

Shell Pkw-Szenarien bis 2040: Entwicklung von Antriebstechnologien, Endenergieverbrauch und CO₂-Emissionen

Jörg Adolf, Alex Auf der Maur und Samuel Straßburg

Die aktuellen Shell Pkw-Szenarien 2014 sind die insgesamt 26. Ausgabe der Shell Pkw-Studie. Ziel der Szenarien ist es, die Zukunft der Auto-Mobilität in Deutschland mit Hilfe von Technikabschätzungen durch Experten, Szenario-Technik und quantitativen Prognosen zu erforschen. Von besonderem energie- und klimapolitischem Interesse sind die im Rahmen der Studie erstellten Szenarien zu zukünftigen Antrieben der Pkw, zum Energieverbrauch und den CO₂-Emissionen.

Grundlage für die Szenarien zu den zukünftigen Antrieben bildet eine Prognose des Pkw-Bestands sowie der Pkw-Fahrleistungen. Dafür wurden mögliche Einflussfaktoren auf den Pkw-Besitz und auf die Pkw-Nutzung anhand aktueller Mobilitäts-

erhebungen und Verbraucherbefragungen untersucht. Differenziert nach Altersgruppen und Geschlecht der Halter wurden die Motorisierung (Pkw je 1 000 Einwohner), der Bestand und die Fahrleistungen prognostiziert [1, 2].

Peak Car

Die Bevölkerung in Deutschland wird bis zum Jahr 2040 gegenüber heute um etwa 4 Mio. Einwohner sinken. Daneben werden Pkw-Bestand und -Nutzung auch durch Verschiebungen in der Altersstruktur der Bevölkerung und ein verändertes Mobilitätsverhalten von Bevölkerungsgruppen bestimmt. Während Frauen und junge Alte den Pkw stärker nutzen als in früheren Generationen, sinkt die Pkw-Mobilität insbesondere bei jungen Männern. Hieraus resultiert für drei zentrale Automobilitätsindikatoren ein Höhepunkt (Peak Car): für die Pkw-Fahrleistungen in 2020, für den Pkw-Bestand 2022 und für die Pkw-Motorisierung 2026 (siehe Abb. 1). Allerdings ist der Peak Car so flach, dass eine spürbare Absenkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen nur durch qualitative Veränderungen des Pkw-Bestands möglich ist.

Pkw-Szenarien

Mit Hilfe der Szenariotechnik und eines Pkw-Kohortenmodells wurden zukünftige Entwicklungen der Automobilität entworfen und quantifiziert. In einem Trend- und einem Alternativszenario sowie in einer Trendvariation (Gasszenarrette) wurden künftige Entwicklungspfade des Pkw-Bestands nach Antrieben und Kraftstoffen sowie hinsichtlich seines Energieverbrauchs und seiner CO₂-Emissionen verglichen (siehe Abb. 2).

Die wichtigsten Einflussfaktoren automobiler Entwicklungen sind politische Rahmenvorgaben, Verbraucherpräferenzen sowie technisch-ökonomische Entwicklungen bei Antrieben und Energieversorgung; sie können sich auf die Neuzulassungen, aber auch

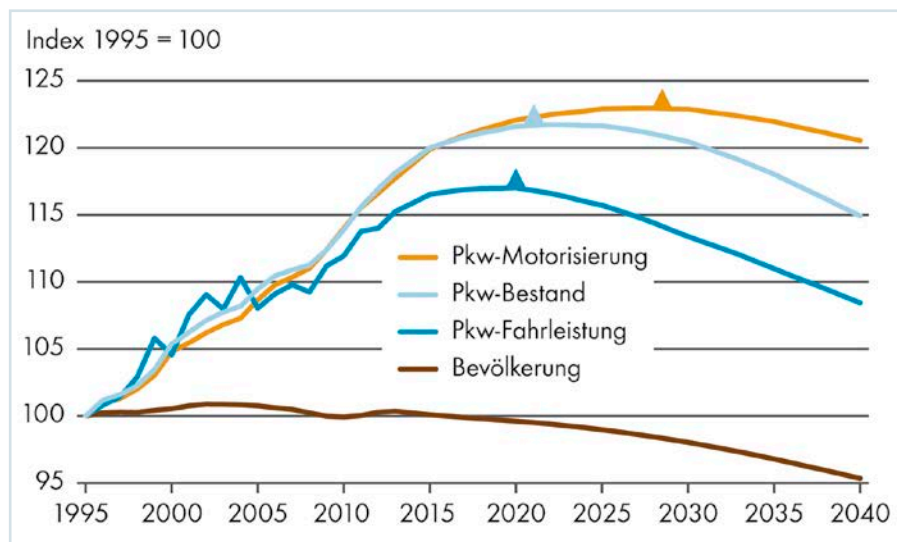


Abb. 1 Peak Car in den 20er Jahren

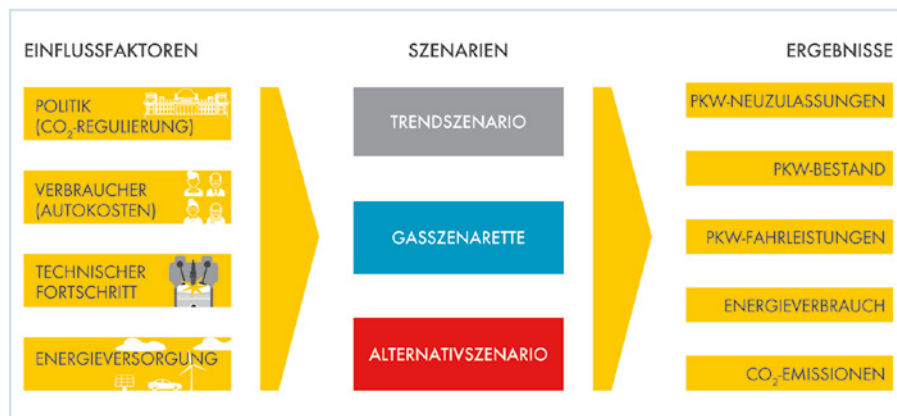


Abb. 2 Automobile Zukünfte

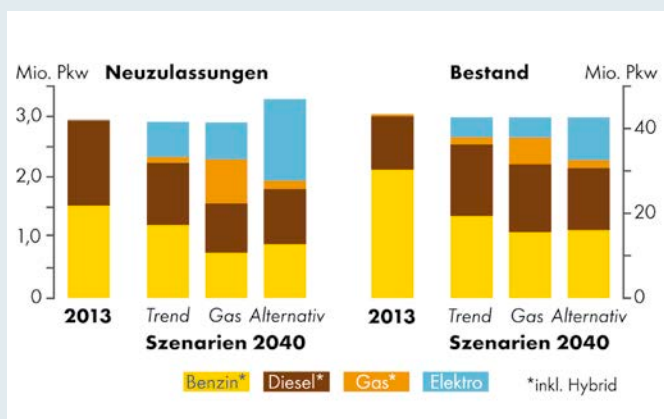


Abb. 3 Pkw-Neuzulassungen und Pkw-Bestand

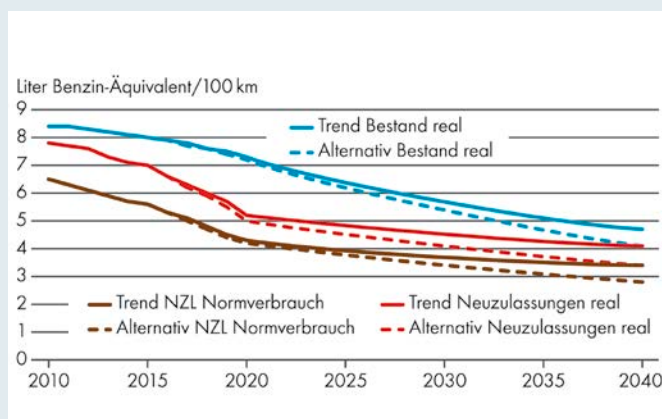


Abb. 4 Spezifische Kraftstoffverbräuche der Pkw

auf den Pkw-Bestand auswirken. Qualitative Änderungen des Pkw-Bestands ergeben sich in erster Linie über die Pkw-Neuzulassungen. Die Auswirkung auf das durchschnittliche Fahrzeug auf der Straße erfolgt indirekt und zeitlich verzögert. Das verwendete Pkw-Kohortenmodell entwickelt den Pkw-Bestand auf Basis der Neuzulassungen in der Vergangenheit und bildet Bestand und Fahrleistungen nach Antrieb und Baujahr ab.

Die relevanten Einflussfaktoren entwickeln sich in den Szenarien unterschiedlich. Im Trendszenario führen moderate Veränderungen der Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren in erster Linie hin zu Effizienzsteigerung und Hybridisierung; ferner erfolgt ein verstärkter Einsatz von Biokraftstoffen. Im Alternativszenario nimmt das Tempo des automobilen Wandels zu – über höhere Neuzulassungen, aber auch einen höheren Anteil alternativer Antriebe. Im Vergleich zum Trendszenario erfolgt nur ein moderater Einsatz von Biokraftstoffen. In der Gasszenarett werden verstärkt Gasfahrzeuge eingesetzt, die teilweise mit Biogas betrieben werden.

Zu den wichtigsten differenzierenden Einflussfaktoren gehören zum einen die zu erreichenden CO₂-Grenzwerte: Im Trend dürfen Neuwagen 70 Gramm und im Alternativszenario 50 Gramm CO₂/km ausstoßen – heute sind es noch 136 Gramm [3]. Zum anderen verändern sich die Autokosten-Strukturen im Alternativszenario deutlich zugunsten von elektrischen Antrieben und ihrer Energieversorgung.

Neuzulassungen und Bestand

Otto- und Diesel-Pkw sowie ihre hybridisierten Pendanten machten im Jahr 2013 über 99 % der Neuzulassungen aus [4]. Im Trendszenario sinkt dieser Anteil bis ins Jahr 2040 auf drei Viertel. Der Anteil elektrischer Antriebe, zu denen batterieelektrische, Plug-In-Hybride und Brennstoffzellenantriebe zählen, steigt auf 20 % (siehe Abb. 3). Im Alternativszenario wächst der Anteil von elektrischen Antrieben auf über 40 %, während die Anteile reiner und hybridisierter Otto- und Diesel-Pkw auf 55 % sinken. In der Gasszenarett wächst der Anteil der Gasantriebe (Erdgas und Flüssiggas) an den Neuzulassungen bis 2040 auf 25 % gegenüber 3 % im Trendszenario.

Der Antriebsmix des Pkw-Bestands verändert sich im Trendszenario nur relativ langsam. Von knapp 43 Mio. Fahrzeugen sind 2040 über 36 Mio. mit konventionellen Otto- und Diesel-Antrieben und ihren hybridisierten Varianten ausgestattet; 4,7 Mio. mit elektrischen Antrieben (Plug-in, batterieelektrisch und Brennstoffzelle). Im Alternativszenario wächst der Bestand von Elektroantrieben insgesamt auf 10,1 Mio. Fahrzeuge – darunter 5,5 Mio. Plug-in-Hybride, 3,1 Mio. batterieelektrische und 1,5 Mio. Brennstoffzellenfahrzeuge. Die Anzahl aller Otto- und Diesel-Pkw schrumpft bis 2040 auf 30,7 Mio. Fahrzeuge. In der Gasszenarett wächst der Bestand von Gasantrieben bis 2040 auf 6,3 Mio. Fahrzeuge.

Verbrauch und CO₂-Emissionen

Der zukünftige Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen werden sowohl von den eingesetzten Antrieben als auch davon bestimmt, wie effizient diese sind. Im Jahr 2013 lag der Normverbrauch neu zugelassener Pkw bei 5,9 Litern Benzinäquivalent pro 100 km ($I_{B\bar{A}}/100\text{ km}$), der reale Verbrauch auf der Straße ist dagegen mit 7,3 $I_{B\bar{A}}/100\text{ km}$ rund 25 % höher [5]. Der Bestandsverbrauch, welcher immer auch ältere Fahrzeuge mit höherem spezifischem Verbrauch einschließt, lag wiederum 12 % höher als der Realverbrauch der Neuzulassungen, nämlich bei 8,2 $I_{B\bar{A}}/100\text{ km}$.

Sollen die angenommenen CO₂-Grenzwerte für neue Pkw erfüllt werden, muss eine deutliche Senkung der spezifischen Verbräuche erreicht werden. Die spezifischen Realverbräuche sinken im Trendszenario von heute 7,3 auf 4,1 $I_{B\bar{A}}/100\text{ km}$ sowie im Alternativszenario auf 3,4 $I_{B\bar{A}}/100\text{ km}$. Der mittlere spezifische Verbrauch des Bestands geht im Trendszenario bis 2040 auf 4,7 $I_{B\bar{A}}/100\text{ km}$, im Alternativszenario auf 4,1 $I_{B\bar{A}}/100\text{ km}$ zurück (vgl. Abb. 4).

Deutsche Pkw verbrauchten im Jahr 2013 rund 50 Mrd. $I_{B\bar{A}}$ oder 1 590 PJ Energie (siehe Abb. 5). Ottokraftstoffe hatten einen Anteil von 55 %, Dieselkraftstoffe von 43 % am Inländerverbrauch. Im Trendszenario geht der Energieverbrauch um 45 % auf 27 Mrd. $I_{B\bar{A}}$ bzw. 868 PJ Energie zurück, im Alternativszenario wird er mehr als halbiert, und zwar auf dann nur noch 24 Mrd. $I_{B\bar{A}}$ bzw. 759 PJ

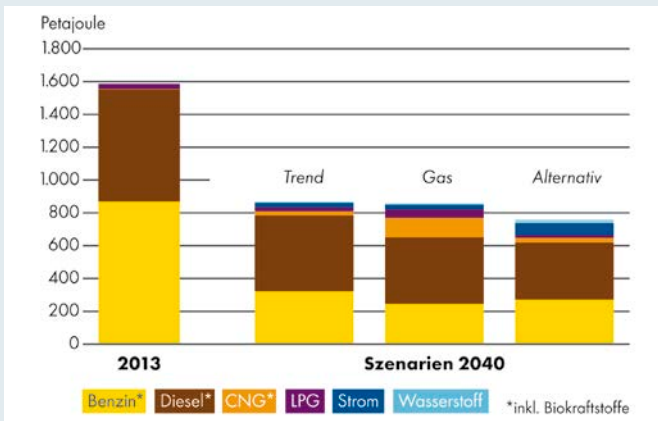


Abb. 5 Pkw-Kraftstoff/Energieverbrauch

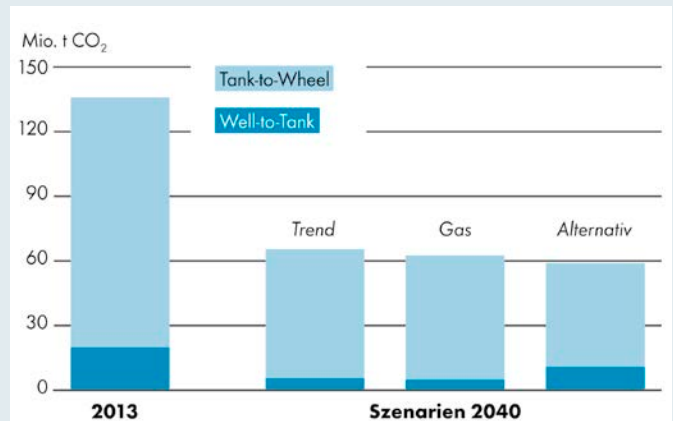


Abb. 6 CO₂-Emissionen der Pkw

Energie. Auch im Jahr 2040 werden im Pkw-Bereich hauptsächlich flüssige Otto- und Dieselmotorkraftstoffe (einschließlich biogener Substitute) eingesetzt: im Trend- sind 90 % und im Alternativszenario noch über 80 % der verbrauchten Energie Flüssigkraftstoffe.

Im Trendszenario können Otto- und Diesel-20 % Biokraftstoffe beigemischt werden; der Biokraftstoffverbrauch steigt in der Folge von 2,1 auf 3,3 Mrd. l_{BÄ}. Im Alternativszenario entwickelt sich elektrische Energie Ende der 2030er Jahre zum wichtigsten alternativen Energieträger. Der Fahrstromverbrauch steigt im Alternativszenario auf 71 PJ an. In der Gasszenarett wächst der Anteil des Gasabsatzes bis 2040 auf 20 % (120 PJ CNG einschließlich Biogas, 52 PJ LPG) an.

Effizienzsteigerung, neue Antriebe und Kraftstoffe tragen alle zu einer substantziellen Minderung der CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs bei: Die direkten bzw. Tank-to-Wheel-Emissionen (TtW), welche zwischen 1990 und 2013 von 122 Mio. t auf 116 Mio. t

moderat sanken, gehen im Trendszenario weiter bis auf 60 Mio. t, in der Gasszenarett auf 58 Mio. t und im Alternativszenario auf 48 Mio. t zurück (siehe Abb. 6). Bezieht man zusätzlich die Vorketten bzw. Well-to-Tank-Emissionen mit ein, entwickeln sich die Well-to-Wheel-Emissionen (WtW) von historisch 145 Mio. t (1990) über 136 Mio. t (2013) bis 2040 im Trendszenario auf 66 Mio. t, in der Gasszenarett auf 63 Mio. t und im Alternativszenario auf 59 Mio. t.

Schlussfolgerungen für die Energie- und Klimapolitik

Der Pkw-Bestand und auch seine Nutzung werden sich in den kommenden Jahren quantitativ nur noch wenig verändern. Auf der anderen Seite werden Pkw-Antriebe vielfältiger und effizienter sowie die eingesetzten Kraftstoffe emissionsärmer. Was heißt das für die Energie- und Klimapolitik?

Der Energieverbrauch und auch die Treibhausgasemissionen des Pkw-Verkehrs wer-

den deutlich sinken. Dabei kann das Energieziel für den Verkehr insgesamt von -40 % Energieverbrauch im Zeitraum 2005 bis 2050 von den Pkw bereits bis 2040 gut erfüllt werden. Allerdings wird es für den Pkw-Verkehr – über alle betrachteten Szenarien – schwer, das nationale sektorübergreifende Klimaziel von -70 % Treibhausgasemissionen in der Periode 1990 bis 2040 zu erreichen.

Anmerkungen

- [1] Shell Deutschland: Shell-Pkw-Szenarien bis 2040 – Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität. Hamburg 2014.
- [2] Adolf, J., Krämer, L., Rommerskirchen, S.: PKW-Mobilität am Wendepunkt? Bedeutung des demographischen und des Verhaltenswandels für den PKW-Verkehr in Deutschland bis 2040. In: Internationales Verkehrswesen (66) 4 | 2014.
- [3] European Environmental Agency: Monitoring CO₂ emissions from new passenger cars in the EU: summary data for 2013. Copenhagen 2014.
- [4] Kraftfahrt-Bundesamt: Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umweltmerkmalen. FZ 14, Flensburg 2014.
- [5] International Council on Clean Transportation: From laboratory to road. A comparison of official and 'real world' fuel consumption and CO₂ values for cars in Europe and the United States. Washington u. a. O. 2013.

Dr. J. Adolf, Chef-Volkswirt, Shell Deutschland, Hamburg; A. Auf der Maur, Berater, S. Straßburg, Berater, Prognos AG, Basel
 joerg.adolf@shell.com
 alex.aufdermaur@prognos.com
 samuel.strassburg@prognos.com

