwiss. Schadst. Forsch. 22: 564-578

Helmers, Kümmerer (1999). Anthropogenic platinum fluxes: quantification of sources and sinks, and outlook. ESPR - Environ. Sci. Poll. Res. 6(1): 29-36

Helmers, Marx (2012). Electric cars: technical characteristics and environmental impacts. Environmental Sciences Europe (ESEU) 24: 14, <http://www.enveurope.com/content/pdf/2190-4715-24-14.pdf>

Helmers, Dietz, Hartard (2015). Electric car life cycle assessment based on real-world mileage and the electric conversion scenario. Int J Life Cycle Assess DOI 10.1007/s11367-015-0934-3

ICCT (2011). European vehicle market statistics. Pocketbook 2011 edition. Fig. 3-4.

http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Pocketbook_LowRes_withNotes-1.pdf Zugriff 23.8.15

ICCT (2013). Reduktion von CO₂ und Kraftstoffverbrauch bei neuen Pkw: Abschätzung des kurzfristigen technischen Potenzials in der EU. Briefing, Januar 2013.

<http://www.theicct.org/sites/default/files/Briefing%20Technology%20Potential%20long%20DE%20v5.pdf> Zugriff 25.8.15

ICCT (2014a). European vehicle market statistics Pocketbook 2014.

http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EU_pocketbook_2014.pdf Zugriff 23.8.15

ICCT (2014b). CO₂-emissions from new passenger cars in the EU: Car manufacturers' performance in 2013. Briefing, June 2014. http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTbriefing_EU-CO2_201406.pdf Zugriff 24.8.15

ICCT (2014c). From laboratory to road: A 2014 update of official and "real-world" fuel consumption. Values for passenger cars in Europe.

http://www.theicct.org/sites/default/files/ICCT_LaboratoryToRoad_2014_Report_German.pdf Zugriff 27.8.15

IPCC (2014) 5th Assessment report, working group 3, chapter 8: Transport. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/> Zugriff 13.2.2015

JAMA (2015). The motor industry of Japan 2015. <http://www.jama-english.jp/publications/MIJ2015.pdf> Zugriff 1.9.15

KBA (2015). Jahresbilanz der Neuzulassungen 2014.

http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/2014_n_jahresbilanz.html Zugriff 21.8.15

Quandt A. (2010). Voluntary Approaches in Climate Policy: Comparing European and Swiss transport legislation.

http://www.diss.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCs_derivate_000000001376/Quandt-VOLUNTARY_APPROACHES_IN_CLIMATE_POLICY-215.pdf Zugriff 23.8.15

Roy (2014). Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. CLA Industry chapter , IPCC Working Group III. Sectoral and Cross Sectoral Mitigation. https://www.ipcc.ch/pdf/unfccc/sbsta40/SED/3_roy_sed3.pdf Zugriff 13.2.15

Schwarzer (2015). ADAC-Antriebsvergleich - Weiße Weste? <http://www.heise.de/autos/artikel/ADAC-Antriebsvergleich-Weisse-Weste-2788923.html> Zugriff 26.8.15

Tagesspiegel (2015). Daimler schaltet den Elektro-Smart aus. <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/produktion-eingestellt-daimler-schaltet-den-elektro-smart-aus/12199972.html> Zugriff 20.8.15

UBA (2010): CO₂ -Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3773.pdf> Zugriff 19.8.15

UBA (2012). Umweltbundesamt: Daten zum Verkehr, Ausgabe Oktober 2012. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-verkehr> Zugriff 20.8.15

UN (1992) UN Conference on Environment and Delevelopment (1992). <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html> Zugriff 13.2.2015

UNECE (2011). The UNECE Transport statistics for Europe and North America. Economic commission for Europe, Geneva. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp6/publications/ABTS2012.pdf> Zugriff 24.8.15

VCD (2012). https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Auto_Umwelt/CO2-Grenzwert/20121129_95g-Flotte.pdf Zugriff 24.8.15

VCD (2013). Dienstwagenbesteuerung am Klimaschutz ausrichten. VCD Stellungnahme. https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Auto_Umwelt/Auto_Steuern/20121107_VCD-Stellungnahme_Dienstwagenreform.pdf Zugriff 24.8.15

VCD (2015). Die 95 g-Flotte - heute schon möglich. https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Auto_Umwelt/CO2-Grenzwert/201507014_95g-Flotte_1.Hj_2015.pdf Zugriff 07.09.15

VW (2015). Think blue. About Think Blue. Wir wollen mit gutem Beispiel voranfahren. <http://thinkblue.volkswagen.de/de/de/about-think-blue.html> Zugriff 25.8.15

Wirtschaftswoche (2011). CO₂-Label für Autos. So umweltfreundlich wie ein kleiner Panzer. 22.11.2011. <http://www.wiwo.de/technologie/auto/co2-label-fuer-autos-so-umweltfreundlich-wie-ein-kleiner-panzer/5874974.html> Zugriff 26.8.15

ZEIT online (2013). Ökolabel für Autos. Brüssel soll Einfluss der Autolobby klären. 28.10.2013. <http://www.zeit.de/mobilitaet/2013-10/automobilindustrie-lobby-eu> Zugriff 26.8.15