



Auf der Zielgeraden

Die deutschen Automobilhersteller im Kontext der europäischen CO₂-Vorgaben für 2021

Autor
Peter Mock
International Council on Clean Transportation (ICCT)

09.09.2019

Projektleitung
Kerstin Meyer
Agora Verkehrswende

Zusammenfassung	3
Executive Summary	4
1 Hintergrund	5
2 Marktentwicklungen der Jahre 2010 bis 2018	8
3 Ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen bis 2021	12
4 Schlussfolgerungen	26
Abkürzungsverzeichnis	30
Literaturquellen.....	31

Zusammenfassung

Um die Klimaschutzziele auf europäischer und nationaler Ebene erreichen zu können, bedarf es ambitioniert ausgestalteter Vorgaben für die Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Emissionen der Neufahrzeugflotte. Für Pkw muss spätestens ab 2021 ein Zielwert von durchschnittlich 95 Gramm pro Kilometer (g/km) EU-weit eingehalten werden. Während der Zielwert des Jahres 2015 von allen größeren Fahrzeugherstellern bereits zwei Jahre im Voraus erreicht wurde, lag der europäische Flottendurchschnitt des Jahres 2018 mit 120 g/km noch deutlich über dem Zielwert für 2021. Der jeweils geltende Zielwert fällt dabei von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich aus, beruhend auf dem durchschnittlichen Gewicht der jeweiligen Fahrzeugflotte. In der Zeit zwischen 2019 und 2021 muss die jährliche Reduktionsrate bei durchschnittlich 8 Prozent liegen, um den Zielwert für 2021 erreichen zu können.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die drei deutschen Pkw-Hersteller BMW, Daimler sowie Volkswagen Group ihren jeweiligen CO₂-Zielwert für das Jahr 2021 unter plausiblen Rahmenbedingungen einhalten können. Anhand der bisherigen Produktstrategie sowie öffentlicher Ankündigungen der Hersteller wurden hierfür Szenarien für die weitere Produktstrategie bis 2021 abgeleitet.

Bei allen Herstellern besteht ein Potential zur weiteren Verbesserung des konventionellen Verbrennungsmotors, des Getriebes und des Fahrwiderstands. Zudem ist für alle Hersteller in den Jahren 2019-2021 mit einer höheren Anrechnung von Öko-Innovationen zu rechnen, als dies bislang der Fall war. Daimler und VW planen einen breiten Einsatz der 48-Volt-Hybrid-Technologie für die kommenden Jahre, während BMW hier einen Serieneinsatz erst für die Zeit nach 2020 sieht. Beim Absatz von Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEV) ist BMW bereits heute führend und plant für die kommenden Jahre zahlreiche neue Modelle. Sowohl BMW als auch Daimler kündigen an, im Jahr 2025 etwa 15-25 Prozent ihrer Neufahrzeuge

weltweit als PHEV oder Batteriefahrzeuge (BEV) auszuliefern, bei VW sollen es 25 Prozent sein.

Zur Erreichung ihrer CO₂-Zielwerte für 2021 innerhalb der EU sind für alle drei Hersteller bereits Marktanteile von etwa 8-15% Elektrofahrzeuge (PHEV plus BEV) ausreichend. Dennoch ist gegenüber heute für alle drei Hersteller eine deutliche Steigerung der Zulassungen von Elektrofahrzeugen notwendig. Während bei BMW in etwa eine Verdoppelung des heutigen PHEV/BEV-Absatzes ausreichen würde, so bedarf es bei Daimler und VW eines etwa fünfmal so hohen Absatzes an E-Fahrzeugen. Dies erfordert deutliche Anstrengungen seitens der Hersteller und die richtigen Rahmenbedingungen.

Angesichts der zentralen Rolle der Elektrifizierung kommt dem Gesetzgeber eine wichtige Rolle zu, um die Investitionen der Hersteller in diese neuen Technologien absichern. Dies umfasst in Deutschland einerseits den raschen Aufbau einer entsprechenden Ladeinfrastruktur durch ein Sofortprogramm „Infrastruktur für die Elektromobilität“ mit finanziellen Anreizen und der Schaffung bzw. Anpassung einer Reihe gesetzlicher Rahmenbedingungen. Zum anderen ist auch eine umfassende Reform der Kfz-Steuer dringend erforderlich, um ein aufkommensneutrales Bonus-Malus-System einzuführen. Der Zweck dieser Reformen ist eine Lenkungswirkung durch ein Preissignal schon beim Kauf. Dadurch sollten niedrig- oder nullemittierende Fahrzeuge steuerlich entlastet werden bei gleichzeitig deutlich höherer Besteuerung im ersten Nutzungsjahr für Fahrzeuge mit hohen CO₂-Emissionen, um den Absatz elektrifizierter Fahrzeuge nachhaltig zu stützen.

Executive Summary

For meeting the climate mitigation targets at the European Union (EU) and member state level ambitious regulatory targets are needed to address the carbon dioxide (CO₂) emission level of new vehicles. EU regulation requires new passenger cars to emit no more than 95 grams per kilometer (g/km) of CO₂ from 2021 onwards. All major vehicle manufacturers met the preceding target for the year 2015 two years in advance. And yet, the EU-wide new car fleet average in 2018 was 120 g/km, which is still notably higher than the 2021 target value. The actual CO₂ target varies by manufacturer and depends on the average mass of the manufacturer's vehicle fleet. An annual fleet reduction rate of 8 percent will be required to meet the 2021 target values between the years 2019 and 2021.

This analysis shows that all three German car manufacturers, BMW, Daimler and Volkswagen Group, will be able to meet their respective CO₂ target value for the year 2021, under plausible assumptions. Scenarios for further product development strategies for the three manufactures up to the year 2021 were derived from an analysis of past strategies and public announcements.

For all manufacturers, there is a potential for further improvements of the conventional combustion engine and transmission system, and in driving resistance reduction. In addition, for the years 2019-2021, all manufacturers are expected to increase the use of eco innovation credits for emission compliance. Daimler and VW plan to mass-deploy the 48-Volt-hybrid technology in future years, while BMW does not foresee a large-scale application of the technology before 2020. For Plug-in-hybrid electric vehicles (PHEV), BMW on the other hand is already leading the deployment of plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and plans to introduce many more new vehicle models in upcoming years. BMW and Daimler have announced that by 2025, 15 to 25 percent of their new vehicles sold worldwide will be PHEVs or full battery electric vehicles (BEVs). VW

has announced plans to deliver up to 25 percent of their vehicles as EVs in 2025.

To reach their CO₂ targets for the year 2021, all three manufacturers need to significantly increase the new car share of EVs of their annual sales, to a level of 8-15% (PHEV and BEV combined). In the case of BMW, the company will need to approximately double its EV market share. In the case of Daimler and VW, the companies will need to sell about five times as many EVs per year. This requires significant efforts on the part of the manufacturers as well as the right policy and infrastructure framework conditions.

Given the key role of electrification in meeting regulatory targets, policy makers have a responsibility to support the efforts of the manufacturers of new technologies with regulatory measures. For Germany, this includes a prompt roll-out of adequate charging infrastructure. Financial incentives as well as creating or adapting a number of regulatory framework conditions will be key in this respect. In addition, a comprehensive reform of the German vehicle tax introducing a revenue neutral bonus-malus taxation system is urgently required. The purpose of this reform is a steering effect through a price signal already at the time of purchase. As a result of such a tax reform, vehicles with low or zero emissions would be subject to a lower tax at the point of purchase. In parallel, vehicles with high emissions would be subject to a higher tax, thereby incentivizing increased sales of electric vehicles in a sustainable revenue-neutral manner.

1 Hintergrund

Der Verkehrsbereich ist in Deutschland für etwa ein Fünftel aller Treibhausgasemissionen verantwortlich und gleichzeitig der einzige Sektor, dem es bislang nicht gelang, seine Emissionen zu senken (UBA, 2018). Für die Zukunft legt der Klimaschutzplan der Bundesregierung ein verbindliches Reduktionsziel fest: die Treibhausgasemissionen des Verkehrs müssen bis 2030 um 40-42 Prozent gegenüber dem Bezugsjahr 1990 sinken (BMU, 2018).

Um den Klimaschutzplan einhalten zu können, bedarf es – neben anderen Maßnahmen – ambitionierter Vorgaben für die Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Emissionen der Neufahrzeugflotte (Agora Verkehrswende, 2018). Die entsprechende Regulierung für Pkw wurde auf europäischer Ebene erstmals im Jahr 2009 eingeführt. In einer ersten Stufe wurde ein

durchschnittlicher Zielwert von 130 Gramm pro Kilometer (g/km) für neue Pkw im Jahr 2015 festgelegt. In einer zweiten Stufe wurde dieser Zielwert auf ein Niveau von 95 g/km für das Jahr 2021 abgesenkt (Mock, 2018a). Ende 2018 wurden, in einer dritten Stufe, verbindliche Zielwerte für die CO₂-Reduktion neuer Pkw bis 2025 und 2030 eingeführt (Mock, 2019).

Die Zielwerte der Fahrzeughersteller sind gewichtsbasiert. Liegt das durchschnittliche Gewicht der verkauften Fahrzeuge eines Herstellers über dem in der Gesetzgebung festgelegten Durchschnittsgewicht aller Fahrzeuge, so erhöht sich auch der Zielwert dieses Herstellers gegenüber dem durchschnittlichen EU-Wert von 95 g/km in 2021. Der gleiche Zusammenhang gilt auch umgekehrt: Liegt das Gewicht unterhalb des Durchschnitts, ist auch der Zielwert entsprechend strenger (Tabelle 1).

Tabelle 1: Durchschnittswerte der europäischen Pkw-Neufahrzeugflotte im Jahr 2018, sowie CO₂-Zielwert 2021, nach Herstellergruppen. CO₂-Angaben laut Neuem Europäischem Fahrzyklus (NEFZ).

Hersteller	Marktanteil	Gewicht (kg)	2018-CO ₂ -Wert (g/km)	2021-CO ₂ -Zielwert (g/km)
Toyota-Mazda	6%	1.351	110	94
Renault	11%	1.281	112	92
PSA-Opel	17%	1.269	114	91
Nissan	3%	1.370	115	95
Ford	7%	1.411	121	96
Kia	3%	1.356	121	94
Alle Hersteller		1.392	120	95
FCA-Tesla	6%	1.300	122	92
Volkswagen	23%	1.413	122	96
Hyundai	4%	1.318	124	93
BMW	6%	1.589	128	102
Volvo	2%	1.760	132	108
Daimler	6%	1.602	133	102

Tietge (2019)

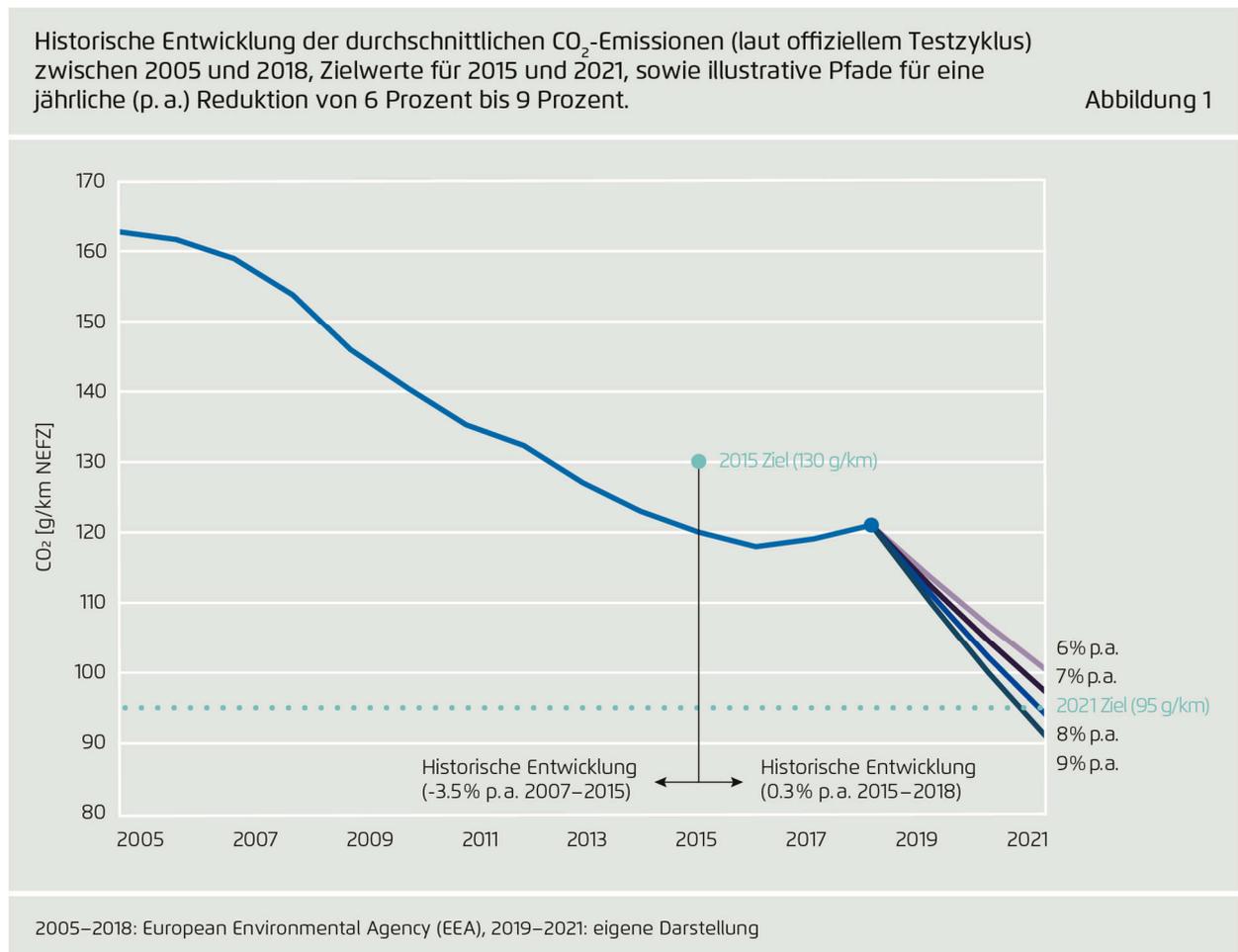
Während der Zielwert des Jahres 2015 von allen größeren Fahrzeugherstellern bereits zwei Jahre im Voraus erreicht wurde, lag der Flottendurchschnitt des Jahres 2018 mit 120 g/km noch deutlich über dem Zielwert von 95 g/km für 2021. Zwischen 2016 und 2018 kam es sogar zu einem Anstieg der durchschnittlichen CO₂-Emissionen, von 118 g/km auf 120 g/km, dem insbesondere eine Verschiebung zwischen den einzelnen Marktsegmenten zugrunde liegt. So verringerte sich der Anteil kleinerer Fahrzeuge zwischen 2015 und 2018 um mehr als 15 Prozentpunkte, während gleichzeitig der Anteil größerer Fahrzeuge und vor allem der Sport Utility Vehicles (SUV) um knapp 13 Prozentpunkte zunahm (Tietge, 2019). Zudem dürfte auch die zum September 2018 erforderliche Umstellung des Testverfahrens für die Zulassung neuer Pkw, vom bisherigen Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) auf die Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP), zum Abflachen der CO₂-Reduktion beigetragen haben. Die Überarbeitung aktueller und die Einführung neuer Fahrzeugmodelle wurden von einigen Herstellern mit Blick auf die anstehende Umstellung auf die Zeit nach September 2018 verschoben, um eine zweimalige Zertifizierung - zunächst nach NEFZ und später nochmals nach WLTP - zu vermeiden (SZ, 2018). Hinzu kommt, dass die EU CO₂-Flottengesetzgebung keine jährlichen Zwischenziele vorsieht, sondern lediglich verbindliche Zielwerte für die Jahre 2015 und 2020/21 vorschreibt. Eine Vorerfüllung der gesetzlichen Vorgaben ist somit aus Herstellersicht nicht erstrebenswert. Im Gegenteil, da Elektrofahrzeuge erst ab dem Jahr 2020 mittels "super-credits" von einer Mehrfachanrechnung profitieren, erscheint es aus taktischen Gründen sinnvoll, die Markteinführung von Elektrofahrzeugen erst ab dem Jahr 2020 verstärkt zu forcieren. Im Gegensatz zu den oben genannten Faktoren spielte der gleichzeitig erfolgte Rückgang des Dieselanteils, im EU-Durchschnitt von 52 Prozent in 2015 auf 36 Prozent im Jahr 2018, lediglich eine untergeordnete Rolle (Mock, 2018b). Während der ersten Stufe der CO₂-Regulierung, zwischen 2007 und 2015 lag die jährliche Reduktionsrate der CO₂-Emissionen neuer Pkw in der EU bei

durchschnittlich 3,5 Prozent. Seit Erreichen des 2015er-Zielwerts stagniert der durchschnittliche Flottenwert bzw. steigt sogar leicht an, um durchschnittlich 0,3 Prozent zwischen 2015 und 2018. Um den Zielwert von 95 g/km im Jahr 2021 erfüllen zu können, und Strafzahlungen zu vermeiden, muss die jährliche Reduktionsrate in den noch verbleibenden Jahren 2019 bis 2021 bei durchschnittlich etwa 8 Prozent liegen (Abbildung 1). Derartig hohe jährliche CO₂-Reduktionsraten sind bislang beispiellos. Gleichzeitig bestehen für die Fahrzeughersteller eine Reihe von Möglichkeiten, um ihre jeweiligen Flottenwerte noch rechtzeitig auf das erforderliche Maß abzusenken:

- Absenkung der CO₂-Emissionen konventioneller Verbrennungsmotoren, unter anderem durch verstärkten Leichtbau sowie Verbesserungen des Luft- und Rollwiderstands,
- Hybridisierung konventioneller Fahrzeuge mittels Voll-Hybrid- oder günstigerer Mild-Hybrid-Systeme,
- Verstärkte Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen, sowie Mehrfachanrechnung von Elektrofahrzeugen mittels super-credits,
- Verstärkter Einsatz und Anrechnung von Öko-Innovationen,
- Zusammenschluss ("pooling") mit anderen Herstellern,
- Einbezug von CO₂-Flottenwerten der Länder Island, Liechtenstein und Norwegen.

Insbesondere die deutschen Fahrzeughersteller haben sich durch Vorerfüllung des 2015er-Zielwerts sowie durch umfangreiche Investitionen in innovative Fahrzeugtechnologien eine gute Ausgangsposition erarbeitet, und wiederholt bekräftigt, Strafzahlungen schon allein aus Image-Gründen vermeiden zu wollen.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst aufgezeigt, wie sich die europäische Neufahrzeugflotte der drei deutschen Hersteller BMW, Daimler und VW in der Zeit zwischen 2010 und 2018 im Vergleich zum



Durchschnitt aller Hersteller entwickelte. Anschließend werden die grundsätzlichen Möglichkeiten zur Reduktion der CO₂-Emissionen bei Neufahrzeugen in den kommenden Jahren kurz erläutert. Schließlich wird für jeden der drei Hersteller ein spezifisches Szenario erarbeitet, welches die verschiedenen Möglichkeiten zur Reduktion der CO₂-Emissionen, entsprechend den jeweiligen Produktplänen, kombiniert und aufzeigt, wie eine Erreichung des 2021er-Zielwerts möglich wäre. Auch wenn die tatsächliche Produktstrategie jedes Herstellers ein streng gehütetes Geheimnis ist, so lassen sich anhand der Szenarien dennoch mögliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten herausarbeiten. Zudem wird deutlich, dass eine Einhaltung der 2021er-Ziele, zumindest für die deutschen Hersteller, realistisch ist.

Die Untersuchung beschränkt sich lediglich auf Pkw. Die CO₂-Emissionen leichter Nutzfahrzeuge, die ebenfalls durch EU-Flottenziele geregelt sind, werden nicht betrachtet. Zudem werden nur die CO₂-Typprüfwerte, d.h. die offiziell nach dem geltenden Testverfahren gemessenen Werte, betrachtet. Wie frühere Studien zeigen, stieg die Diskrepanz zwischen offiziellen und realen CO₂-Werten zwischen 2010 und 2017 von 23 Prozent auf 39 Prozent an (Tietge et al., 2019). In der Folge ist die tatsächliche Reduktion der CO₂-Emissionen der Neufahrzeugflotte der letzten Jahre nur in etwa halb so hoch wie von den Fahrzeugherstellern angegeben. Für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen zählt in der EU jedoch bislang lediglich der offizielle Labormesswert.

2 Marktentwicklungen der Jahre 2010 bis 2018

Das Kraftfahrtbundesamt (KBA) führt in seiner Statistik die folgenden Marken mit Herkunftsland Deutschland auf: Audi, BMW, Ford, Mercedes, Mini, Opel, Porsche, Smart und VW (KBA, 2019). Für die folgende Untersuchung soll der Fokus auf den Marken der drei Hersteller BMW, Daimler und der Volkswagen Group (im Folgenden als VW abgekürzt) liegen. Ford sowie Opel werden aus der Betrachtung ausgenommen, da sie jeweils einem Mutterkonzern im Ausland (PSA Frankreich im Fall Opel, Ford USA im Fall Ford) angehören.

Zur Erreichung der CO₂-Zielwerte auf EU-Ebene können sich mehrere Fahrzeughersteller bzw. -marken zu einem "Pool" zusammenschließen. Tabelle 2 führt die aktuell der EU-Kommission gemeldeten Pools für BMW, Daimler und VW auf, inklusive des Marktanteils der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland und der EU im Jahr 2018.¹

CO₂-Emissionen der Neufahrzeugflotte

Die Emissionen der deutschen Hersteller liegen, im europäischen Vergleich, überdurchschnittlich hoch (Abbildung 2). Der Flottenwert von BMW sank in den letzten Jahren sowohl auf deutscher als auch auf EU-Ebene zunächst etwas stärker als der Durchschnitt aller Hersteller, stieg jedoch dann von 2017 auf 2018 um etwa 6 g/km auf einen Wert von 128 g/km deutlich an. Im Fall Daimler erfolgte ein solches Abknicken der Kurve bereits ab 2015. Der Flottenwert für Daimler ist mit 133 g/km auf EU-Ebene der höchste der drei deutschen Hersteller. Auch für VW ist ein Anstieg der CO₂-Emissionen seit 2016 zu beobachten, allerdings deutlich weniger ausgeprägt als bei BMW und Daimler, so dass VW im Jahr 2018 auf EU-Ebene einen Flottenwert von 122 g/km erreichte. Auffällig ist, dass BMW und VW im Jahr 2017 nahezu denselben CO₂-Flottenwert erreichten, trotz der zu diesem Zeitpunkt um etwa 150 kg schwereren BMW-Flotte. Der EU-Durchschnitt aller Hersteller lag 2018 bei 120 g/km (Abbildung 2, links).

Tabelle 2: Aktuelle Zusammensetzung der Hersteller-Pools für BMW, Daimler und VW, sowie Marktanteil der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland und der EU im Jahr 2018.

	BMW	Daimler	VW	Summe
Hersteller-Pool	BMW, Mini	Mercedes, Smart	Audi, Bugatti, Porsche, Seat, Škoda, VW	
Marktanteil 2018				
Deutschland	9%	11%	36%	56%
EU-weit	6%	6%	23%	35%

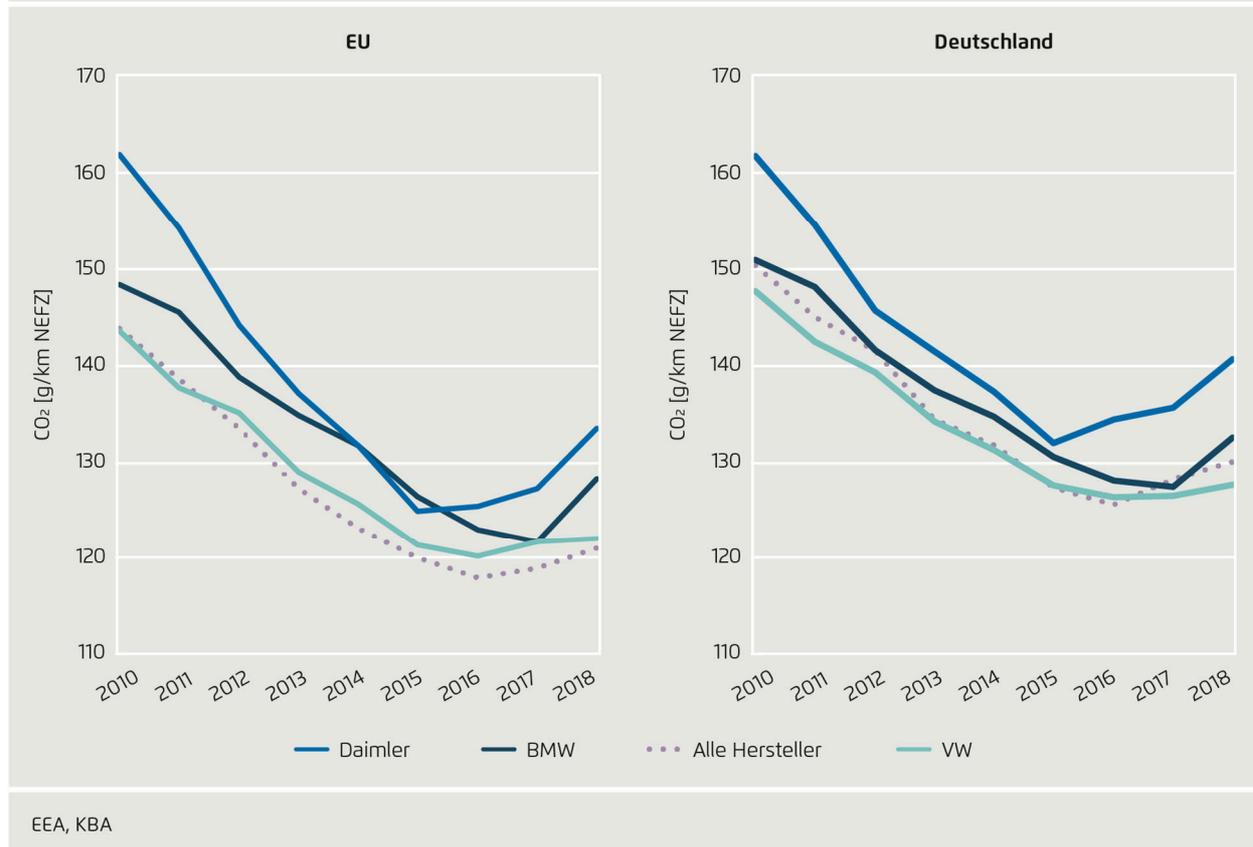
Tietge (2019)

1 Die Daten für diese Untersuchung basieren auf öffentlich zugänglichen Datenbanken der European Environmental Agency (EEA), des Kraftfahrtbundesamts (KBA), der Deutschen Automobil Treuhand (DAT), des ADAC, sowie auf kommerziellen

Daten von IHS Markit (Copyright (c) IHS Markit, 2019. All rights reserved). Zudem wurden zahlreiche Artikel der beiden Fachzeitschriften AUTO BILD sowie Auto Motor Sport ausgewertet.

Historische Entwicklung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Neufahrzeuge von BMW, Daimler und VW in der EU (links) sowie in Deutschland (rechts).

Abbildung 2

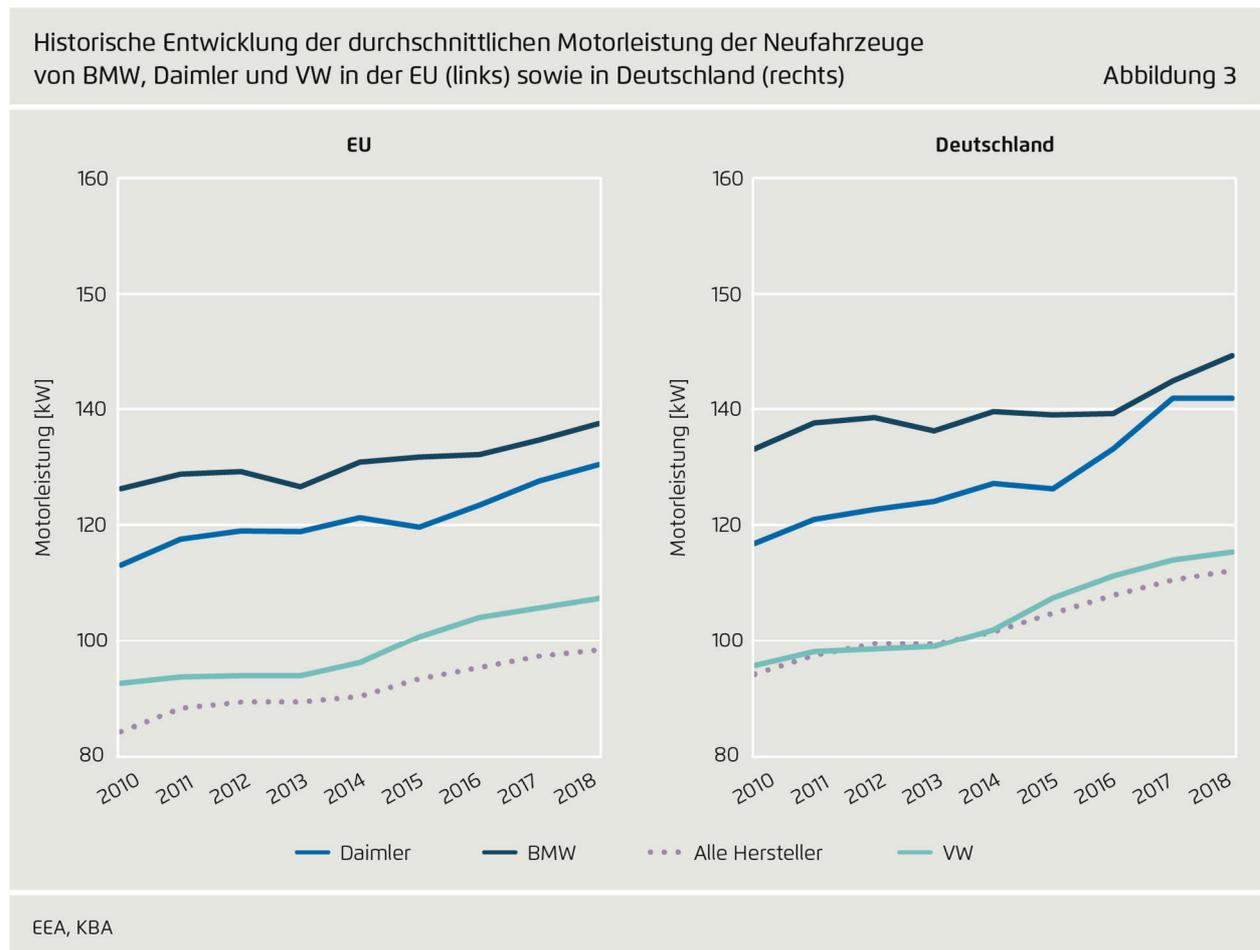


Motorleistung und Leergewicht der Neufahrzeugflotte

Alle drei deutschen Hersteller weisen überdurchschnittlich hohe Werte für die Motorleistung und das Leergewicht ihrer Neufahrzeugflotte auf. Im Fall von Daimler stieg die Motorleistung in den letzten Jahren besonders deutlich an. So lag die durchschnittliche Motorleistung von Daimler auf EU-Ebene im Jahr 2015 noch bei 119 kW. Im Jahr 2019 waren es bereits 130 kW, ein Plus von 9 Prozent. Auf deutscher Ebene stieg die Daimler-Motorleistung gar um 12 Prozent an, auf einen Wert von 141 kW. Auch für BMW und VW stieg die Leistung der Neufahrzeugflotte an, auf Werte von 137 kW und 107 kW (für EU) bzw. 148 kW und 116 kW (für Deutschland), allerdings langsamer als für Daimler. Der europäische Durchschnitt für alle Hersteller stieg von 93 kW im Jahr 2015 auf 98 kW im Jahr 2018 (+4 Prozent). In

Deutschland stieg der durchschnittliche Wert von 106 kW auf 113 kW (+5 Prozent) (Abbildung 3). Damit liegt die Motorleistung eines neuen Pkw in Deutschland höher als in jedem anderen Land in der EU, mit Ausnahme von Luxemburg.

Auch das Gewicht der Neufahrzeuge der drei Hersteller stieg in den letzten Jahren an (ohne Abbildung). Ein eindrücklicher Anhaltspunkt hierfür ist die Zunahme des SUV-Anteils im Zeitverlauf. So waren im Jahr 2015 noch etwa 22 Prozent aller BMW-Fahrzeuge in der EU SUVs. Im Jahr 2018 waren es bereits 31 Prozent, eine Steigerung um etwa 40 Prozent. Bei Daimler stieg der SUV-Anteil von 15 Prozent auf 24 Prozent (+60 Prozent), bei VW von 13 Prozent auf 26 Prozent (+100 Prozent).



Ohne ein Gegensteuern mit Hilfe innovativer Technologien ist jedoch ein Anstieg des Fahrzeuggewichts und auch der Motorleistung mit höheren CO₂-Emissionen verbunden. Der überproportionale Zuwachs an Fahrzeuggewicht, SUV-Anteil und Motorleistung erklärt daher, zumindest zu einem Teil, die Schwierigkeiten der deutschen Hersteller hinsichtlich der Reduktion der CO₂-Emissionen ihrer Neufahrzeugflotte in den Jahren seit 2015.

Antriebstechnologien der Neufahrzeugflotte

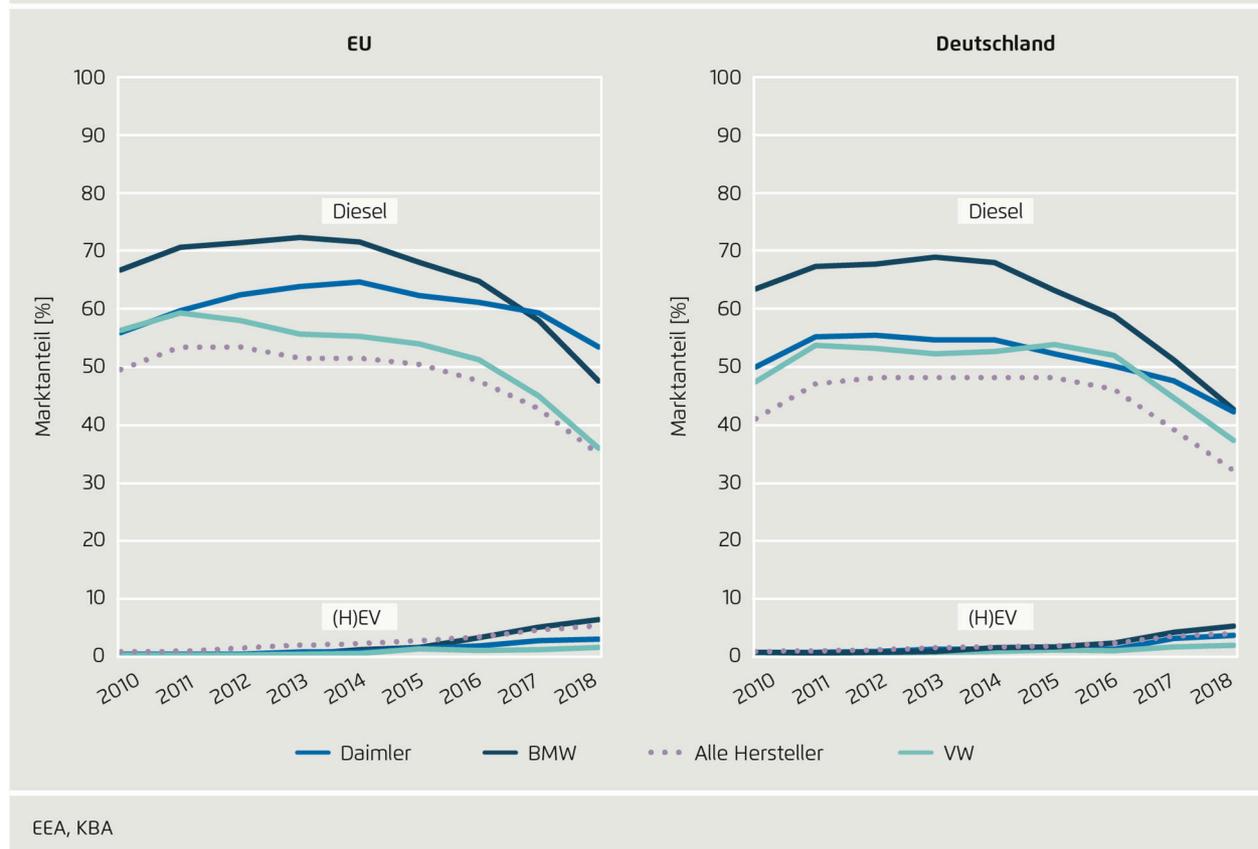
Beim Blick auf die Verteilung der Antriebstechnologien fällt zunächst auf, dass der Dieselanteil der deutschen Hersteller überdurchschnittlich hoch ist (Abbildung 4). Zudem ist der jüngste Rückgang der Dieselzulassungen bei Daimler weit weniger ausgeprägt als bei BMW und VW. Auf europäischer Ebene fiel der Dieselanteil bei Daimler zwischen 2015 und

2018 um neun Prozentpunkte, auf nun 55 Prozent. Bei BMW war es im selben Zeitraum ein Rückgang um 21 Prozentpunkte, auf nun 49 Prozent. Dennoch gelang es BMW, die CO₂-Emissionen seiner Neufahrzeuge deutlicher zu senken, als dies bei Daimler der Fall ist.

Eine zunehmende Bedeutung kommt hierbei den elektrifizierten Fahrzeugen zu. Hierzu zählen neben rein elektrischen Batterie-Fahrzeugen (BEV) auch Plug-in-Hybride (PHEV) und konventionelle Vollhybride (HEV). Allerdings bietet keiner der deutschen Hersteller eine nennenswerte Anzahl an HEV an. BMW ist unter den deutschen Herstellern beim Verkauf elektrifizierter Fahrzeuge EU-weit derzeit führend. Im Jahr 2018 waren 6,3 Prozent aller BMW-Fahrzeuge entweder PHEV oder BEV. Bei Daimler waren es 2,8 Prozent und bei VW 1,4 Prozent. Der EU-

Historische Entwicklung des Dieselanteils (obere Kurven) bzw. des Anteils von Hybrid-, Plug-in- und Batterie-Fahrzeugen (untere Kurven) unter den Neufahrzeugen von BMW, Daimler und VW in der EU (links) sowie in Deutschland (rechts)

Abbildung 4



Durchschnitt aller Hersteller, inklusive HEV, lag bei 5,3 Prozent.

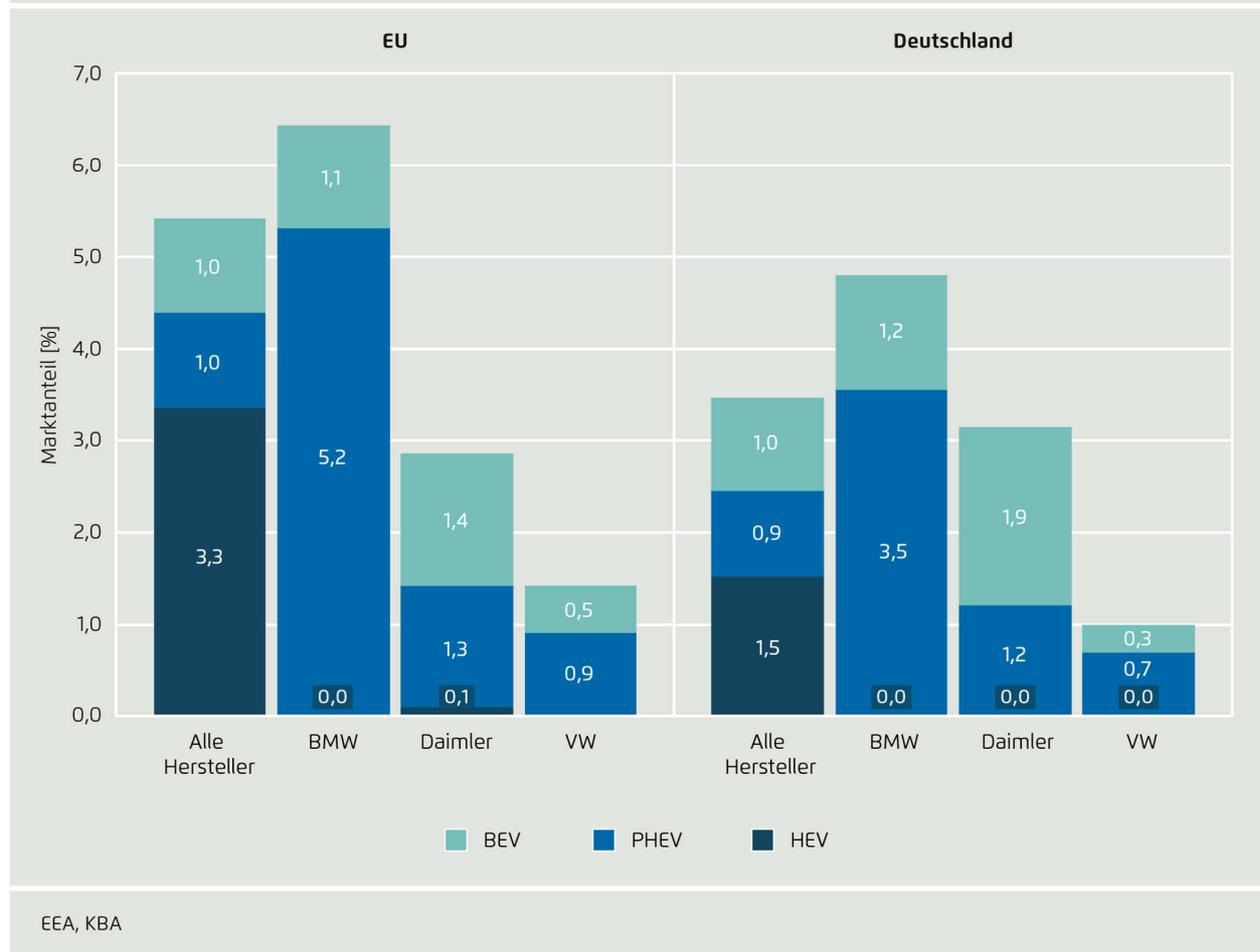
In Deutschland lag der durchschnittliche Anteil elektrifizierter Fahrzeuge im Jahr 2018 niedriger, bei nur 3,4 Prozent. Auch der BMW-Wert lag deutlich niedriger, bei 4,7 Prozent. Daimler und VW verkauften in Deutschland dagegen prozentual in etwa gleich viel Elektrofahrzeuge wie auf EU-Ebene.

Abbildung 5 zeigt eine genauere Aufteilung der Marktanteile elektrifizierter Fahrzeuge der deutschen Hersteller. Für HEV betrug der Marktanteil im Jahr 2018 auf EU-Ebene 3,3 Prozent. Ein Großteil dieser Fahrzeuge stammt aus dem Hause Toyota. Die Marke Toyota lieferte 2018 etwa 58 Prozent seiner Fahrzeuge in der EU als HEV aus. Während die

deutschen Hersteller in den Jahren 2010 bis 2014 zwar einen kleinen Prozentsatz (in etwa 0,1 Prozent) ihrer Flotte als HEV verkauften, zogen sie sich jedoch inzwischen (bis auf Daimler) vollständig aus diesem Markt zurück. Der Schwerpunkt der Verkäufe von elektrifizierten Fahrzeugen bei den deutschen Herstellern liegt dagegen bei den PHEV (ca. zwei Drittel) bzw. bei den BEV (ca. ein Drittel, auf EU-Ebene), wo zumindest BMW und Daimler gegenüber ihren Wettbewerbern derzeit mit überdurchschnittlich hohen Marktanteilen gut positioniert sind.

Anteil von Hybrid-, Plug-in- und Batterie-Fahrzeugen unter den Neufahrzeugen von BMW, Daimler und VW in der EU (links) sowie in Deutschland (rechts) im Jahr 2018

Abbildung 5



EEA, KBA

3 Ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen bis 2021

Für die kommenden Jahre stehen den Fahrzeugherstellern eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung, um die CO₂-Emissionen ihrer Neufahrzeuge zu reduzieren. Zu unterscheiden sind hierbei einerseits technische Verbesserungen am Fahrzeug, beispielsweise der Einbau eines effizienteren Getriebes, sowie andererseits administrative Möglichkeiten, beispielsweise über eine Mehrfachanrechnung von elektrifizierten Fahrzeugen. Die folgenden Abschnitte betrachten die einzelnen Möglichkeiten zunächst allgemein, mit einer generischen Abschätzung des CO₂-Reduktionspotentials, und schließlich

spezifisch für einzelne Hersteller mit einer Abschätzung des kombinierten Reduktionspotentials für die gesamte Fahrzeugflotte.

3.1 Möglichkeiten zur Reduktion der CO₂-Emissionen von Neufahrzeugen

Fahrwiderstand

Eine zentrale Möglichkeit zur CO₂-Reduktion für alle Fahrzeuge, ganz gleich ob mit konventionellem Verbrennungsmotor oder elektrifiziert, ist eine Minimierung des Fahrwiderstands. In der Praxis kann diese erreicht werden durch leichtere Fahrzeuge (geringere Masse), verbesserte Aerodynamik (geringerer

Luftwiderstand), sowie verbesserte Reifen (geringerer Rollwiderstand).

Die Reduktion von 100 kg Fahrzeuggewicht hat eine Reduktion von ca. 5 g/km CO₂ zur Folge (Meszler et al., 2016). Zur Gewichtsreduktion können verstärkt Leichtbaumaterialien, wie beispielsweise hochfester Stahl, Aluminium, Plastik oder auch Karbonfasern zum Einsatz kommen. Innovative Entwicklungsprozesse, die schon im frühen Stadium weitgehend auf Computersimulationen beruhen, können den Einsatz von Leichtbaumaterialien vereinfachen und auch insgesamt den Materialeinsatz im Fahrzeug reduzieren, indem Bauteile hinsichtlich Festigkeit und Crashverhalten optimiert werden (Isenstadt und German, 2016). In ähnlicher Weise helfen innovative Entwicklungsprozesse dabei, die Aerodynamik moderner Fahrzeuge weiter zu optimieren. Der Einsatz rollwiderstandsarmer Reifen wird seit der Einführung der EU Reifenrichtlinie vorangetrieben. Seit September 2018 werden Reifen der Kategorie F in der EU vom Markt genommen, so dass sich der durchschnittliche Rollwiderstand bei Neufahrzeugen von ca. 10 Kilogramm pro Tonne (kg/t) im Jahr 2013 auf ca. 8 kg/t im Jahr 2019 reduzieren wird. In einer früheren Studie wurde das Gesamtpotential zur CO₂-Reduktion aller drei Maßnahmen (geringere Masse, geringerer Luftwiderstand, geringerer Rollwiderstand) auf 10-20 Prozent bis 2025 (gegenüber 2013) abgeschätzt (Kühlwein, 2016). Dies entspricht ca. 0,9-1,8 Prozent CO₂-Reduktion pro Jahr.

Allerdings wird in der Praxis der Einsatz von Leichtbaumaterialien durch die EU-Gesetzgebung gehemmt, da diese CO₂-Zielwerte festlegt, welche auf dem durchschnittlichen Gewicht der Fahrzeuge eines Herstellers basieren (Mock et al., 2018). Eine Reduktion des Fahrzeuggewichts hat damit einen strengeren CO₂-Zielwert zur Folge. Ferner war in den vergangenen Jahren eine Marktverschiebung hin zu größeren Fahrzeugklassen zu beobachten. Insbesondere der Anteil der SUV-Fahrzeuge verdreifachte sich im EU-Durchschnitt in den letzten 10 Jahren. Sollte dieser langjährige Trend auch in den

kommenden Jahren anhalten, so ist damit zu rechnen, dass ein Großteil der Fahrwiderstands-Reduktion in der Praxis durch eine schwerere und größer dimensionierte (der Luftwiderstand von SUV liegt höher als der vergleichbarer Kompaktfahrzeuge) Neufahrzeugflotte kompensiert werden wird. Für die Szenarien in Abschnitt 3.2 wird daher eine jährliche CO₂-Reduktion durch Verbesserungen im Fahrwiderstand von lediglich 0,5 Prozent angenommen.

Verbrennungsmotor und Getriebe

Auch mehr als 100 Jahre nach Erfindung des Otto- und des Dieselmotors besteht weiterhin ein Potential zur Verbesserung der Effizienz dieser konventionellen Motoren. Hinzu kommt nun die Möglichkeit einer zunehmenden Elektrifizierung. Die 48-Volt-(V)-Technologie ist hierbei die erste Stufe einer Elektrifizierung und wird noch dem Verbrennungsmotor zugerechnet.

In einer früheren Studie, mit umfangreichen Fahrzeugsimulationen, wurde für ein Benziner-Fahrzeug des Golfsegments ein Reduktionspotential der CO₂-Emissionen im WLTP von ca. 25 Prozent für den Zeitraum 2013 bis 2025 abgeschätzt (FEV, 2016). Dies entspricht in etwa 2,5 Prozent Reduktion pro Jahr. Dieser Abschätzung zugrunde liegen vor allem ein stärkeres Downsizing des Motors in Kombination mit einer zweistufigen Aufladung, die Reduktion von Reibungsverlusten im Motor, der Einsatz einer gekühlten Abgasrückführung, des Miller-Brennverfahrens, einer variablen Ölpumpe, verbesserter Kraftstoffeinspritzsysteme sowie eines 7-Gang-Doppelkupplungsgetriebes. Für ein Diesel-Fahrzeug derselben Größenklasse wurde das Reduktionspotential niedriger abgeschätzt, mit ca. 15 Prozent. Dies entspricht in etwa 1,3 Prozent pro Jahr. Ein Teil dieses Potentials wurde sowohl für Benzin- als auch Dieselfahrzeuge bereits verstärkt in den Jahren 2013 bis 2018 in der Neufahrzeugflotte umgesetzt. Zudem sank in den letzten Jahren der Anteil der Dieselfahrzeuge, welche zumindest in der Vergangenheit im Durchschnitt niedrigere CO₂-Emissionen als vergleichbare Benzin-Modelle hatten. In der Summe,

für den aktuellen Flottenmix an Benziner- und Diesel-Fahrzeugen wird daher für die folgenden Szenarien angenommen, dass eine jährliche Reduktion der CO₂-Emissionen durch Verbesserungen am Verbrennungsmotor und des Getriebes in Höhe von 1,5 Prozent erreicht werden kann.

Zusätzlich zum Verbesserungspotential beim konventionellen Verbrennungsmotor bietet der zunehmende Einsatz der 48-V-Technologie neue Möglichkeiten. Hierbei handelt es sich um ein Mild-Hybrid-System (MHEV), welches aus einem riemengetriebenen Startergenerator und einer 48-V-Lithium-Ionen-Batterie besteht. Hierdurch lässt sich Energie in der 48-V-Batterie durch regeneratives Bremsen speichern und dann für eine schnellere Beschleunigung des Fahrzeugs einsetzen. Zudem sorgt das System beim Ausrollen für eine reibungslose Entkopplung des Getriebes vom Motor, was ebenfalls die Effizienz steigert. Hersteller der 48-V-Technologie, wie beispielsweise Continental, bewerben ein Potential zur Reduktion der CO₂-Emissionen von 13 Prozent im NEFZ sowie bis zu 21 Prozent im realen Alltagsbetrieb (GreenCarCongress, 2016). Bosch gibt eine erwartete Reduktion von 15 Prozent an, sowohl im Testzyklus als auch im Alltagsbetrieb (Bosch, 2015). Die erwartete Spanne der CO₂-Einsparung unter Testbedingungen liegt für alle Zulieferer der 48-V-Systeme bei 10-15 Prozent (Isenstadt et al., 2016). Für die folgenden Szenarien wird für die 48-V-Technologie ein Potential zur Reduktion der CO₂-Emissionen von durchschnittlich 10 Prozent angenommen.

Hybridisierung

Im Gegensatz zur 48-V-Technologie werden bei einer vollen Hybridisierung eine Batterie mit größerer Kapazität sowie höhere Spannungen eingesetzt. Damit werden eine verstärkte Energierückgewinnung und bei einigen Systemen auch ein rein elektrisches Fahren für kurze Reichweiten ermöglicht. Pionier bei HEV ist Toyota, wo die Technologie im Jahr 1997 zum ersten Mal im Toyota Prius zum Einsatz kam. Im Jahr 2018 waren 58 Prozent aller neu verkauften Pkw der

Marke Toyota in Europa mit einem Vollhybrid ausgestattet, bei der Toyota-Marke Lexus sogar 94 Prozent. Die CO₂-Emissionen der Toyota-Hybridfahrzeuge liegen in der Regel ca. 20 Prozent unter denen vergleichbarer nicht-hybridisierter Modellvarianten. Keiner der deutschen Hersteller setzt derzeit für die kommenden Jahre auf HEV, weswegen für das Potential zur Reduktion der CO₂-Emissionen dieser Technologie keine Annahme getroffen wurde.

Plug-in-Hybrid/Range-Extender

Während HEV sich ausschließlich aus Energierückgewinnung während der Fahrt speisen, ist bei PHEV außerdem ein externes Laden per Steckdose möglich. Hierfür ist die Kapazität der Batterie größer dimensioniert als bei HEV. Hierdurch lassen sich laut NEFZ derzeit Reichweiten von etwa 40-60 km elektrisch zurücklegen. Im Alltagsbetrieb dürften diese Reichweiten deutlich niedriger liegen (Riemersma, 2017). Für die kommenden Jahre kündigen die Hersteller jedoch PHEV an, die ca. 100 km elektrische Reichweite im realen Alltagsbetrieb ermöglichen sollen. Diese zukünftigen PHEV mit höheren Reichweiten werden sich in niedrigeren CO₂-Emissionen unter Testbedingungen sowie voraussichtlich auch in niedrigeren CO₂-Emissionen im Alltagsbetrieb widerspiegeln. Sollten die Fahrzeuge jedoch vorwiegend verbrennungsmotorisch gefahren werden und nur zu einem geringen Teil im Elektrobetrieb, so werden sich die niedrigeren CO₂-Emissionen unter Testbedingungen im Alltag jedoch nicht realisieren lassen. Diese Einsparungen sind also stark vom Verhalten der Nutzer und von ihrer Bereitschaft, die Fahrzeuge auch tatsächlich wann immer möglich aufzuladen, abhängig.

Bei einem Range-Extender-Fahrzeug ist die Kapazität der Batterie nochmals größer dimensioniert als bei einem PHEV. Der Antrieb erfolgt hauptsächlich elektrisch, lediglich in Notsituationen steigt der (deutlich kleinere) Verbrennungsmotor mit ein, um die Batterie wieder aufzuladen. Ein aktuelles Beispiel ist der BMW i3 Range-Extender (Tabelle 3). Diese

Tabelle 3: Auswahl aktueller PHEV und Range-Extender-Fahrzeuge mit Angabe zur Batteriekapazität, elektrischer Reichweite und CO₂-Emissionen

Fahrzeugmodell	Batteriekapazität	Reichweite (NEFZ)	CO ₂ (NEFZ)
BMW i3 Range Extender	27,2 kWh	235 km	13 g/km
Hyundai Ioniq	8,9 kWh	63 km	26 g/km
Audi A3 Sportback e-tron	8,8 kWh	45 km	36 g/km
VW Golf GTE	8,7 kWh	50 km	36 g/km
VW Passat GTE	9,9 kWh	50 km	38 g/km
BMW 330e iPerf.	5,7 kWh	40 km	44 g/km

ADAC

Technologie bietet die Möglichkeit, den Verbrennungsmotor näher an seinem effizientesten Betriebspunkt zu fahren.

Batterie- bzw. Brennstoffzellenfahrzeuge

Die CO₂-Emissionen reiner Batterie- oder auch Brennstoffzellenfahrzeuge werden für die EU-Regulierung mit 0 g/km angerechnet. Für alle Fahrzeuge mit CO₂-Emissionen unter 50 g/km im offiziellen Testverfahren erhalten die Hersteller super-credits, d.h. diese Fahrzeuge zählen über einen begrenzten Zeitraum mehrfach für den Flottendurchschnitt eines Herstellers. Hiervon sind aktuell insbesondere PHEV und BEV betroffen. Der Faktor für die Mehrfachanrechnung beträgt im Jahr 2020 2,0 und sinkt dann bis zum Jahr 2023 schrittweise auf einen Faktor von 1,0 ab. Für das für die Zielerreichung relevante Jahr 2021 beträgt die Mehrfachanrechnung eines Fahrzeugs mit weniger als 50 g/km an CO₂-Emissionen 1,67, bei einer gleichzeitigen Deckelung des Gesamtvorteils eines Herstellers im Verlauf der Jahre 2020 bis 2020 auf 7,5 g/km an CO₂.

Öko-Innovationen

Einige Technologien helfen dabei, die CO₂-Emissionen von Fahrzeugen im Alltagsbetrieb zu reduzieren, während sie jedoch gleichzeitig im offiziellen Testzyklus nur einen geringen oder gar keinen Effekt zeigen. Um den Einbau solcher Technologien zu fördern, sieht die EU-Regulierung die Anrechnung von sog. Öko-Innovationen vor. Aktuell gibt es 25 Öko-Innovations-Technologien, welche von der EU Kommission zertifiziert und für den Einsatz im Fahrzeug freigegeben sind (Tietge et al., 2018).² Hierzu gehören beispielsweise LED Scheinwerfer, eine thermische Isolierung des Motorraums, ein Solardach oder eine Segelfunktion. Für Fahrzeuge, welche Öko-Innovationen nutzen, reduzieren diese Technologien im Durchschnitt die CO₂-Emissionen um 1,5 g/km, bei einzelnen Fahrzeugen sogar um bis zu 4 g/km. Tatsächlich werden Öko-Innovations-Technologien bislang jedoch nur in einem Bruchteil aller Fahrzeuge eingesetzt, so dass der Gesamteffekt für die Neufahrzeugflotte 2018 bei weniger als 0,1 g/km lag. Erlaubt wäre, laut CO₂-Gesetzgebung, eine Anrechnung von bis zu 7 g/km je Fahrzeug. Nachdem in den beiden letzten Jahren 25 Öko-Innovationen für den Einsatz im Fahrzeug zertifiziert wurden, ist für die

² Eine aktuelle Liste zertifizierter Öko-Innovations-Technologien findet sich auf der Internetseite der EU-Kommission:

https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en#tab-0-1

kommenden Jahre mit einem deutlich zunehmenden Einsatz zu rechnen.

Pooling mit anderen Herstellern

Die EU CO₂-Regulierung erlaubt, dass eine Gruppe von Herstellern einen "Pool" anmeldet und erklärt, die Zielwerte für 2020/21 gemeinsam erfüllen zu wollen. Ein prominentes Beispiel für einen solchen Pool ist FCA-Tesla. Mit Hilfe der 2019 erklärten Zusammenarbeit gelang es FCA, seinen aktuellen CO₂-Flottenwert um etwa 2 g/km zu senken (Tietge, 2019). Keiner der deutschen Hersteller stellte jedoch bislang einen Zusammenschluss mit anderen Herstellern zur Erfüllung der CO₂-Zielwerte in Aussicht, weswegen diese Möglichkeit zur Zielerreichung an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt wird.

Einbezug von CO₂-Flottenwerten der Länder Island, Liechtenstein und Norwegen

Die Regulierung der CO₂-Flottenwerte findet nicht nur in der EU Anwendung, sondern gilt für alle Länder des europäischen Wirtschaftsraums (EWR) (EEA, 2017). Hierzu gehören neben der EU auch die Länder Island, Liechtenstein und Norwegen. Sobald diese Länder die entsprechende Regulierung in nationales Recht umgesetzt haben, womit für die Zieljahre 2020/21 zu rechnen ist, so wird der jeweilige CO₂-Flottenwert eines Herstellers unter Berücksichtigung der Neuzulassungen in allen EWR-Ländern ermittelt. Allerdings ist der Marktanteil der drei zusätzlichen Länder gering. Norwegen ist der mit Abstand größte Markt, mit jährlich etwa 150.000 Pkw-Neuzulassungen. Im Vergleich dazu werden in der EU jedes Jahr etwa 15 Millionen Pkw neu zugelassen.

Dennoch könnte der Einbezug von Norwegen einen spürbaren Effekt für die CO₂-Flottenwerte der deutschen Hersteller haben. Im internationalen Vergleich werden mit die höchsten Anteile an elektrifizierten Fahrzeugen derzeit in Norwegen erreicht. Dort waren im Jahr 2018 knapp 60 Prozent aller neu zugelassenen Pkw elektrifiziert. Auch die deutschen Hersteller verkaufen dort wesentlich mehr elektrifizierte Fahrzeuge als in Deutschland oder im Durchschnitt über

alle EU-Staaten. So liegt der Anteil der elektrifizierten Fahrzeuge in Norwegen für BMW bei etwa 70 Prozent, für Daimler bei etwa 60 Prozent und für VW bei etwa 40 Prozent der jeweiligen Neuzulassungen. Werden diese Elektrofahrzeuge in Zukunft für die Erreichung des EU CO₂-Flottenziels angerechnet, und in den Jahren 2020/21 mit super-credits gewichtet, so reduziert sich der Flottenwert um etwa 1-2 g/km. Für die folgenden Szenarien wird ein Wert von 1 g/km angenommen.

3.2 Strategien der deutschen Hersteller zur Einhaltung der Zielwerte für 2021

Die folgenden Szenarien zeigen auf, wie die drei Hersteller BMW, Daimler und VW ihre jeweiligen CO₂-Zielwerte für das Jahr 2021 durch eine Kombination der oben beschriebenen Maßnahmen erreichen können.

BMW

Der voraussichtliche (bei gleichbleibendem Flottengewicht) CO₂-Zielwert für BMW für das Jahr 2021 liegt bei 102 g/km. Seinen Zielwert von 139 g/km für das Jahr 2015 unterschritt BMW bereits zwei Jahre im Voraus und sicherte sich damit einen komfortablen Vorsprung hinsichtlich der Erreichung des 2021er-Zielwerts. Im Jahr 2018 lag der Flottendurchschnitt bei 128 g/km. Etwa 6 Prozent der BMW Neufahrzeuge im Jahr 2018 waren Elektrofahrzeuge: 1,1 Prozent BEV, alle vom Typ i3, und weitere 5,2 Prozent PHEV. Etwa 20 Prozent der PHEV waren i3-Modelle mit Range-Extender, mit einem CO₂-Wert von 13-14 g/km laut NEFZ. Die restlichen PHEV waren vor allem Fahrzeuge der 2er- bzw. der 5er-Baureihe, mit CO₂-Werten von 42-77 g/km. Im Durchschnitt lag der CO₂-Wert der PHEV bei BMW im Jahr 2018 bei ca. 40 g/km.

Der BMW-Flottendurchschnitt ohne PHEV und BEV lag 2018 bei 134 g/km. Ausgehend von diesem Wert erscheint bis zum Jahr 2021, entsprechend der Annahmen im vorherigen Abschnitt, eine Reduktion der

CO₂-Emissionen von ca. 8 g/km durch Verringerung des Fahrwiderstands sowie Verbesserungen des Verbrennungsmotors und des Getriebes als möglich. Im Fall von BMW kommt der neu entwickelten Cluster Architecture (CLAR) eine wichtige Rolle zu.³ Diese baut auf einem Mix aus hochfestem Stahl, Aluminium und Karbonfasern auf und wird in den kommenden Jahren in nahezu allen BMW-Modellen zum Einsatz kommen. So soll beispielsweise die neue Generation des 3er-Modells, die Ende 2019 eingeführt wird, 40 kg weniger wiegen als noch die Vorgängerversion. Auch eine Reihe von Verbesserungen des Verbrennungsmotors werden bei der neuen Generation des 3er-Modells zum Einsatz kommen. So unter anderem ein optimierter Riemenantrieb, eine effizientere Motorkühlung sowie ein höherer Einspritzdruck (350 statt bisher 200 bar). In der Summe erwartet BMW durch diese Verbesserungen des Verbrennungsmotors eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 5 Prozent, sowohl bei den Benziner- als auch den Diesel-Varianten, und dies bei gleichzeitig weiter steigender Motorleistung. Ähnliche Verbesserungen sind auch für die anderen Volumenmodelle im BMW-Portfolio geplant.

Öko-Innovationen kommen bei BMW bislang kaum zum Einsatz. In der Flotte reduzierten Öko-Innovations-Technologien im Jahr 2017 den BMW CO₂-Wert um gerade einmal 0,2 g/km (Tietge et al., 2018). Die BMW-Fahrzeuge, welche schon 2017 mit Öko-Innovationen bestückt waren, erhielten jedoch im Durchschnitt 2 g/km an CO₂-Reduktion angerechnet, und im Maximalfall sogar bis zu 4 g/km. Auffallend ist hierbei, dass BMW - neben Porsche - bislang der einzige Hersteller ist, welcher sich eine Motorleerlauf-Segelfunktion als Öko-Innovation zertifizieren ließ. Der Einsatz dieser Funktion, welche beispielsweise beim Heranfahen an einen Ortseingang die CO₂-Emissionen des Fahrzeugs erheblich reduziert, wurde BMW im Juli 2017 genehmigt (EC, 2017). Bis Ende 2017 wurde noch kein BMW-Fahrzeug mit Segelfunktion ausgeliefert, so dass auch noch keine

zuverlässige Quantifizierung der CO₂-Einsparung möglich ist. Für die kommenden Jahre erscheint ein breiter Einsatz in der BMW-Flotte als plausibel. Für das Szenario wird eine Anrechnung von 2 g/km an Öko-Innovationen für 2021 angenommen.

HEV sind in der Produktstrategie von BMW für die kommenden Jahre nicht vorgesehen. Während in den Jahren 2010-2014 zumindest einige wenige BMW-Fahrzeuge (0,1 Prozent der Neuzulassungen) ausgeliefert wurden, hat man sich inzwischen gänzlich vom BMW Active Hybrid Konzept verabschiedet. Auch was den Einsatz der 48-V-Technologie angeht, gibt sich BMW bislang skeptisch. Zwar soll die Technologie 2019 erstmals in einem Sechszylinder-Benziner zum Einsatz kommen, doch die Serieneinführung bei den volumenstarken Vierzylindern ist erst für die Zeit nach 2020 geplant. Für das Szenario wird der Anteil der MHEV für BMW für 2021 auf 10 Prozent geschätzt.

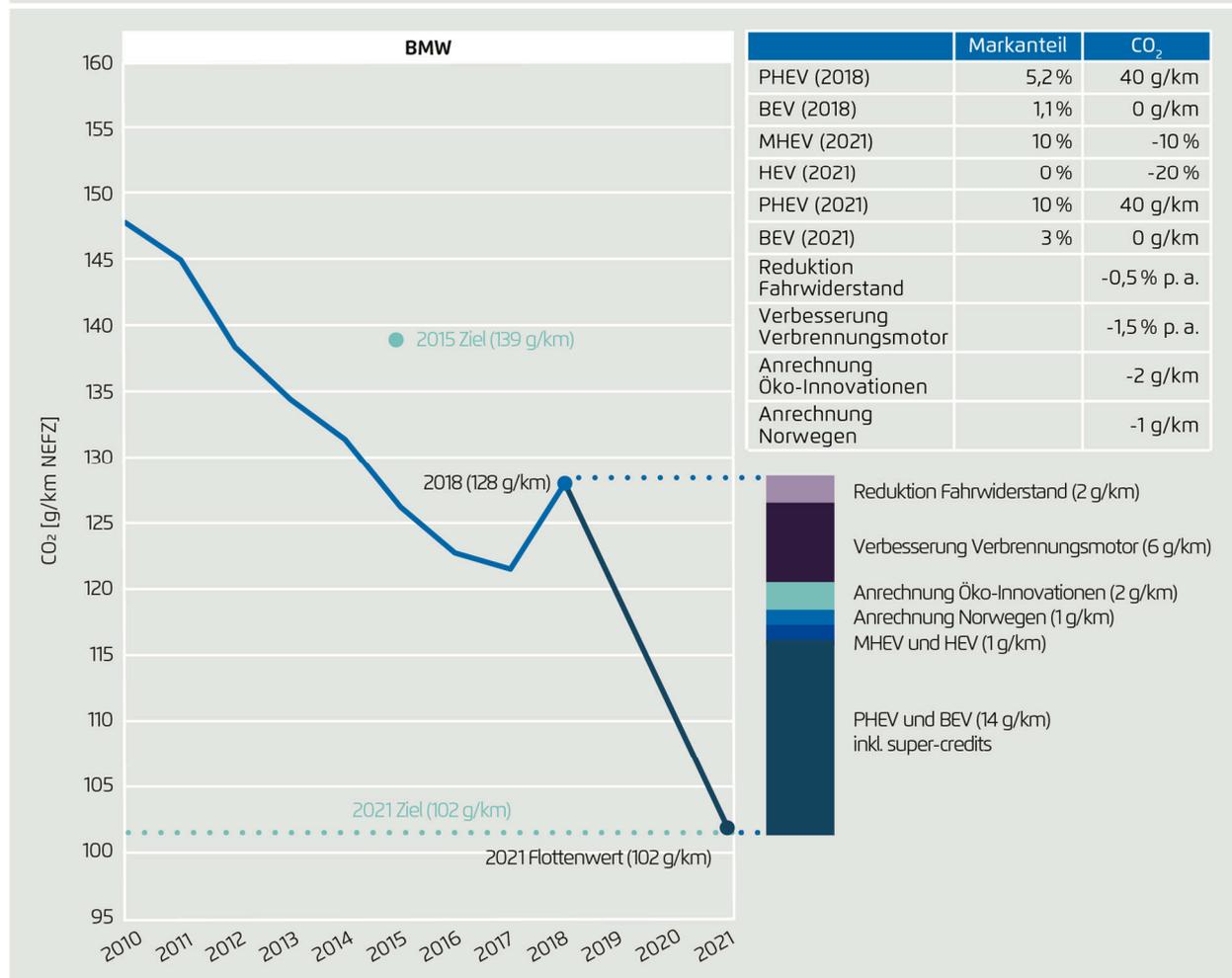
Die Nase vorn hingegen hat BMW bei PHEV. Kein anderer Hersteller in Europa verkauft derzeit prozentual mehr PHEV als BMW mit 5,2 Prozent im Jahr 2018. Ein Zitat von BMW-Entwicklungsvorstand Klaus Fröhlich fasst die BMW-Sicht zusammen: „Ein Plug-in-Hybrid mit 40 Kilometer elektrischer Reichweite bietet wesentlich mehr als ein 48-Volt-Bordnetz.“ (SZ, 2017). So verspricht beispielsweise die 330e PHEV-Version der neuen Generation der 3er-Baureihe eine elektrische Reichweite von 59-66 km. Mit der nächsten Batteriegeneration werden auch für PHEV bis zu 100 km elektrische Reichweite erwartet, was die CO₂-Emissionen dieser Fahrzeuge im Testzyklus, aber auch im realen Alltagsbetrieb, weiter senken wird. Für das Szenario wird angenommen, dass im Jahr 2021 etwa 10 Prozent aller BMW-Zulassungen in Europa PHEV sein werden, mit einem durchschnittlichen CO₂-Wert von 40 g/km.

Auch was den Absatz von BEV angeht, ist BMW derzeit unter den führenden Anbietern. Im Jahr 2018

³ Für eine Abschätzung der Produktpläne der Hersteller für die kommenden Jahre wurden zahlreiche Artikel der beiden Fachzeitschriften AUTO BILD sowie Auto Motor Sport ausgewertet.

Zusammenfassung der Szenario-Annahmen für BMW (Tabelle), sowie Entwicklung der CO₂-Emissionen der Neuwagenflotte von BMW bis 2021 (2010–2018 tatsächliche Entwicklung, 2019–2021 laut Szenario-Rechnung)

Abbildung 6



Entwicklung 2010–2018: EEA, Entwicklung 2019–2021: eigene Annahmen

waren 1,1 Prozent aller neu zugelassenen BMW voll-elektrisch. Alle BEV aus dem Hause BMW sind bislang i3-Modelle. Für die kommenden Jahre ist allerdings eine deutliche Ausweitung der Modellpalette geplant. So wird es ab 2020 eine BEV-Version des MINI geben, ebenso wie den iX3 und ab 2020/21 den i4, den i5 sowie den iNext. Die Reichweite dieser neuen BEV soll bis zu 700 km betragen. Ende 2018 erhielt der i3 ein Akku-Upgrade, so dass sich die NEFZ-Reichweite auf ca. 350 km erhöhte. Bis 2023 möchte BMW 25 elektrifizierte Fahrzeugmodelle im Angebot haben, 12 davon rein elektrisch, und

erwartet laut eigenen Angaben für den Gesamtkonzern einen Verkaufsanteil elektrifizierter Fahrzeuge zwischen 15–25 Prozent (IEA, 2017). Für das Szenario wird für 2021 ein Anteil an BEV von 3 Prozent angenommen, so dass der Gesamtanteil - PHEV und BEV - 2021 bei 13 Prozent liegt.

Abbildung 6 fasst die Annahmen und die Entwicklung des Szenarios für BMW zusammen und verdeutlicht, wie BMW durch diese Kombination an Maßnahmen sein 2021er-Ziel von voraussichtlich 102 g/km erreichen kann.

Daimler

Wie bei BMW galt auch für Daimler ein CO₂-Zielwert von 139 g/km für das Jahr 2015. Und auch für 2021 ergibt sich für Daimler mit 102 g/km derselbe Zielwert wie für BMW. Damit muss Daimler zwischen 2018 und 2021 noch eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 23 Prozent erbringen, bei BMW sind es 20 Prozent. Knapp 3 Prozent der Daimler Neufahrzeuge im Jahr 2018 waren Elektrofahrzeuge: 1,3 Prozent PHEV und 1,4 Prozent BEV. Im Fall Daimler waren etwa die Hälfte aller PHEV Fahrzeuge der GLK bzw. GLC-Baureihen, mit CO₂-Werten von 60 g/km im NEFZ. Die restlichen PHEV weisen CO₂-Werte von 48-49 g/km auf. Somit lag der durchschnittliche CO₂-Wert der PHEV bei Daimler im Jahr 2018 bei ca. 55 g/km.

Der durchschnittliche CO₂-Wert der Daimler Neufahrzeuge, ohne PHEV und BEV, lag 2018 bei 136 g/km. Den Annahmen zur Reduktion des Fahrwiderstands sowie zu kontinuierliche Verbesserungen des Verbrennungsmotors und des Getriebes folgend, erscheint in diesem Bereich eine CO₂-Reduktion um ca. 10 g/km bis 2021 als plausibel. So setzt Daimler beispielsweise in seiner Mercedes A-Klasse auf die Technik der Zylinderabschaltung, die bei niedrigeren Lastanforderungen zwei der vier Zylinder abschaltet und hierdurch die CO₂-Emissionen deutlich reduziert. Zusätzlich bietet Daimler auch für kleinere Modelle wie die A-Klasse neuerdings ein 7-Gang-Doppelkupplungsgetriebe an, was ebenfalls hilft, die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Weitere Innovationen sind die neue Delta-Form des Zylinderkopfs, der deutlich schmaler und leichter ist als in der Vergangenheit, teilintegrierte Einlass- und Auslasskrümmer, sowie die verstellbare Einlassnockenwelle. Bei den Dieselmotoren soll unter anderem ein in den Abgaskrümmer integrierter Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie und ein Wasser-Ladeluftkühler die CO₂-Emissionen weiter reduzieren.

Was die Anrechnung von Öko-Innovationen angeht, ist Daimler aktuell führend. Im Jahr 2017 betrug der Effekt im Durchschnitt 0,4 g/km pro Fahrzeug (Tietge

et al., 2018). Betrachtet man nur die Fahrzeuge, die schon 2017 mit Öko-Innovationen ausgestattet waren, so lag die durchschnittliche Anrechnung bei 1,4 g/km, und im Maximalfall bei bis zu 2,5 g/km. Damit liegt der Effekt je Fahrzeug aktuell niedriger als bei BMW, aber gleichzeitig setzt Daimler Öko-Innovationen bereits in deutlich mehr Fahrzeugen ein, als dies bei BMW der Fall ist. Bislang meldete Daimler zwei Öko-Innovationen unter eigenem Namen an: LED-Scheinwerfer sowie ein System zur thermischen Isolierung des Motorinnenraums. Der Einsatz von LED-Scheinwerfern erbringt eine Anrechnung von etwa 1 g/km je Fahrzeug, die thermische Isolierung des Motorinnenraums weitere 1 g/km. Für die Folgejahre erscheint ein Einsatz dieser beiden Technologien, sowie weiterer Öko-Innovations-Technologien – auch von Zulieferern – in der Breite der Daimler Fahrzeugflotte als plausibel. Für das Szenario wird eine Anrechnung von 2 g/km an Öko-Innovationen für 2021 angenommen.

Auch Daimler plant für die kommenden Jahre keinen Einsatz der HEV-Technologie. Ein deutlicher Unterschied zur Strategie von BMW zeigt sich jedoch bei MHEV. Während BMW einen großflächigen Einsatz der 48-V-Technologie erst für die Zeit nach 2020 sieht, stattet Daimler bereits seit Mitte 2017 erste Fahrzeuge damit aus und sieht das 48-V-Konzept als die Basistechnologie für nahezu alle Fahrzeuge der kommenden Jahre (SZ, 2017; Daimler, 2018). Im Jahr 2018 lag der Anteil von Daimler-Fahrzeugen mit MHEV bei 1,9%. Für das Szenario wird der Anteil der MHEV für Daimler für 2021 auf 25 Prozent geschätzt.

Was den Absatz von PHEV angeht, hinkt Daimler derzeit der BMW-Konkurrenz noch hinterher. Im Jahr 2018 waren 1,3 Prozent aller Neufahrzeuge PHEV. Allerdings plant auch Daimler für die kommenden Jahre zahlreiche PHEV-Versionen seiner Modelle. Die elektrische Reichweite der Fahrzeuge soll zunächst auf rund 70 km und später auf 100 km steigen. Auch ein Brennstoffzellen-PHEV ist vorgesehen, allerdings vorerst lediglich als Kleinserie im GLC F-Cell. Für das Szenario wird angenommen, dass

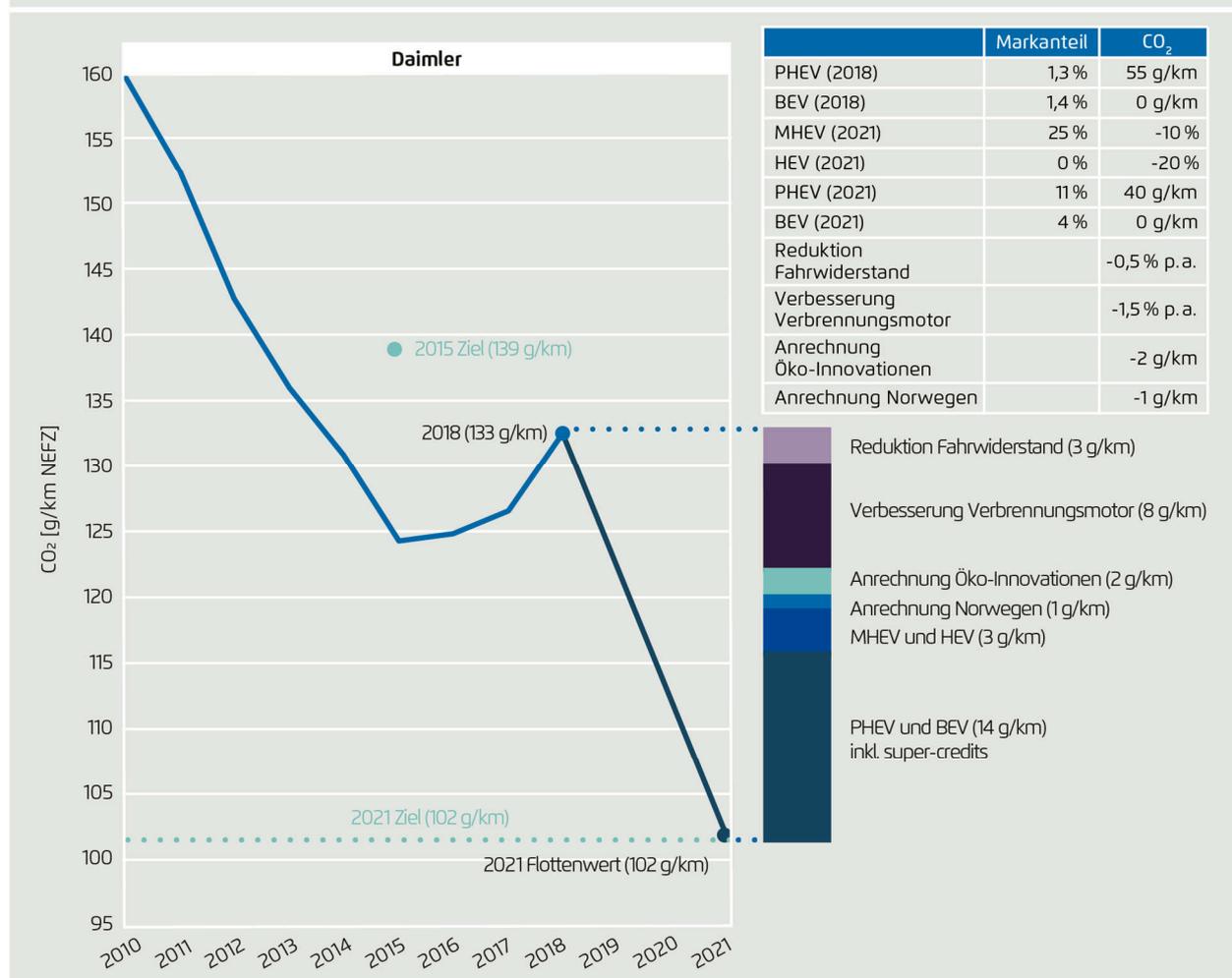
im Jahr 2021 etwa 11 Prozent aller Daimler-Zulassungen in Europa PHEV sein werden, mit einem durchschnittlichen CO₂-Wert von 40 g/km.

Im Jahr 2018 waren 1,4 Prozent aller neu zugelassenen Daimler BEV, alles Fahrzeuge der B-Klasse und der smart-Modellfamilie. Für die kommenden Jahre ist eine deutliche Ausweitung der Modellpalette geplant. Ab Herbst 2019 ist die Auslieferung des ersten Modells der neuen Mercedes-Submarke EQ geplant, der EQC-SUV mit einer Reichweite von bis zu

500 km. Die verbaute Lithium-Ionen-Batterie wird von der Daimler-Tochter Deutsche Accumotive geliefert werden. Für 2020 ist der EQA geplant, ein BEV in der Kompaktklasse. Auch ein EQ in der Größe der C-Klasse, der S-Klasse, sowie weitere SUV-BEV sind geplant. Bis zum Jahr 2022 will Daimler über sämtliche Segmente hinweg mehr als zehn Elektrofahrzeuge auf den Markt bringen, und erwartet - wie BMW - für den Gesamtkonzern einen Verkaufsanteil elektrifizierter Fahrzeuge zwischen 15-25 Prozent im Jahr 2025. Für das Szenario wird für 2021 ein

Zusammenfassung der Szenario-Annahmen für Daimler (Tabelle), sowie Entwicklung der CO₂-Emissionen der Neuwagenflotte von Daimler bis 2021 (2010–2018 tatsächliche Entwicklung, 2019–2021 laut Szenario-Rechnung)

Abbildung 7



Entwicklung 2010–2018: EEA, Entwicklung 2019–2021: eigene Annahmen

Anteil an BEV von 4 Prozent angenommen, so dass der Gesamtanteil - PHEV und BEV - 2021 bei 15 Prozent liegt.

Abbildung 7 fasst die Annahmen und die Entwicklung des Szenarios für Daimler zusammen und verdeutlicht, wie auch Daimler durch diese Kombination an Maßnahmen sein 2021er-Ziel von voraussichtlich 102 g/km erreichen kann.

VW

Der Flotten-Zielwert für die VW-Gruppe lag bei 132 g/km für das Jahr 2015. Wie BMW und Daimler erfüllte VW diesen Zielwert bereits zwei Jahre im Voraus. Zuletzt lag der Flottenwert im Jahr 2018 bei 122 g/km, der voraussichtliche Zielwert für 2021 bei 96 g/km. Somit muss VW zwischen 2018 und 2021 noch knapp 21 Prozent an CO₂-Reduktion erbringen. Knapp 1,4 Prozent der VW Neufahrzeuge im Jahr 2018 waren Elektrofahrzeuge: 0,9 Prozent PHEV und 0,5 Prozent BEV. Während die Porsche-Modelle Cayenne und Panamera als PHEV einen CO₂-Wert von 66-72 g/km im NEFZ aufweisen, liegt der Wert für die Mehrzahl der PHEV von VW jedoch dagegen deutlich niedriger, bei 36-40 g/km CO₂. Im Durchschnitt emittieren die PHEV von VW aktuell in etwa 40 g/km an CO₂ laut NEFZ.

Ohne PHEV und BEV lag der VW-Flottendurchschnitt im Jahr 2018 bei 123 g/km. Für VW wird als Folge der Reduktion des Fahrwiderstands sowie der kontinuierlichen Verbesserungen des Verbrennungsmotors und des Getriebes eine CO₂-Reduktion um ca. 9 g/km bis 2021 angenommen. So soll beispielsweise mit Einführung der inzwischen achten Generation des VW Golf ab Ende 2019 das Fahrzeuggewicht um rund 50 kg sinken. Auch die Aerodynamik soll für den neuen Golf nochmals verbessert werden. Weiterhin ist geplant, die Zylinderabschaltung ACT in deutlich mehr Modellvarianten als bislang einzusetzen. Weitere Innovationen sind der Einsatz des Miller-Brennverfahrens sowie eines Turboladers mit variabler Turbinengeometrie. Für die VW-Dieselmotoren soll mit Einführung des neuen

Golfs eine Einliter-Dreizylinder-Variante angeboten werden und damit der CO₂-Wert unter die 100 g/km-Schwelle gesenkt werden. Bislang ist die kleinste angebotene Diesel-Variante beim Golf VII ein 1.6l-Vierzylinder.

Öko-Innovationen spielen bei VW bislang kaum eine Rolle. Zwar gab es 2017 einzelne VW-Modelle, die eine Anrechnung von 1 g/km für Öko-Innovationen erhielten. Im Fall von Porsche sogar bis zu 4 g/km (Tietge et al., 2018). In der Flotte aller Neuzulassungen betrug der Effekt jedoch weniger als 0,1 g/km. Es erscheint plausibel, dass sich dies in den kommenden Jahren ändern wird. So ließ sich Audi bereits LED-Scheinwerfer als Eco Innovation anerkennen und plant den serienmäßigen Einsatz dieser Technologie, die damit den Flottenwert um knapp 1 g/km senken würde. Porsche erhielt zudem, wie auch BMW, den Einsatz einer Motorleerlauf-Segelfunktion als Öko-Innovationen zugesprochen. Für das Szenario wird – wie für BMW und Daimler – eine Anrechnung von 2 g/km an Öko-Innovationen für 2021 angenommen.

Die MHEV-Strategie von VW ähnelt der von Daimler. In den kommenden Jahren sollen alle Benziner- und Dieselvarianten mit einem wassergekühlten Riemenstartergenerator für das 48-V-Hauptbordnetz ausgestattet werden. In einer nächsten Stufe ist zudem auch ein 48-V-Achsantrieb geplant, für rein elektrisches Fahren im niedrigen Lastbetrieb (SZ, 2017; VW, 2018). Die zu erwartende Reduktion der CO₂-Emissionen wäre dann höher als die hier angenommenen 10 Prozent. Für das Szenario wird der Anteil der MHEV für VW für 2021 auf 25 Prozent geschätzt.

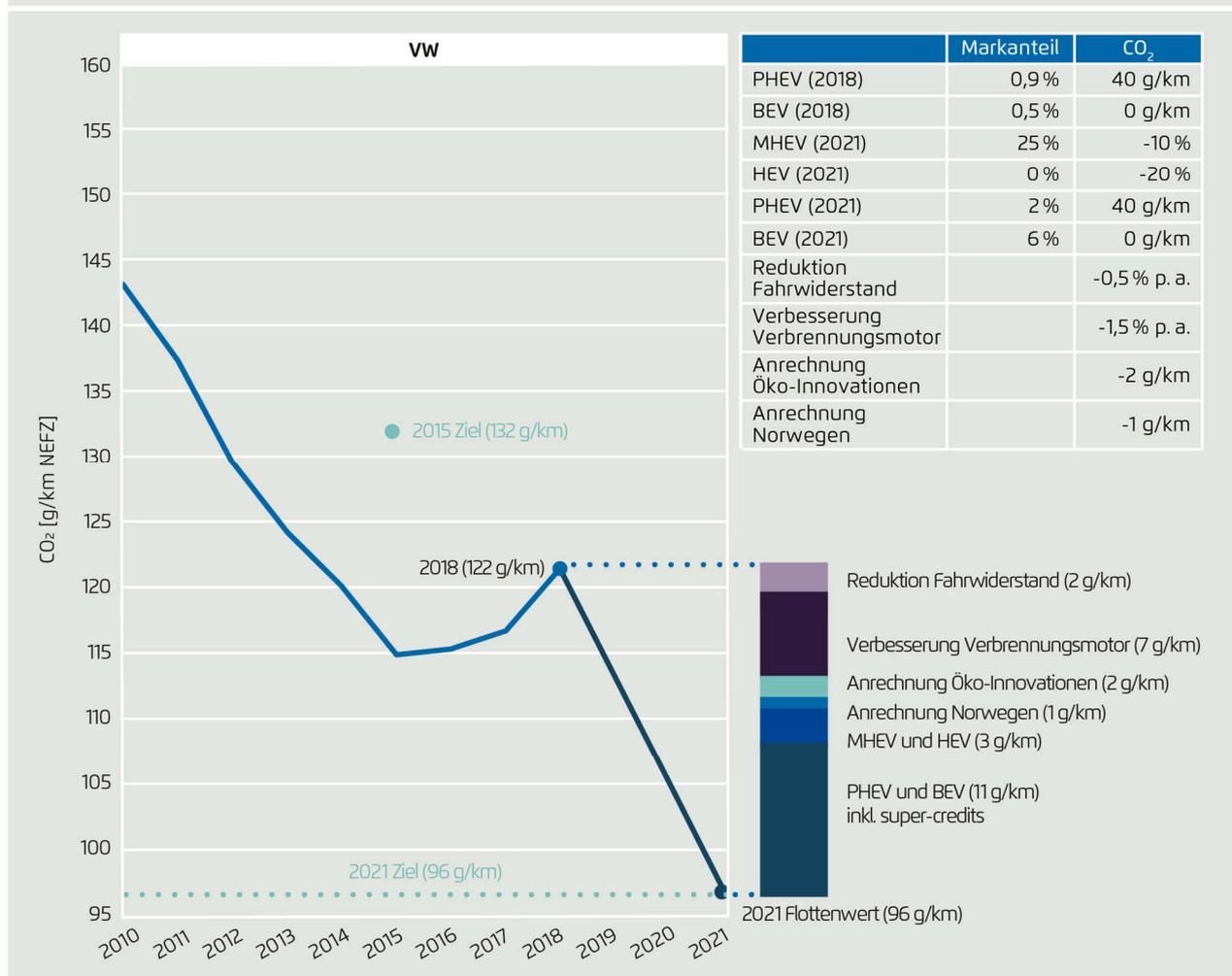
In Folge des Abgasskandals fokussiert sich VW sehr viel stärker auf die Elektrifizierung seiner Modellpalette, als dies noch bis vor dem Jahr 2015 der Fall war. Zwar liegt der Anteil der PHEV (0,9 Prozent) und auch der BEV (0,5 Prozent) aktuell noch niedriger als bei BMW und auch bei Daimler, für die kommenden Jahre sind jedoch zahlreiche neue elektrifizierte Fahrzeugvarianten geplant. Im Jahr 2020 kommt der

ID auf den Markt, der erste VW, der von Anfang an als reines Elektroauto konzipiert wurde und nicht teurer sein soll als ein vergleichbar ausgestatteter Diesel. Die elektrische Reichweite soll bis zu 650 km betragen. Škoda und Seat sollen zeitnah mit ähnlichen Modellen folgen. Bei Audi ist mit dem e-tron seit 2019 der erste rein elektrische SUV der Marke auf dem Markt, mit einer Reichweite von ca. 400 km. Das Fahrzeug baut noch auf einer modifizierten, auf Elektroantrieb angepassten Plattform auf Basis des Modularen Längsbaukastens (MLB) auf. Zusammen

mit dem neuen Modularen Elektrobaukasten (MEB) sind bis 2025 insgesamt allein für die Marke VW 13 neue Elektromodelle geplant. Audi rechnet für die eigene Marke mit 5 BEV-Modellen bis 2020 und 15 bis 2025. Ferner werden auch weitere PHEV-Varianten geplant: beispielsweise seit 2019 ein Q5 PHEV, der A7 PHEV und ab 2020 der Q8 PHEV. Bis 2025 soll es in jeder Audi-Modellreihe eine elektrifizierte Variante geben – vollelektrisch oder als PHEV. Für die Modelle der Mittel-, Ober- und Luxusklasse entwickeln Audi und Porsche zudem gemeinsam eine neue

Zusammenfassung der Szenario-Annahmen für VW (Tabelle), sowie Entwicklung der CO₂-Emissionen der Neuwagenflotte von VW bis 2021 (2010–2018 tatsächliche Entwicklung, 2019–2021 laut Szenario-Rechnung)

Abbildung 8



Entwicklung 2010–2018: EEA, Entwicklung 2019–2021: eigene Annahmen

Plattform, die Premium Architektur Elektrifizierung (PPE). Porsche plant ab Ende 2019 den Verkauf des neuen Modells Taycan, der als BEV eine Reichweite von 500 km erreichen soll.

Für das Szenario wird angenommen, dass im Jahr 2021 etwa 2 Prozent aller VW-Zulassungen in Europa PHEV sein werden, mit einem durchschnittlichen CO₂-Wert von 40 g/km. Dies entspricht in etwa der Hälfte des heutigen Marktanteils von PHEV bei BMW. Für BEV wird ein Anteil von 6 Prozent angenommen, um den etwas stärkeren Fokus der VW-Strategie auf BEV widerzuspiegeln. Insgesamt beträgt der Anteil elektrifizierter Fahrzeuge bei VW im Jahr 2021 dann 8 Prozent. Laut eigenen Angaben plant VW für das Jahr 2025 einen Anteil von PHEV und BEV an seinen Neuzulassungen von 25 Prozent (IEA, 2018).

Abbildung 8 fasst die Annahmen und die Entwicklung des Szenarios für VW zusammen und verdeutlicht, wie VW durch diese Kombination an Maßnahmen sein 2021er-Ziel von voraussichtlich 96 g/km erreichen kann.

3.3 Einordnung der Szenarien

Zur Einordnung der angenommenen Marktanteile für Öko-Innovationen, MHEV, PHEV und BEV ist ein Vergleich mit der historischen Entwicklung dieser bzw. ähnlicher Technologien hilfreich.

Für alle drei Hersteller wird angenommen, dass im Jahr 2021 je 2 g/km an CO₂ aufgrund von Öko-Innovationen angerechnet werden können. Maximal erlaubt sind, laut der EU-Gesetzgebung, 7 g/km je Hersteller für den Flottendurchschnitt. Auf Einzelfahrzeugebene gibt es keinerlei Beschränkung der CO₂-Anrechnung durch Öko-Innovationen. Aktuell werden bei einzelnen Fahrzeugen bis zu 4 g/km CO₂-Anrechnung erreicht (Tietge et al., 2018). Für die in den Szenarien angenommenen 2 g/km CO₂-Anrechnung wird unterstellt, dass im Jahr 2021 etwa

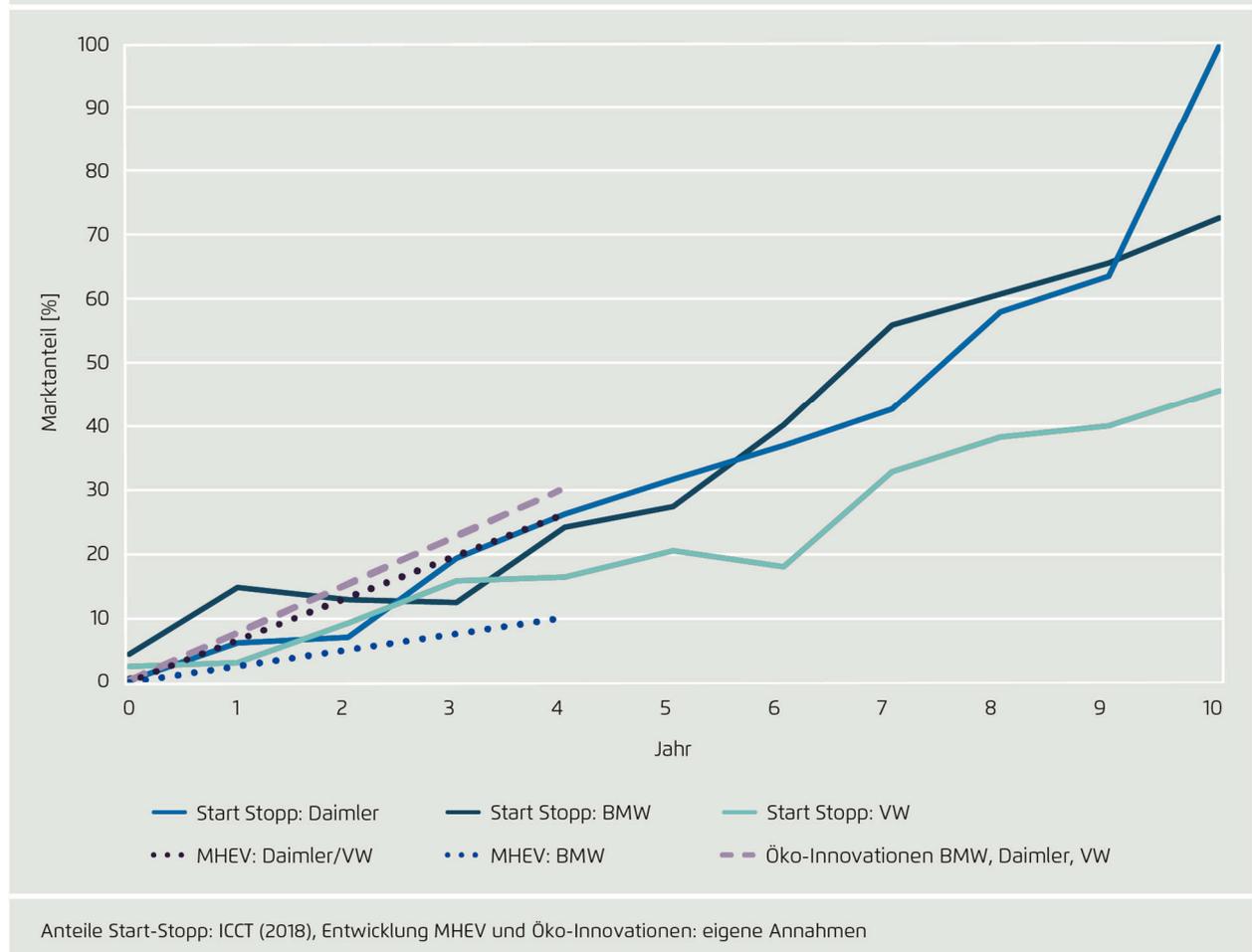
30% der Neufahrzeuge mit Öko-Innovationen ausgestattet sein werden und diese Fahrzeuge im Durchschnitt eine CO₂-Anrechnung von ca. 7 g/km erreichen werden. Für einzelne Fahrzeuge, die beispielsweise mit der Motorleerlauf-Segelfunktion ausgestattet sind, wird eine deutlich höhere CO₂-Anrechnung erwartet.

Für MHEV wird im Fall BMW ein Marktanteil von 10% im Jahr 2021 angenommen, für Daimler und VW sind es 25%.

Abbildung 9 vergleicht diese Annahmen mit der historischen Marktentwicklung der Start Stopp Technologie. Bei allen drei Herstellern erreichte die Start Stopp Technologie innerhalb von vier Jahren nach ihrer Einführung in der Fahrzeugflotte (bei BMW im Jahr 2001, bei Daimler und VW in den Jahren 2005 bzw. 2004) Marktanteile von 15-25 Prozent. Innerhalb von zehn Jahren stieg der Marktanteil auf 44 Prozent (VW) bis 96 (Daimler) Prozent an. Im Vergleich mit der historischen Entwicklung der Start Stopp Technologie erscheinen auch die Annahmen zur weiteren Durchdringung der Fahrzeugflotte mit Öko-Innovationen sowie der MHEV-Technologie als plausibel. Vergleichbar sind die Technologien, da es sich in allen drei Fällen um relativ kostengünstige Maßnahmen zur CO₂-Reduktion handelt. So schätzt die EU-Kommission in ihrer Begleitstudie zu den Pkw-CO₂-Zielwerten für die Zeit nach 2021 die direkten Produktionskosten für die Start Stopp Technologie auf ca. 38 Euro je g/km an CO₂-Reduktion (im Durchschnitt, für das Jahr 2020). Für die Motorleerlauf-Segelfunktion liegt die Kostenschätzung bei ca. 13 Euro je g/km an CO₂, für die MHEV-Technologie bei ca. 61 Euro je g/km an CO₂ (Hill et al., 2016).

Vergleich der angenommenen Marktanteile für Öko-Innovationen und MHEV im Jahr 2021 (= Jahr 4) mit der historischen Entwicklung des Marktanteils der Start Stopp Technologie (Jahr 1 entspricht dem Jahr, indem mindestens 2 Prozent der Neuzulassungen des jeweiligen Herstellers mit der Start Stopp Technologie ausgestattet waren)

Abbildung 9



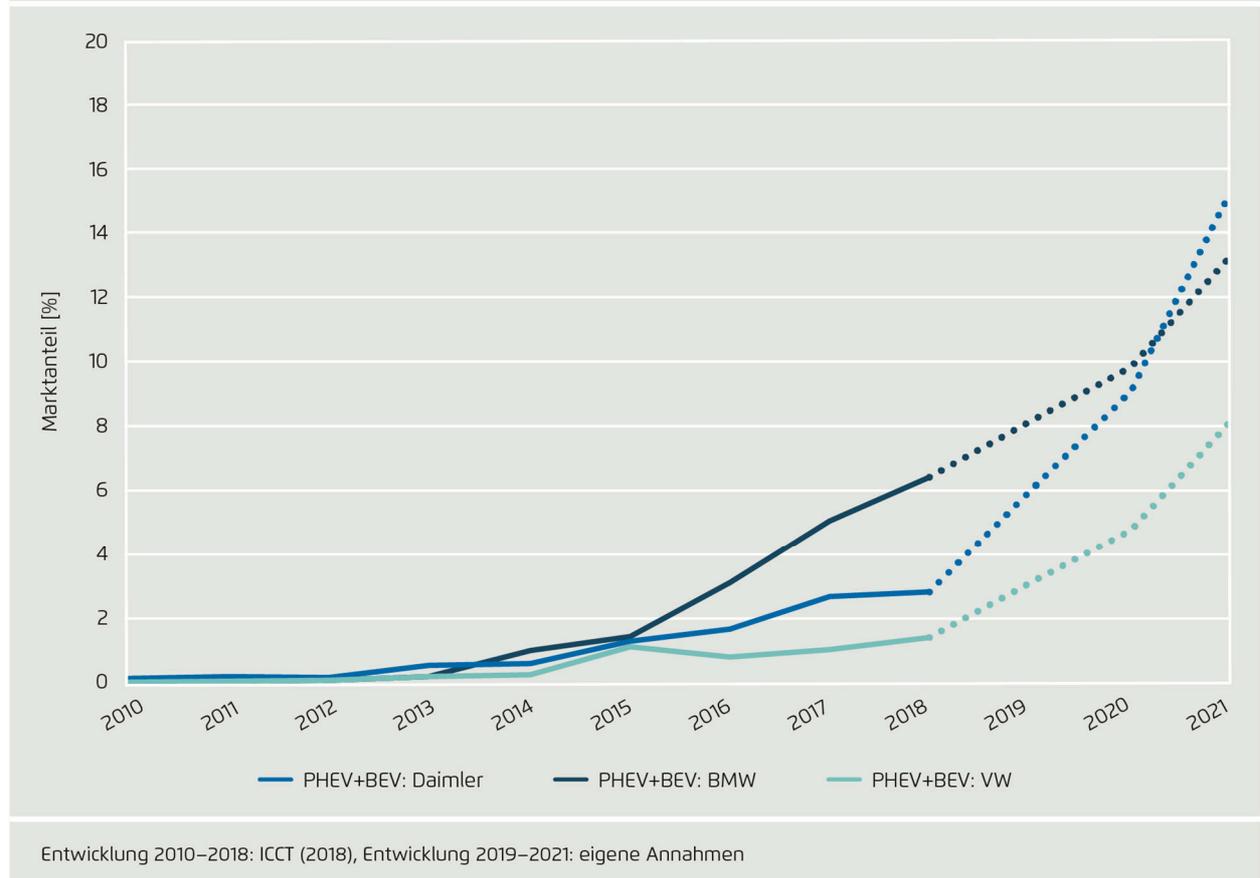
Für PHEV und BEV wird angenommen, dass der Marktanteil bis 2021 auf einen Wert von 8 Prozent (VW), 13 Prozent (BMW) bzw. 15 Prozent (Daimler) ansteigt. Abbildung 10 ordnet diese Annahme in den historischen Kontext ein, mit der bisherigen Entwicklung der Marktanteile zwischen 2010 und 2018. Es wird deutlich, dass für alle drei Hersteller eine deutliche Steigerung der Zulassungen von Elektrofahrzeugen notwendig ist. Allerdings ist die erforderliche Steigerung für VW und Daimler wesentlich höher als für BMW. Während bei BMW in etwa eine Verdopplung des heutigen PHEV/BEV-Absatzes ausreichen würde, so bedarf es bei Daimler und VW

eines in etwa fünfmal so hohen Absatzes an E-Fahrzeugen.

In absoluten Zahlen ausgedrückt wären beispielsweise bei VW im Jahr 2021, nach Berücksichtigung der Mehrfachanrechnung durch super-credits, in etwa 130.000 Neuzulassungen von BEV und 40.000 PHEV in der EU notwendig, um den angenommenen Marktanteil von 6 Prozent BEV und 2 Prozent PHEV erreichen zu können. Zum Vergleich, aktuell liegen in etwa 30.000 Vorbestellungen für den ID.3 vor. Für das Jahr 2020 ist ein Absatz von

Historische Entwicklung des Anteils von PHEV und BEV an den Neuzulassungen der jeweiligen Hersteller, sowie Annahmen in den Szenarien für die weitere Entwicklung bis 2021

Abbildung 10



150.000 Elektroautos geplant. Im Werk Zwickau sollen, laut VW-Angaben, ab Ende 2021 bis zu 330.000 Elektroautos pro Jahr gefertigt werden können. Im Fall von Daimler wären circa 20.000 BEV und 60.000 PHEV nötig. Laut Medienberichten plant Daimler, ab 2020 jährlich bis zu 50.000 Einheiten des EQC im Werk Bremen zu produzieren. Auch wenn nicht alle dieser Fahrzeuge für den Verkauf auf dem europäischen Markt vorgesehen sind, so scheinen VW und Daimler also dennoch höhere als die hier abgeschätzten Produktionsmengen von BEV und PHEV anzuvisieren.

4 Schlussfolgerungen

Die Produktstrategie der kommenden Jahre ist ein streng gehütetes Geheimnis eines jeden Fahrzeugherstellers. Dennoch lassen sich aus der Strategie der vergangenen Jahre sowie aus öffentlichen Ankündigungen plausible Szenarien für die weitere Entwicklung ableiten. Die im Rahmen dieser Untersuchung erstellten Szenarien verdeutlichen, dass alle drei deutschen Pkw-Hersteller ihren jeweiligen CO₂-Zielwert für das Jahr 2021 einhalten können.

Die Szenarien verdeutlichen weiterhin Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede in den zu erwartenden Strategien der einzelnen Hersteller. So besteht bei allen Herstellern ein Potential zur Verbesserung des konventionellen Verbrennungsmotors, des Getriebes und des Fahrwiderstands. BMW nutzt hierbei einen neuartigen Materialmix aus hochfestem Stahl, Aluminium und Karbonfasern. VW dagegen setzt beispielsweise auf das Miller-Brennverfahren mit höherer Verdichtung. Zudem ist für alle Hersteller damit zu rechnen, dass in den Jahren 2019-2021 eine höhere Anrechnung von Öko-Innovationen erfolgen wird, als dies bislang der Fall war. Daimler ist in dieser Hinsicht bislang führend, aber Technologien wie die Motorleerlauf-Segelfunktion, welche inzwischen sowohl für den Einsatz in BMW als auch Porsche-Fahrzeugen zertifiziert ist, versprechen auch für andere Hersteller einen CO₂-Effekt von 2 g/km und mehr auf Flottenebene bis 2021.

Während inzwischen keiner der deutschen Hersteller mehr auf HEV setzt, haben zumindest Daimler und VW große Pläne für den Absatz von MHEV. Für die Fahrzeuge beider Hersteller soll die 48-V-Technologie in naher Zukunft ganz selbstverständlich zur Basisausstattung gehören. Die hierdurch erreichbare Reduktion der CO₂-Emissionen in der Neufahrzeugflotte dürfte erheblich sein. Während für diese Untersuchung ein Effekt von -10 Prozent für die erste Generation von MHEV angesetzt wurde, rechnen die Zulieferer der Technologie selbst für die Zukunft mit Einsparungen im Alltagsbetrieb von bis zu 21 Prozent

bei Benzin- und 9 Prozent bei Dieselfahrzeugen. Ein deutlicher Unterschied in der Produktstrategie zeigt sich bei BMW, wo der serienmäßige Einsatz von MHEV erst für die Zeit nach 2020 geplant ist.

Einen starken Fokus setzt BMW hingegen auf PHEV. Das Unternehmen ist bereits heute führend was den PHEV-Absatz in Europa angeht und plant zahlreiche Modelle, mit einer elektrischen Reichweite von bis zu 100 km. Auch Daimler und VW planen zahlreiche neue PHEV-Modelle, und auch hier soll die nächste Generation von Lithium-Ionen-Akkus Reichweiten von etwa 100 km ermöglichen. Deutliche Reichweitensteigerungen sind auch für die zahlreichen angekündigten neuen BEV-Modelle zu erwarten, bis zu 700 km werden hier genannt. Laut den Herstellern wird die BEV-Technologie hierbei in Zukunft auch bei großen SUV zum Einsatz kommen wird. BMW und Daimler kündigen an, im Jahr 2025 etwa 15-25 Prozent ihrer Neufahrzeuge als PHEV oder BEV auszuliefern, bei VW sollen es 25 Prozent sein.

In Anbetracht dieser Ankündigungen erscheinen die in Tabelle 4 zusammengefassten Szenario-Annahmen für das Jahr 2021 als plausibel. So wird für BMW ein Anteil von PHEV von 10 Prozent im Jahr 2021 angenommen, für Daimler von 11 Prozent und VW von 2 Prozent. Für BEV wird von einem Anteil von 3 Prozent für BMW, 4 Prozent für Daimler und 6 Prozent für VW ausgegangen. Theoretisch wären die CO₂-Zielwerte für 2021 auch ohne PHEV und BEV erreichbar, würden die deutschen Hersteller, ähnlich wie Toyota, einen Großteil ihrer Neufahrzeuge als HEV ausliefern. So könnte beispielsweise VW mit einem Marktanteil von 50 Prozent MHEV und 50 Prozent HEV seinen CO₂-Zielwert für 2021 ohne ein einziges PHEV oder BEV Fahrzeug erreichen. Die Produktstrategie der deutschen Hersteller unterscheidet sich an dieser Stelle sehr deutlich von der Toyota-Strategie.

Tabelle 4: Zusammenfassung Marktanteile von MHEV, HEV, PHEV und BEV heute, sowie der Szenario-Annahmen für 2021 für die drei Hersteller BMW, Daimler und VW

	BMW 2018	BMW 2021	Daimler 2018	Daimler 2021	VW 2018	VW 2021
Marktanteil MHEV	0%	10%	1,9%	25%	1,0%	25%
Marktanteil HEV	0%	0%	0,1%	0%	0%	0%
Marktanteil PHEV	5,2%	10%	1,3%	11%	0,9%	2%
Marktanteil BEV	1,1%	3%	1,4%	4%	0,5%	6%
Reduktion Fahrwiderstand	-0,5% p.a.					
Verbesserung Motor & Getriebe	-1,5% p.a.					
Anrechnung Öko-Innovationen	-2 g/km					
Anrechnung Norwegen	-1 g/km					
Eigene Annahmen						

Für die Jahre 2019-2021 ist im Durchschnitt aller europäischen Hersteller eine jährliche Reduktion der Emissionen in Höhe von 8 Prozent notwendig. Für BMW sind es 7 Prozent, für Daimler 9 Prozent und für VW 8 Prozent. Die höchste absolute Reduktion der drei betrachteten Hersteller ist hierbei noch von Daimler zu erbringen (31 g/km). Bei BMW und VW sind noch 26 g/km Reduktion erforderlich (Abbildung 11). In Anbetracht einer Vielzahl an technischen aber auch administrativen Möglichkeiten sind diese jährlichen Reduktionswerte erreichbar. Sie liegen jedoch weit über den durchschnittlich 2,5 Prozent jährlicher CO₂-Einsparung der Jahre 2007 bis 2018.

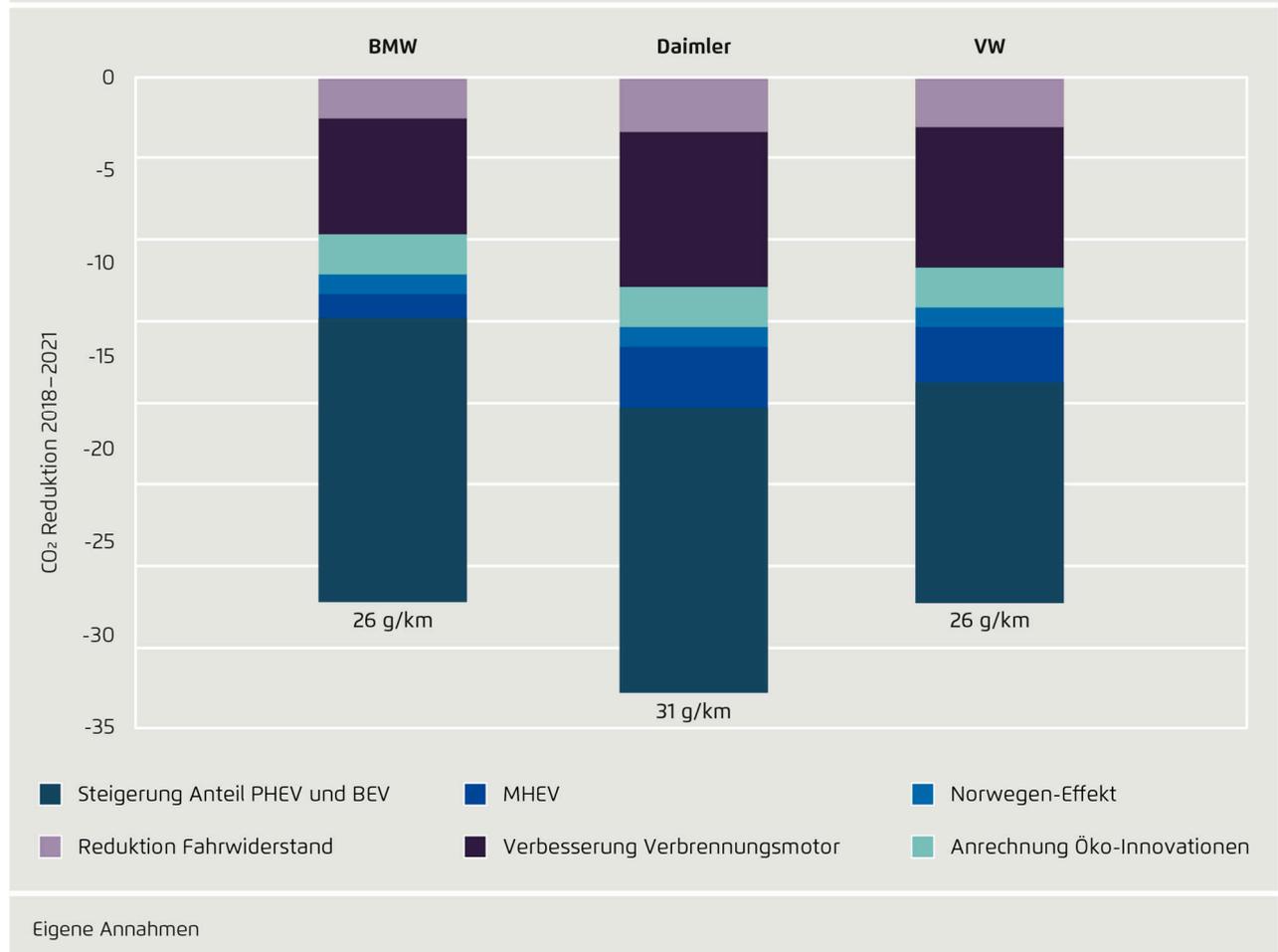
Zur Hilfe kommt den Herstellern dabei, dass sich mit zunehmender Elektrifizierung die direkten CO₂-Emissionen der Fahrzeugflotte deutlich schneller senken lassen als dies in der Vergangenheit mit rein verbrennungsmotorischen Fahrzeugen der Fall war. Zur Erreichung der Szenarien-Annahmen ist jedoch eine deutlich entschiedener Elektrifizierung der Neufahrzeugflotte als bislang erforderlich. Während die EU-Regulierung hierfür bislang kaum Anreize bietet, wird die Mehrfachanrechnung von Elektrofahrzeugen mittels super-credits in den Jahren 2020 und

2021 eine verstärkte Vermarktung von PHEV und BEV unterstützen. Sollte es BMW, Daimler und VW hierbei gelingen, die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen – entsprechend den eigenen Ankündigungen – erheblich zu steigern, wären im Gegenzug geringere Verbesserungen z.B. in Punkto Fahrwiderstand, Motor & Getriebe notwendig, als in den Szenarien hier angenommen.

Kurzfristig verursachte die Einführung des WLTP bei einigen Herstellern Probleme bei der Auslieferung von Neufahrzeugen, da die notwendigen Zertifizierungsschritte nicht rechtzeitig abgeschlossen werden konnten. Hiervon waren jedoch nur einige Hersteller betroffen. So fehlte bei BMW Mitte 2018 nur noch die Genehmigung für drei Fahrzeugmodelle, während bei VW zum selben Zeitpunkt erst einige wenige Modelle bereits nach WLTP zertifiziert waren (SZ, 2018). Die Verzögerungen sind folglich eher auf Unterschiede in der internen Planung der Konzerne und die Nachwirkungen des Dieselskandals zurückzuführen, als auf die Einführung des WLTP an sich. In jedem Fall wird die Einführung des WLTP die Erreichung der CO₂-Zielwerte für 2021 nicht gefährden. Auch der jüngste Rückgang des Pkw-Dieselmärkts

Erforderliche CO₂-Reduktion der Neufahrzeugflotte von BMW, Daimler bzw. VW zwischen 2018 und 2021, sowie Beiträge der Einzelmaßnahmen laut den hier angenommenen Szenarien

Abbildung 11



wird lediglich kurzfristige Auswirkungen haben. Wie das Beispiel der VW Golf eindrücklich zeigt, erreichen moderne Benzinfahrzeuge ähnliche oder sogar niedrigere CO₂-Werte als vergleichbare Diesel-Versionen, zu niedrigeren Kosten (im Fall des VW Golf liegt der Verkaufspreis um etwa 3.000 EUR niedriger) (Mock, 2018b).

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass die deutschen Fahrzeughersteller gut positioniert sind, was die Einhaltung ihrer jeweiligen CO₂-Zielwerte für 2021 angeht. Zum einen ist ihr derzeitiger Abstand zu den 2021 zu erreichenden Zielwerten geringer als für manch anderen europäischen Hersteller. Zum

anderen liegen bereits heute die Marktanteile von elektrifizierten Fahrzeugen (insbesondere von PHEV) bei den deutschen Herstellern überdurchschnittlich hoch und für die Jahre 2020 und 2021 sind weitere zahlreiche innovative Fahrzeugmodelle für die Serienfertigung angekündigt.

Angesichts der zentralen Rolle der Elektrifizierung sollte der Gesetzgeber, auf deutscher und auch auf europäischer Ebene, die Hersteller bei ihrer weiteren Produktplanung unterstützen. Eindeutige Signale sind wichtig, damit die Fahrzeughersteller ausreichend Produktionskapazitäten für elektrifizierte Fahrzeuge aufbauen. Auf deutscher Ebene betrifft

dies vor allem zwei wesentliche Handlungsfelder. Zunächst muss der Aufbau einer umfassenden Ladeinfrastruktur unterstützt werden, sowohl durch eine Weiterführung und Verstärkung der finanziellen Anreize als auch durch die Beseitigung einer Reihe ungewollter Hindernisse z.B. in der Ladesäulenverordnung, im Miet- und Wohnungseigentumsrecht und an anderen Stellen. Zum anderen ist eine umfassende Reform der Kfz-Steuer unerlässlich, um schon zum Zeitpunkt des Fahrzeugkaufs ein Preissignal hin zu niedriger emittierenden Fahrzeugen zu schaffen. Dies kann beispielsweise in der Form einer verringerten Kfz-Steuer im ersten Nutzungsjahr für Null- und Niedrigemissionsfahrzeuge bei gleichzeitig deutlich höherer Besteuerung für Fahrzeuge mit hohen CO₂-Emissionen erfolgen (Wappelhorst, 2018). Auch durch eine weitergehende Reform der Dienstwagensteuer lässt sich der Absatz elektrifizierter Fahrzeuge nachhaltig stützen.

Abkürzungsverzeichnis

BEV	Battery Electric Vehicle
CO₂	Kohlenstoffdioxid
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
g/km	Gramm pro Kilometer
HEV	Hybrid Electric Vehicle (konventioneller Vollhybrid)
KBA	Kraftfahrtbundesamt
MHEV	Mild Hybrid Electric Vehicle
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
SUV	Sport Utility Vehicle
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure

Literaturquellen

Agora Verkehrswende (2018). Die Fortschreibung der Pkw-CO₂-Regulierung und ihre Bedeutung für das Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehr.

Agora Verkehrswende. 02/2018. <https://www.agora-verkehrswende.de/>

veroeffentlichungen/die-fortschreibung-der-pkw-co2-regulierung-und-ihre-bedeutung-fuer-das-erreichen-der-klimaschutzziel

Bosch (2015). The hybrid for everyone: Bosch's 48-volt system makes sense even in compact vehicles.

Bosch Media Service. 04.09.2015.

<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/the-hybrid-for-everyone-boschs-48-volt-system-makes-sense-even-in-compact-vehicles-43066.html>

BMU (2017). Der Klimaschutzplan 2050 - Die deutsche Klimaschutzlangfriststrategie. Bundesministerium für Umwelt (BMU). Stand 05.10.2017.

<http://www.bmu.de/WS3915>

Daimler (2018). Starter-alternators and 48 V electrical system: Untiring helpers. Daimler Global Media.

Stand 10.12.2018. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Starter-alternators-and-48-V-electrical-system-Untiring-helpers.xhtml?oid=14316205>

EC (2017). DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS (EU) 2017/1402 DER KOMMISSION vom 28. Juli 2017 über die Genehmigung der Motorleerlauf-Segelfunktion der BMW AG als innovative Technologie zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen gemäß der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates. Europäische Kommission. Juli 2017. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D1402&from=EN>

EEA (2017). Decision of the EEA Joint Committee No 109/2017 of 16 June 2017 amending Annex XX

(Environment) to the EEA Agreement [2018/811]. European Economic Area. Juni 2017.

<https://www.efta.int/sites/default/files/documents/legal-texts/eea/other-legal-documents/adopted-joint-committee-decisions/2017%20-%20English/109-2017.pdf>

FEV (2016). 2025 Passenger car and light commercial vehicle powertrain technology analysis. FEV GmbH. November 2016. <https://www.theicct.org/publications/2025-passenger-car-and-light-commercial-vehicle-powertrain-technology-analysis>

GreenCarCongress (2016). Continental puts first 48V hybrid assist system into production with Renault diesel. GreenCarCongress. 21 October 2016.

<http://www.greencarcongress.com/2016/10/20161021-conti48v.html>

Hill, N., Kirsch, F., Horton, G., Dun, C., Hausberger, S., Matzer, C., Skinner, I. (2016). Improving understanding of technology and costs for CO₂ reductions from cars and LCVs in the period to 2030 and development of cost curves. Report for DG Climate Action by Ricardo Energy & Environment. 2016.

https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/ldv_co2_technologies_and_costs_to_2030_en.pdf

ICCT (2018). European Vehicle Market Statistics – Pocketbook 2018/19. International Council on Clean Transportation (ICCT). <http://eupocketbook.org>

IEA (2018). Global EV Outlook 2018. International Energy Agency (IEA), retrieved from https://webstore.iea.org/download/direct/1045?fileName=Global_EV_Outlook_2018.pdf

Isenstadt, A., German, J. (2016). Lightweighting technology development and trends in U.S. passenger vehicles. International Council on Clean Transportation (ICCT). December 2016.

<https://www.theicct.org/publications/light-weighting-technology-development-and-trends-us-passenger-vehicles>

Isenstadt, A., German, J., Dorobantu, M., Boggs, D., Watson, T. (2016). Downsized, boosted gasoline engines. International Council on Clean Transportation (ICCT). October 2016. <http://www.theicct.org/publications/downsized-boosted-gasoline-engines>

Kasten, P., Blanck, R. (2017). Die Umstellung von NEFZ auf WLTP und deren Wirkung auf die Effektivität und die Fortschreibung der CO₂-Emissionsstandards nach 2020. Öko-Institut. Oktober 2017. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Umstellung-WLTP-zu-NEFZ.pdf>

KBA (2019). Neuzulassungen und Besitzumschreibungen von Personenkraftwagen und Kraftträdern nach Marken oder Herstellern, Jahr 2018 (FZ 18). Kraftfahrtbundesamt (KBA). 2019. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MarkenHersteller/marken_hersteller_node.html

Kühlwein, J. (2016). Driving resistances of light-duty vehicles in Europe: Present situation, trends, and scenarios for 2025. International Council on Clean Transportation (ICCT). December 2016. <https://www.theicct.org/publications/driving-resistances-light-duty-vehicles-europe-present-situation-trends-and-scenarios>

Meszler, D., German, G., Mock, P., Bandivadekar, A. (2017). CO₂ reduction technologies for the European car and van fleet, a 2025-2030 assessment - impact of mass reduction discounting on compliance costs for future EU CO₂ standards. International Council on Clean Transportation (ICCT). October 2017. <http://www.theicct.org/EU-CO2-reduction-tech-2025-2030-assessment>

Mock, P. (2018a). The role of standards in reducing CO₂ emissions of passenger cars in the EU.

International Council on Clean Transportation (ICCT). February 2018. <https://www.theicct.org/publications/role-standards-reducing-co2-emissions-passenger-cars-eu>

Mock, P. (2018b). Diesel-Pkw: Rückgang des Marktanteils bleibt ohne negative Folgen für Klimaschutzziele. International Council on Clean Transportation (ICCT). Januar 2018. <https://www.theicct.org/publications/diesel-pkw-ruckgang-des-marktanteils-20180130>

Mock, P. (2018c). Anhörung zum Vorschlag der EU-Kommission zur Regulierung der CO₂-Emissionen neuer Pkw und leichter Nutzfahrzeuge für die Jahre 2025 und 2030. International Council on Clean Transportation (ICCT). Juni 2018. <https://www.theicct.org/news/vorschlag-zur-regulierung-der-co2-emissionen-20180627>

Mock, P. (2019). CO₂ emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles in the European Union. International Council on Clean Transportation (ICCT). Januar 2019. <https://www.theicct.org/publications/ldv-co2-stds-eu-2030-update-jan2019>

Mock, P., Tietge, U., Dornoff, J. (2018). Adjusting for vehicle mass and size in European post-2020 CO₂ targets for passenger cars. International Council on Clean Transportation (ICCT). August 2018. <https://www.theicct.org/publications/eu-ldv-co2-utility-parameter-20180808>

Riemersma, I. (2017). Too low to be true? How to measure fuel consumption and CO₂ emissions of plug-in hybrid vehicles, today and in the future. International Council on Clean Transportation (ICCT). July 2017. <http://theicct.org/too-low-be-true-PHEV-fuel-consumption-and-CO2-emissions>

Stewart, A., Hope-Morley, A., Mock, P., Tietge, U. (2015). Impact of real-world driving on emissions from UK cars and vans. Report for the UK Committee

on Climate Change. September 2015.
<https://www.theccc.org.uk/publication/impact-of-real-world-driving-emissions/>

SZ (2017). Mit dem neuen A8 will Audi das Autofahren verändern. Süddeutsche Zeitung. Juni 2017.
<https://www.sueddeutsche.de/auto/-volt-bordnetz-mit-dem-neuen-a-will-audi-das-autofahren-veraendern-1.3543623>

SZ (2018). Autos unter Hausarrest. Süddeutsche Zeitung. August 2018.
<https://www.sueddeutsche.de/auto/neuer-wltp-zyklus-autos-unter-hausarrest-1.4075426>

Tietge, U., Díaz, S., Mock, P., Bandivadekar, A., Dornoff, J., Ligterink, N. (2019). From Laboratory to Road / A 2018 update of official and "real-world" fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe. International Council on Clean Transportation (ICCT). Januar 2019.
<https://www.theicct.org/publications/laboratory-road-2018-update>

Tietge, U. (2019). CO₂ emissions from new passenger cars in the EU: Car manufacturers' performance in 2018. International Council on Clean Transportation (ICCT). August 2019. <https://theicct.org/publications/CO2-emissions-PVs-Europe-2018>

Tietge, U., Mock, P., Dornoff, J. (2018). Overview and evaluation of eco-innovations in European passenger car CO₂ standards. International Council on Clean Transportation (ICCT). July 2018.
<https://www.theicct.org/publications/eco-innovations-european-passenger-car-co2-standards>

UBA (2018). Jährliche Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, nach Kategorie. Umweltbundesamt: Nationales Treibhausgasinventar 2018, 04/2018.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#textpart-1>

VW (2018). Three world premieres: Volkswagen presents progressive hybrid, natural gas and diesel systems at the Vienna Motor Symposium. Volkswagen Newsroom. 27.04.2018. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/180>

Wappelhorst (2018). CO₂-Minderung bei Pkw - die Rolle der Steuerpolitik. Ein europäischer Vergleich. Agora Verkehrswende. Dezember 2018.
<https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/co2-minderung-bei-pkw-die-rolle-der-steuerpolitik/>

Agora Verkehrswende
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin
P +49. (0) 30. 7001435-000
F +49. (0) 30. 7001435-129
www.agora-verkehrswende.de
info@agora-verkehrswende.de