



# **IW-Report 21/18**

## **Die europäische CO<sub>2</sub>-Regulierung für Pkw nach 2021**

Plädoyer für eine effizientere Regulierung  
Thomas Puls

Köln, 7.06.2018

**Kontaktdaten Ansprechpartner**

Thomas Puls  
+49 (0)221 / 4981 - 766  
puls@iwkoeln.de

Institut der deutschen Wirtschaft Köln  
Postfach 10 19 42  
50459 Köln

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Neue Klimaschutzvorgaben für Neuwagen</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des europäischen Verkehrs</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Globale Rahmenbedingungen für die Autoindustrie</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Ziele der EU und das Konzept der Nachhaltigkeit</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Assessment und die Forderung nach Verschärfung</b>	<b>12</b>
5.1	Ergebnisse des Impact Assessments	12
5.2	Die Forderung nach einer schärferen Regulierung	14
<b>6</b>	<b>Ökonomische Rückwirkungen</b>	<b>16</b>
6.1	Auswirkungen auf die Arbeitsplätze	17
6.2	Auswirkungen auf den Kapitalstock	20
6.3	Auswirkungen auf die Innovationslandschaft	22
6.4	Die Risiken eines regulierungsgetriebenen Transformationsprozesses	22
<b>7</b>	<b>Notwendige Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Strukturwandel in der Automobilindustrie</b>	<b>25</b>
7.1	Anschaffungs- und Betriebskosten von Elektroautos	27
7.2	Eine Wette auf die Batterietechnik	28
7.3	Die Ladeinfrastruktur – die <i>Conditio sine qua non</i>	30
<b>8</b>	<b>Fazit und politische Implikationen</b>	<b>33</b>
	<b>Abstract</b>	<b>36</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>37</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>39</b>

**JEL-Klassifikation:**

O25 – Industriepolitik

O30 – Technischer Wandel

Q54 – Klima

**Zusammenfassung**

Die EU hat sich zum Ziel gesetzt, die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs im Zeitraum von 2005 bis 2030 um 30 Prozent zu senken. Damit das erreicht werden kann, müssen insbesondere die Emissionen des Pkw-Verkehrs sinken. Ohne weitere Regulierungsschritte wird der Verkehrssektor aber das Klimaziel verfehlen. Aus diesem Grund wird jetzt in Brüssel über die Fortschreibung der Emissionsgrenzwerte für neue Pkw diskutiert. Im Verkehr setzt die EU somit bislang nicht auf Mengen- oder Preissteuerung, sondern auf die Regulierung des Emissionspotenzials von Neuwagen. Der Autofahrer und die am Markt bestehende Nachfrage werden an dieser Stelle nicht adressiert. Eine große Schwäche, da alle Klimaschutzszenarien einen erfolgreichen Markthochlauf von Elektroautos erfordern, was ohne Akzeptanz beim Kunden scheitern muss. Brüssel sollte daher seinen Instrumentenkasten neu gewichten. Die Koppelung von Straßen- und Strom Sektor sollte ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücken. Nichtsdestotrotz hat die Kommission einen Vorschlag zur Fortschreibung der Grenzwerte bis 2030 vorgelegt. Dieser ist laut Impact-Assessment zielkonform. Dennoch gibt es in Brüssel Stimmen, die eine deutliche Verschärfung der Vorlage fordern. Das ist aber der falsche Ansatz. Bereits der Kommissionsentwurf erfordert einen Markthochlauf der Elektromobilität. Dies erfordert aber, dass die Nachfrageseite das Zusatzangebot an Elektroautos auch akzeptiert. Das wird aber nur geschehen, wenn die Rahmenbedingungen passen. Insbesondere eine öffentliche Ladeinfrastruktur muss aufgebaut werden, was gerade in Deutschland noch auf Hindernisse stößt, die der Staat eigentlich schnell beseitigen könnte. Hierauf sollte der künftige klimapolitische Fokus gerichtet werden und nicht auf über den Bedarf hinausgehende Grenzwerte. Sonst droht eine Überregulierung des Angebotes und damit negative Auswirkungen auf den Industriestandort, Arbeitsplätze und auch für den Klimaschutz.

## 1 Neue Klimaschutzvorgaben für Neuwagen

In Brüssel wird derzeit über neue Klimaschutzvorgaben für den Straßenverkehr diskutiert. Konkret geht es um die Fortschreibung der bislang bis 2021 laufenden Vorgaben für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß neuer Pkw und leichter Nutzfahrzeuge (LNfz) bis 2030. Damit bleibt Brüssel seinem Ansatz einer sektoralen Angebotsregulierung im Straßenverkehr treu. Das ist bedauerlich, da die künftige Hauptaufgabe der Regulierung darin bestehen wird, eine Kopplung des Verkehrs mit dem Stromsektor herzustellen. Zudem kann durch die Ausblendung der Nachfrageseite eine ineffiziente Überregulierung entstehen. Dies wäre weder im Hinblick auf das Erreichen der Klimaziele sinnvoll, noch eröffnet es der ohnehin mit einem tiefgreifenden Strukturwandel konfrontierten Autoindustrie in Europa eine dauerhafte Perspektive.

Seit Ende 2017 liegt ein Verordnungsvorschlag der EU-Kommission vor, der eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von neuen Pkw um 30 Prozent für den Zeitraum 2021 bis 2030 vorsieht (EU-Kommission, 2017b). Als Zwischenziel ist eine Reduktionsvorgabe von 15 Prozent bis 2025 geplant. Dieser Vorschlag ist konform mit den Klimaschutzzielen der EU und ist als technisch machbar anzusehen. Auch eine Übererfüllung des Ziels erscheint möglich, wenn sich die optimistischeren Absatzprognosen für batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) erfüllen. Allerdings wird jede Zielvorgabe für die Emissionen von Neuwagen nur mit geeigneten Rahmenbedingungen erreichbar sein, da deutliche Schritte zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs erforderlich sind. Die Regulierung des Angebots kann aber nur den gewünschten Effekt erzielen, wenn die Nachfrageseite ausreichend BEV und Plug-In-Hybride (PHEV) abnimmt. Die Bereitschaft hierzu wird davon abhängen, ob einerseits die Vorhersagen zur Kostendegression im Batteriebau eintreten und noch mehr davon, ob eine ausreichende öffentliche Ladeinfrastruktur bereitgestellt wird.

Im EU-Parlament wird eine deutliche Verschärfung des Kommissionsvorschlags diskutiert. Damit wird auf eine Übererfüllung der bestehenden Klimaschutzziele der EU und auf eine Beschleunigung des Strukturwandels in der Automobilindustrie abgezielt. Es geht also um Zielübererfüllung, was eigentlich nicht Sinn von Grenzwerten ist. Diese sollten einen Mindeststandard setzen. Marktgetriebene Zielübererfüllungen sind dabei durchaus wünschenswert. Problematisch wird es aber, wenn die Regulierung den Markt als Entwicklungstreiber ablöst. Wird den Herstellern eine regulierungsgetriebene Innovations- und Investitionspolitik aufoktroiert, deren Ergebnisse am Markt nicht auf eine entsprechende Zahlungsbereitschaft stoßen, entstehen schnell wirtschaftliche und soziale Risiken. In diesem Fall wird den Unternehmen ausgerechnet in der Zeit, in der sie ihren Kapitalstock zu großen Teilen umstrukturieren müssen, der hierfür notwendige Cashflow reduziert. In einer Überregulierung liegen nennenswerte Gefahren für den das eigentliche Ziel der Emissionsreduktion aber auch für die Arbeitsplätze im betroffenen Industriesektor.

Im konkreten Fall ist schwer zu sagen, ab wann die Gefahr einer rein regulierungsgetriebenen Entwicklung auftritt. Es gibt optimistische Prognosen für den Markthochlauf von Elektrofahrzeugen, welche deutlich eine Übererfüllung des Kommissionsvorschlags ermöglichen würde. Diese Prognosen basieren in der Regel auf der Auswertung von Produktionsplanungen der Hersteller (Buss/Berking, 2018). Sie legen also darüberhinaus nahe, dass das Angebot sich mindestens im zielkonformen Tempo entwickeln wird. Damit die Angebotstransformation auch wirklich

zu geringeren Emissionen auf der Straße führt, muss die Nachfrageseite die neuen Produkte abnehmen. Im Falle der Elektroautos sollten dafür aber noch die Rahmenbedingungen geschaffen werden, also insbesondere eine öffentliche Ladeinfrastruktur. Diese ist die *Conditio sine qua non* für jedes Klimaschutzszenario im Straßenverkehr.

Alles in allem steht einer der wichtigsten Industriesektoren Europas vor erheblichen Veränderungen, ganz unabhängig von der EU-Regulierung. Globale Trends erfordern zunehmende Elektrifizierung und Europa wird in Zukunft als Markt und Produktionsstandort relativ an Bedeutung verlieren. Das Ziel der Regulierung sollte daher sein, den Transformationsprozess sinnvoll zu begleiten und die Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Übergang zu legen. Sektorale Angebotsregulierungen sind hierzu aber nur begrenzt geeignet. Was wirklich benötigt wird, ist eine Politik aus einem Guss, welche die volkswirtschaftlichen Sektoren als Einheit begreift.

## 2 Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des europäischen Verkehrs

Die Klimaschutzziele der EU sehen vor, dass der Verkehrssektor seine Emissionen zwischen 2005 und 2030 um insgesamt 30 Prozent reduzieren soll (EU-Kommission, 2016). Aufgrund der geltenden Zurechnung von Emissionen, welche den Ausstoß internationaler Luft- und Seeverkehre nicht berücksichtigt, kann man dieses Ziel aber auch eins zu eins auf den Straßenverkehr übertragen, der etwa 95 Prozent der auch wirklich der EU angerechneten Emissionen im Verkehrssektor verursacht. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Begriffe Verkehr und Straßenverkehr synonym verwendet.

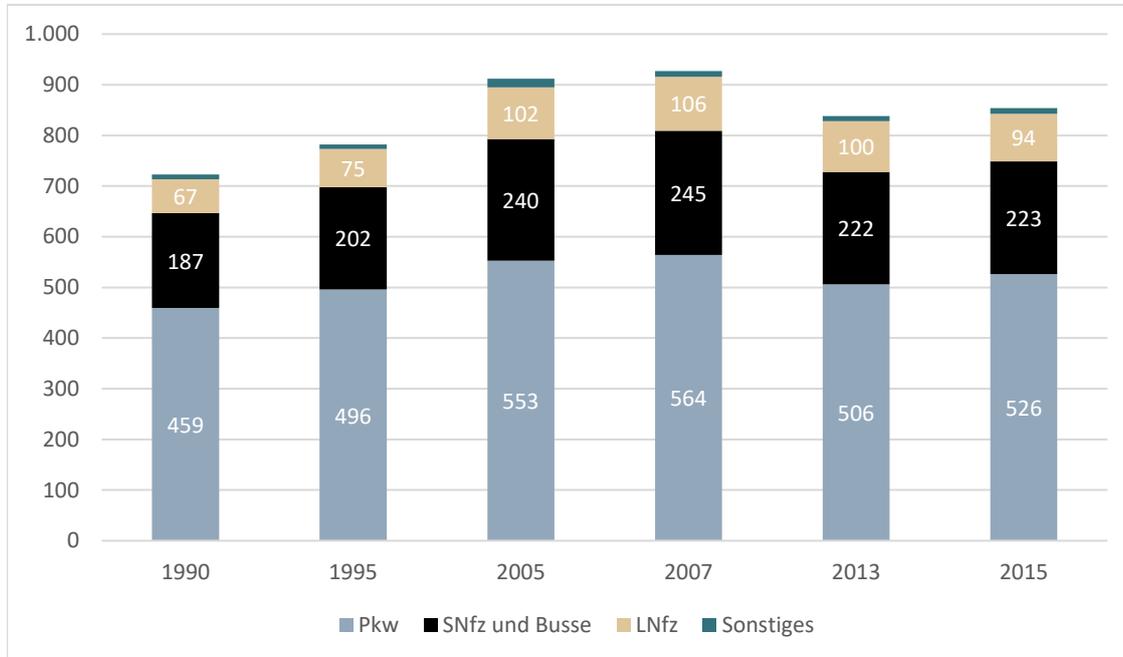
Die Zielvorgabe ist recht ambitioniert, denn im Gegensatz zu den anderen volkswirtschaftlichen Sektoren verzeichnete der europäische Verkehrssektor seit 1990 sichtbare Emissionszuwächse. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass der Fall des Eisernen Vorhangs auf die Emissionen des Verkehrs keine dämpfende, sondern eine steigernde Wirkung hatte. Die Schaffung des europäischen Binnenmarktes, die Osterweiterung und die damit stimulierten wirtschaftlichen Aufholprozesse führten zu einer engeren ökonomischen Verflechtung auf dem Kontinent und lösten damit auch deutlich wachsende Verkehrsströme aus. Dieser Aktivitätsprozess überwog den technischen Fortschritt der Fahrzeugbauer und steigerte die Emissionen. Erst mit dem Einsetzen der Wirtschaftskrise des Jahres 2007 kam es europaweit zu einer Trendumkehr – in Deutschland sanken die Emissionen bereits ab 1999 – aber seit 2014 steigen die Emissionen des europäischen Straßenverkehrs wieder an. Die daraus resultierende Emissionsentwicklung ist in Abbildung 2-1 dargestellt. Wie man klar ersehen kann, stehen Pkw für den Löwenanteil des Treibstoffverbrauchs und damit auch der Emissionen.

Allerdings sind die Wachstumserwartungen im motorisierten Individualverkehr vergleichsweise gering. Demographischer Wandel und zunehmende Verstädterung werden hier in Zukunft stark dämpfend wirken. Im Güterverkehr sind hingegen sehr viel stärkere Aktivitätssteigerungen bis 2030 zu erwarten. Dennoch ist festzuhalten, dass die Emissionen des Pkw-Verkehrs in den Jahren 2005 bis 2015 nur um nicht ganz 5 Prozent gesunken und am aktuellen Rand sogar wieder

sichtbar angestiegen sind. Die bisherige Regulierung war also nicht in der Lage, die Emissionen des Straßenverkehrs auf Zielkurs zu bringen. Dennoch wird sie jetzt fortgeschrieben.

### Abbildung 2-1: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs in Europa

Angaben in Millionen Tonnen



Quelle: EEA, 2017

An dieser Stelle ist es angebracht, etwas genauer auf das zentrale Instrument der CO<sub>2</sub>-Regulierung im Straßenverkehr einzugehen, da dieses sich stark von den in anderen Sektoren verwendeten Instrumenten unterscheidet<sup>1</sup>. Anders als in den ETS-Sektoren, wo die EU eine Emissionsmengenregulierung einsetzt, wird im Straßenverkehr primär auf ein System gesetzt, welches die Emissionspotenziale von Neufahrzeugen in einem Rollstandtest festlegen soll. Diese Grenzwerte setzen also nicht an der eigentlichen Zielgröße – den realen CO<sub>2</sub>-Emissionen – an, sondern versuchen über die Senkung der Emissionspotenziale einen indirekten Einfluss auf die eigentliche Zielgröße zu nehmen. Sie betreffen ausschließlich die Neuwagenflotte eines Stichtjahres. Entsprechende Grenzwerte gibt es derzeit für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (LNfz). Für die schweren Nutzfahrzeuge (SNfz) gibt es derzeit keinerlei Vorgaben dieser Art, es gibt aber Bemühungen, auch für diese vergleichbare Standards zu schaffen. Dieser Ansatz wird aufgrund der extrem unterschiedlichen Emissionen von SNfz je nach Auslastung des zulässigen Gesamtgewichts und der Art der verwendeten Aufbauten zu enormen Ungenauigkeiten führen müssen.

Die geltende Grenzwertregulierung für Pkw sieht vor, den durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß aller Neuwagen in der EU ab dem Jahr 2021 auf 95 g CO<sub>2</sub>/km zu begrenzen. Für das Jahr 2015 war ein Wert von 130 g CO<sub>2</sub>/km vorgegeben und dieser wurde mit einem Durchschnittswert von 119,5 g CO<sub>2</sub>/km deutlich unterschritten. Für das Jahr 2016 wurden durchschnittliche Emissionen der in der EU-28 neu zugelassenen Pkw von 118,1 g CO<sub>2</sub>/km ermittelt (EEA, 2018). Durch den

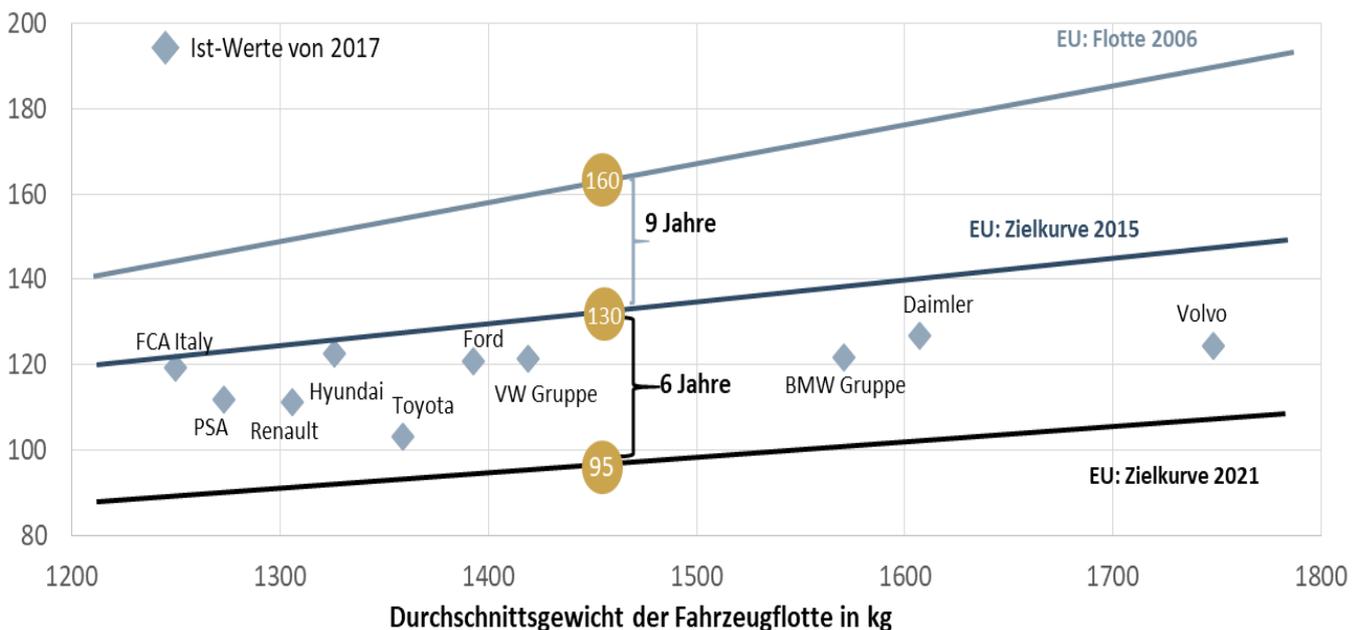
<sup>1</sup> Für eine tiefergehende Diskussion des Ansatzes siehe Puls, 2014

fallenden Dieselanteil und dem ungebremsten Drang der Kunden zum SUV könnte die Neuwagenemissionen aber erstmals seit Einführung der Regulierung wieder gestiegen sein. Für die LNFz gelten andere Grenzwerte und ein anderer Zeitplan als für Pkw, sie sind aber nicht Gegenstand der weiteren Ausführungen.

Zu beachten ist, dass nicht alle Hersteller den gleichen Grenzwert erreichen müssen. Vielmehr berechnet sich für jeden Hersteller ein Zielwert anhand des Durchschnittsgewichts der von ihm abgesetzten Neuwagen. Die Summe der Zielwerte ergibt dann das Ziel von 95 g CO<sub>2</sub>/km. Überschreitet ein Hersteller seinen Zielwert, dann wird eine Strafzahlung fällig, die in etwa einem Wert von 475 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> entspricht, also in etwa dem 30-fachen des Zertifikatspreises im ETS. In Abbildung 2-2 sind die Vorgaben der Jahre 2015 und 2021 sowie der aktuelle Stand der wichtigsten Hersteller abgebildet. Diese Darstellung zeigt, dass einige Hersteller noch sehr große Anstrengungen unternehmen müssen, um ihren Zielwert zu erreichen. Als besonders gefährdet, die Zielwerte für 2021 zu verfehlen, gilt der FIAT-Konzern.

## Abbildung 2-2: Grenzwertvorgaben und Zielerreichungsgrad der Hersteller

Dargestellt sind Herstellerpools, also teilweise Gruppen von Marken die gemeinsam veranlagt werden



Quelle: EEA, 2018

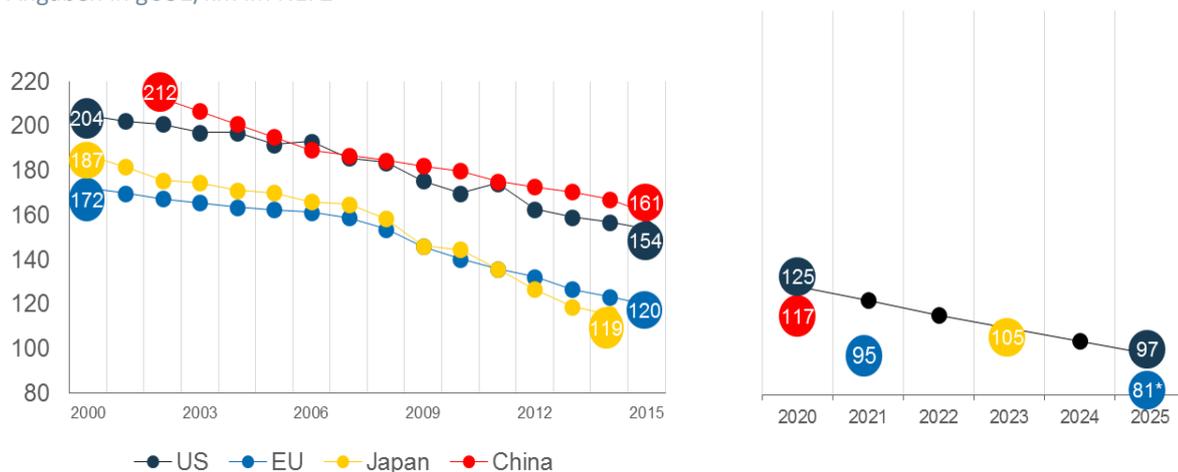
Es ist aber festzuhalten, dass das Ziel für 2015 von allen erreicht wurde, ohne dass dies in entsprechender Weise in der Emissionsentwicklung seinen Niederschlag fand. Das liegt an mehreren grundlegenden Schwächen des Ansatzes. Die wichtigsten Schwächen sind:

- Er abstrahiert von der tatsächlichen Fahrleistung und dem Fahrstil, und reguliert stattdessen ein Emissionspotenzial, welches in einem Rollstandtest ermittelt wird.
- Es sind nur Neuwagen betroffen. Das Durchschnittsalter der in der EU zugelassenen Flotte liegt aber bei über zehn Jahren. Der Effekt kann also nur mit erheblicher Verzögerung eintreten.

Der geltende Regulierungsansatz kann aufgrund der genannten Probleme keine Emissionssteuerung gewährleisten, wie es mit Instrumenten der Mengensteuerung, etwa dem Emissionshandel, in anderen Branchen möglich ist. Trotz der bekannten Schwächen kommt dieser Ansatz aber nicht nur in der EU, sondern auch in zahlreichen anderen Wirtschaftsräumen zur Anwendung. Allerdings sind die Grenzwerte der EU eindeutig die schärfsten, wie in Abbildung 2-3 dargestellt wird. Dort ist auch das Etappenziel 2025 des aktuellen Kommissionsvorschlags eingezeichnet. Die Vorgabe würde im heute noch gültigen Neuen Europäischen Fahrzyklus (NETZ) bei 81 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer liegen. Die USA peilen für das Jahr 2025 einen Grenzwert von 97 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer an. Allerdings wird dieses Ziel von der derzeitigen US-Administration inzwischen infrage gestellt. Während Washington den Wert aufweichen möchte, drängen einige Bundesstaaten hingegen auf eine Verschärfung. Für das Jahr 2030 wären in der EU gemäß Kommissionsvorschlag 66 Gramm im NEFZ anzupeilen. Da der NEFZ aber bald ersetzt wird, lassen sich noch keine Aussagen darüber treffen, wie die Werte im Nachfolgezyklus aussehen werden. Es ist aber zu erwarten, dass der von der Kommission genannte Wert weit unter den Grenzwerten liegen wird, die sich die anderen großen Märkte setzen werden.

### Abbildung 2-3: Grenzwerte für Neuwagenflotten International

Angaben in gCO<sub>2</sub>/km im NEFZ



Quelle: ICCT, 2018

## 3 Globale Rahmenbedingungen für die Autoindustrie

Die globale Klimadebatte und die daraus resultierenden Regulierungen sind eine große Herausforderung für den Verkehrssektor und die europäische Automobilindustrie. Es ist aber beileibe nicht die einzige. Vielmehr steht diese für Europa so wichtige Branche vor einer grundlegenden Transformation. Verschiedene Megatrends wirken hier zusammen, was dazu führt, dass das heute bestehende Geschäftsmodell zukünftig infrage gestellt werden muss.

Die Automobilindustrie ist ein wirtschaftliches Schwergewicht in Europa und insbesondere in Deutschland. Europaweit sind etwa 3,6 Millionen Menschen in der Autoindustrie beschäftigt. Weitere 10,3 Millionen arbeiten in mit der Autoindustrie verbundenen Branchen. Das sind etwa

6 Prozent der Gesamtbeschäftigung. In Deutschland sind es etwa 800.000 direkte Beschäftigte und 2,8 Millionen in angeschlossenen Branchen (Buss/Berking, 2018). Die Branche produzierte im letzten Jahr in Europa 22,1 Millionen Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Bei einer Weltproduktion von 97 Millionen Einheiten ist das ein Anteil von 23 Prozent. Im Jahr 2005 betrug der Anteil der Produktion in Europa noch deutlich mehr als 30 Prozent. Inzwischen wurde Europa zudem von China als größtem Produktionsstandort überholt. Dort wurden 2017 mehr als 27 Millionen Einheiten produziert.

Diese Zahlen zeigen bereits einen grundlegenden Trend, mit dem man sich am Standort Europa auseinandersetzen muss, nämlich der fortschreitenden Globalisierung der Fahrzeugproduktion. Während in Europa Produktion und Absatz weitgehend stagnieren, wachsen insbesondere die asiatischen Märkte mit ungebremsen Tempo und es macht für die Hersteller Sinn, diese Märkte durch Produktion vor Ort zu bedienen. Hierbei spielen Kosten eine wichtige Rolle, aber auch der Zwang, sich an lokale Regulierungen zu halten und die Produkte an diese anzupassen, sorgt dafür, dass Fahrzeuge immer mehr in Nähe zum Absatzmarkt produziert werden. Das trifft insbesondere Volumenhersteller. Die Anbieter von Premiumfahrzeugen neigen nach wie vor sehr viel stärker dazu, ihre Modelle am Heimatstandort zu produzieren, was ein wesentlicher Grund dafür ist, dass der deutsche Standort seine Produktionszahlen seit der Jahrtausendwende stabil halten konnte. Die anderen westeuropäischen Standorte gaben hingegen massiv Produktionsmengen ab. Ein Profiteur dieser Entwicklung war Osteuropa, das deshalb heute ebenfalls stark von der künftigen Entwicklung der Autoindustrie tangiert werden wird. Aber auch die Hersteller hochpreisiger Fahrzeuge können es sich heute immer weniger leisten, einen Markt wie China über Exporte zu bedienen und bauen Fertigungslinien vor Ort auf. Das führt unter anderem dazu, dass die Exportquote der europäischen Autoindustrie deutlich zurückgeht. Allein zwischen 2013 und 2016 sank sie von 37 Prozent auf nur noch 30 Prozent (Buss/Berking, 2018). Damit liegt sie aber noch weit über den Exportquoten Chinas (3 Prozent) oder der USA (17 Prozent), was die Bedeutung der Premiumproduktion in Europa unterstreicht. Es sind gerade die großen, hochpreisigen Fahrzeuge, die diesen Exporterfolg ausmachen.

Neben der Bedeutung der Premiumproduktion in Europa und insbesondere Deutschland, zeigen diese Zahlen aber auch, dass die Bedeutung Europas als Markt und Produktionsstandort erodiert. Der Globalisierungstrend wird auch in Zukunft weiter laufen und das Gewicht Europas mit seinem stagnierenden Absatzmarkt weiter reduzieren. Daraus kann man schließen, dass der Einfluss Europas und seiner Regulierungen auf den Weltautomobilmarkt voraussichtlich abnehmen wird. Die Zeiten, in denen europäische Standards weltweit übernommen wurden, dürften sehr bald der Vergangenheit angehören.

Ein weiterer wichtiger Trend ist die zunehmende Diversifizierung im Antriebsportfolio. In der Vergangenheit reichten den Herstellern Ottomotor und Diesel, um die Kundenwünsche komplett abzudecken. Auch diese Zeit ist vorbei. Der Kunde in den Megacities der Welt wird künftig nicht die gleichen Ansprüche stellen, wie ein Kunde, der im ländlichen Raum lebt. Die Kunden verlangen immer mehr nach für ihre Bedürfnisse maßgeschneiderten Lösungen und auch dieser Trend wird sich fortsetzen. Das bedeutet für die Hersteller, dass sie vor einem Innovationskraftakt stehen. Sie müssen konventionelle und elektrische Antriebsstränge weiterentwickeln, um die sich immer weiter diversifizierenden Kundenansprüche abdecken zu können. Das stellt die

Innovationskraft der Hersteller auf die Probe. Hinzu kommt, dass nicht nur die Investitionen gestemmt werden müssen, sondern auch noch, dass der Kapitalstock der Hersteller in größerem Umfang umgestaltet werden muss, da er nicht auf die elektrischen Antriebsstränge eingestellt ist. Buchhalterisch gesehen müssen sie erhebliche ungeplante Abschreibungen vornehmen und den Ersatz/Umbau aus ihrem Cash-Flow refinanzieren. Erschwert wird das Ganze dadurch, dass der Absatzmarkt für die Produkte des neuen Kapitalstocks noch ganz am Anfang steht. Mit anderen Worten entstehen Anlaufverluste, die aus dem konventionellen Geschäft gedeckt werden müssen. Alternativ war es bislang zumindest einem Hersteller auch möglich, diese Verluste über Kapitalerhöhungen zu decken. Alles in allem macht diese Transformationssituation die Hersteller verletzlich, wenn in ihr Bestandsgeschäft durch Regulierung zusätzlich stark eingegriffen wird. Die Folgen einer Überregulierung wären in der heutigen Situation deutlich gravierender, als noch vor zehn Jahren.

Verstärkt wird dieser Druck noch durch weitere Innovationsprozesse, die sogar das heutige Geschäftsmodell der Hersteller infrage stellen. Auch der Trend zu autonomem Fahren löst vergleichbare Effekte aus wie die Diversifizierung. Es kommt aber noch erschwerend hinzu, dass sich damit die Frage stellt, ob das Modell des Verkaufs von Fahrzeugen künftig noch trägt oder ob die Hersteller sich zu Mobilitätsanbietern wandeln müssen. Dieser Trend ist von der hier geführten Regulierungsdiskussion nicht betroffen, aber man sollte ihn im Hinterkopf behalten, denn hier wird zeitgleich ein weiterer gravierender Transformationsprozess angestoßen.

Abschließend sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass sämtliche Transformationsprozesse nur dann darstellbar sind, wenn am Ende eine entsprechende Zahlungsbereitschaft für die aus ihnen resultierenden Produkte vorhanden ist. Die Frage der Zahlungsbereitschaft ist schließlich diejenige, die über Erfolg oder Misserfolg von Transformation oder Regulierung entscheiden wird. Von daher ist es zwingend erforderlich, der Nachfrageseite in dem Prozess mindestens so viel Aufmerksamkeit zu widmen wie der Angebotsseite. Ebenso gilt es, weitere Ziele zu beachten, welche die EU verfolgen will.

## 4 Ziele der EU und das Konzept der Nachhaltigkeit

Das Konzept der Nachhaltigkeit beruht auf dem Ausgleich zwischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen. Die Dominanz eines Ziels über alle anderen Belange widerspricht diesem Gedanken fundamental. Vor diesem Hintergrund versucht auch die EU-Kommission einen Ausgleich zwischen den verschiedenen Zielen zu schaffen und eine Balance zu finden, die allen Zielkategorien nach Möglichkeit gerecht wird. Das ist keine einfache Aufgabe.

So hat sich die EU das Ziel gesetzt, ihre Treibhausgasemissionen schrittweise zu verringern. Das Konzept für eine CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft (EU-Kommission, 2016) sieht vor, dass der Ausstoß der EU bis 2050 um mindestens 80 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 sinken soll. Das nächste Etappenziel liegt bei einer Reduktion um 40 Prozent bis zum Jahr 2030. Der Verkehrssektor soll bis 2050 mindestens eine Reduktion um 60 Prozent erreichen. Das Etappenziel für den nicht in das Emissionshandelssystem (ETS) eingebundenen Verkehr liegt bei einer Reduktion um 30 Prozent

im Zeitraum 2005 bis 2030. Nach Abschluss des Pariser Klimaabkommens wurde der langfristige Zielkorridor erweitert. Es wird diskutiert, die Gesamtreduktion auf bis zu 95 Prozent zu steigern. Für den Verkehr würde daraus folgen, dass er bis 2050 vollständig dekarbonisiert werden müsste. Der Unterschied zwischen der Zielsetzung einer Reduktion um 80 Prozent beziehungsweise 95 Prozent ist gravierend. Für Deutschland würden sich die notwendigen Investitionskosten annähernd verdoppeln, wenn das schärfere Ziel verfolgt wird (BCG/Prognos, 2018). Ein erheblicher Anteil der zu erwartenden Mehrkosten würde im Verkehrssektor anfallen, der generell hohe CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten aufweist und bei vollständiger Dekarbonisierung gerade im Güterfernverkehr zu Land zu See und im Luftverkehr auf sehr teure Maßnahmen zurückgreifen müsste. Dies würde die ökonomische Effizienz der Maßnahmen infrage stellen, denn ein auf die EU beschränkter Klimaschutz ohne Koordination mit den anderen großen Emittenten, also China, den USA, Russland und Indien wird wirkungslos bleiben. Die EU alleine hat einen Anteil von knapp 10 Prozent an den globalen Emissionen. Mit den anderen Schwergewichten zusammen deckt sie aber 70 Prozent der globalen Emissionen ab. Nur im Zusammenschluss besteht der notwendige Hebel, um die von den Klimaforschern als notwendig erachteten Emissionsreduktionen zu erreichen. Im Alleingang könnte die EU selbst bei vollständiger Dekarbonisierung das globale Emissionswachstum nur bremsen. Zudem ermöglicht ausschließlich eine koordinierte Politik zwischen den großen Blöcken, dass effektiv gegen das Problem des Carbon Leakage vorgegangen wird. Mit anderen Worten, wenn Dekarbonisierung in einer Region nicht bedeuten soll, dass die industrielle Wertschöpfung und die damit verbundenen Emissionen einfach in eine andere Region abwandern, muss hier eine entsprechende Koordination gefunden werden. Solange manche der großen Emittenten darauf hoffen können, wirtschaftlich von verschärftem Klimaschutz eines anderen Players zu profitieren, werden sich Erfolge beim globalen Klimaschutz kaum realisieren lassen. Diese Gruppe zu einem koordinierten Handeln zu bewegen, ist somit die Voraussetzung für eine erfolgreiche Klimaschutzpolitik. Nationales Vorpreschen und das Hoffen auf Nachahmer versprechen hingegen vor allem ökonomische Nachteile bei geringen Vorteilen für das Weltklima. Die Lösung der Klimafrage kann nur im Konsens erreicht werden.

Neben den Klimazielen verfolgt die EU auch wirtschaftspolitische Ziele. Ein in diesem Kontext nennenswertes Ziel besteht darin, eine Reindustrialisierung durchzuführen. Konkret besteht das Ziel, dass das verarbeitende Gewerbe im Jahr 2020 einen Anteil von 20 Prozent an der Bruttowertschöpfung in Europa erreichen soll. Von diesem Ziel ist die EU aber weit entfernt. Im Jahr 2016 waren es gerade einmal 14,4 Prozent und nur wenige Länder wie Deutschland oder Tschechien lagen über der Marke von 20 Prozent. Ökonomische Schwergewichte wie Frankreich und das Vereinigte Königreich wiesen hingegen nur noch Anteile von 10 bis 11 Prozent auf. Vor dem Hintergrund dieses Ziels ist die Entwicklung der Autoindustrie von großer Bedeutung, da sie eines der wichtigsten industriellen Standbeine Europas und gerade auch Deutschlands ist. Für die weitere industrielle Entwicklung in Europa ist sie von entscheidender Bedeutung und die Kommission sollte größtes Interesse daran haben, die Branche und die mit ihr verbundenen hochwertigen Arbeitsplätze nicht zu gefährden. Damit das nicht geschieht, sind im weiteren Regulierungsprozess drei Punkte zu beachten, nämlich das Vermeiden einer ökonomisch schädlichen Überregulierung der Angebotsseite, die Kopplung der Angebotsregulierung mit nachfrageseitigen Maßnahmen und Schritte zur Sicherung der künftigen automobilen Wertschöpfungskette in Europa, die durch den Wechsel auf den Primärenergieträger Strom in jedem Fall gefährdet

werden wird, da die Fertigung von Batteriezellen der heutigen Generation eine asiatische Domäne ist.

Um einen Ausgleich zwischen den ökonomischen und ökologischen Zielen zu ermöglichen, muss eine ökonomisch effiziente Transformation der Automobilindustrie durch die Regulierung ermöglicht werden. Hierzu hat sich die EU im Rahmen des „Better Regulation Package“ (EU-Kommission 2017a) Verfahrensvorgaben gegeben. Dieses fordert für künftige Regulierungen eine transparente und evidenzbasierte Ex-ante-Evaluation verschiedener Handlungsoptionen. Eine Kombination aus technischem und ökonomischem Sachverstand soll sicherstellen, dass die Ziele erreicht und die mit jeder Veränderung verbundenen Risiken minimiert werden können. Das Ergebnis dieses Prozesses ist in einem Impact Assessment darzulegen.

## 5 Assessment und die Forderung nach Verschärfung

Gemäß den Vorgaben des Better Regulation Packages wurde auch die Fortschreibung der angebotsseitigen CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge einem Impact Assessment unterzogen. Die Ergebnisse dieses Prozesses wurden im November 2017 in Form eines Regulierungsvorschlags der Kommission vorgelegt (EU-Kommission, 2017b). Die beauftragten Gutachter kamen zu dem Schluss, dass eine Reduktion der Grenzwerte um 30 Prozent zwischen 2021 und 2030 sowohl konform zu den Klimaschutzzielen sei, als auch die ökonomisch effizienteste Vorgabe darstelle. Dennoch wird derzeit im EU-Parlament darüber diskutiert, die Vorgabe deutlich zu verschärfen. In diesem Zusammenhang wird ein alternatives Reduktionsziel von 50 Prozent häufiger genannt. Eine schärfere Regulierung mag eine Zielübererfüllung bewirken, wenn die notwendigen Rahmenbedingungen erfüllt sind. Sie birgt aber auch das Risiko einer Überregulierung, welche unnötigen Druck auf Wertschöpfung und Arbeitsplätze ausübt. Vor diesem Hintergrund ist es angebracht, die Genese der verschiedenen Reduktionsziele genauer in Augenschein zu nehmen.

### 5.1 Ergebnisse des Impact Assessments

Das Impact Assessment beruht im Wesentlichen auf Arbeiten des Ricardo Instituts. Eine umfassende Dokumentation wurde im Februar 2018 vorgelegt (Ricardo, 2018). Im Rahmen der Untersuchung wurden diverse Reduktionsszenarien mithilfe verschiedener Methoden und Modelle evaluiert. Die Spannbreite lag zwischen Reduktionszielen von 10 und 50 Prozent. Zudem wurden die Szenarien mit und ohne Zwischenziel im Jahr 2025 modelliert. Weiterhin wurde ein Referenzszenario berechnet, das die Fortentwicklung ohne weitere politische Maßnahmen abbildete. Im Referenzszenario wird eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw um fast 25 Prozent für den Zeitraum 2005 bis 2030 erreicht. Das bestehende Minderungsziel wird also verfehlt und weitere Maßnahmen sind erforderlich, die in den anderen Szenarien untersucht werden. In der Studie werden die Pkw-Szenarien mit Regulierungsszenarien für LNFz kombiniert, die hier nicht weiter verfolgt werden. Letztere leisten ebenfalls einen Beitrag zur Umsetzung des Gesamtziels

von –30 Prozent Emissionen des Verkehrs bis 2030. Die grundlegenden Ergebnisse der drei genannten Szenarien der Pkw-Regulierung sollen im Folgenden kurz skizziert werden.

Wie in Tabelle 5–1 abzulesen, wird das Klimaziel im Referenzszenario verfehlt, es besteht also Bedarf nach weiteren Maßnahmen. Es ist aber auch festzuhalten, dass der größte Teil der Ziele bereits im Referenzszenario erreicht wird. Die Vorhersage liegt hier bei einer Reduktion der Tank-to-Wheel (TTW)-Emissionen der Pkw-Flotte – also dem eigentlichen Gegenstand der klimapolitischen Regulierung – um etwa 24,5 Prozent. Die Fortschreibung der Grenzwertregulierung auf das –30 Prozent-Ziel, also die Umsetzung des Kommissionsvorschlages, sorgt laut Prognose für einen Rückgang der Emissionen der Pkw-Flotte im Jahr 2030 um 29,5 Prozent verglichen mit 2005. Zusammen mit den Maßnahmen bei den Nutzfahrzeugen wird das vorgegebene Ziel erreicht. Dieses Reduktionsszenario ist also zielkonform. Das –50-Prozent-Szenario erreicht eine Reduktion um 36,4 Prozent, was deutlich über dem Ziel für einen Non-ETS Sektor liegt.

**Tabelle 5-1: Szenario-Ergebnisse des Impact Assessments**

	Referenzszenario	Szenario –30 Prozent	Szenario –50 Prozent
TTW Emissionen 2030 in Millionen Tonnen	402	375	340
Emissionsreduktion zu 2005 in Prozent	24,5	29,5	36,4
TCO in Euro pro Fahrzeug – Differenz zum Referenzszenario	–	–876	2
Klimakosten in Euro pro Fahrzeug – Differenz zum Referenzszenario	–	–967	–1.582
Weitere externe Kosten in Euro pro Fahrzeug – Differenz zum Referenzszenario	–	–210	–343
Gesamteffekt (TCO+Klimakosten+Externe Kosten) in Euro pro Fahrzeug	–	–2.053	–1.923
Marktanteil ZEV 2030 in Prozent	4,6	9,0	16,6

Quelle: Ricardo, 2018; EU-Kommission, 2017b

Bedingt durch geringere Ausgaben für Kraftstoffe bei sparsameren Autos entstehen den Besitzern finanzielle Vorteile, die den zu erwartenden Anschaffungsmehrkosten entgegenstehen. Über die Lebenszeit eines Fahrzeugs gerechnet ergibt das die sogenannten Total Costs of Ownership (TCO), die in Tabelle 5–1 im Vergleich zum Referenzszenario ausgedrückt werden. Hier

erreicht das 30-Prozent-Szenario eine Reduktion um 876 Euro, während das 50-Prozent-Szenario eine minimale Verteuerung um 2 Euro vorhersagt.

Während die TCO-Betrachtung den Kosteneffekt der Autonutzer abbildet, sollten auch die externen Kosten betrachtet werden. Hierunter fallen laut Studie Klima-, Stau-, Unfall, Luftverschmutzungs- und Lärmkosten. Um diese Kosten zu errechnen, wird versucht, den Preis für die Effekte abzuleiten. So werden beispielsweise die Klimakosten einer Tonne CO<sub>2eq</sub> mit 127 Euro im Jahr 2030 veranschlagt. Dieser Wert wird dann mit der gemessenen am Referenzszenario vermiedenen Emissionsmenge pro Fahrzeug multipliziert, um die Emissionsreduktion zu monetarisieren. In dieser Betrachtung schneidet das 50-Prozent-Szenario logischerweise besser ab. Es ist effektiver darin, die Umweltbelastungen zu senken. In der Gesamtbetrachtung erweist sich das 30-Prozent-Szenario aber als überlegen. Es ist effizienter darin, die gesteckten Ziele zu erreichen und ist damit als nachhaltiger anzusehen und wurde daher auch von der Kommission zur Umsetzung vorgeschlagen (EU-Kommission, 2017b).

Allen Reduktionsszenarien gemein ist, dass sie nach 2025 mit einem deutlichen Anstieg des Marktanteils von Elektroautos rechnen. Das gilt sowohl für Zero Emission Vehicles (ZEV) als auch für PHEV. Grundlage dieser Prognose ist, dass ab 2025 damit gerechnet wird, dass diese Fahrzeuge dann einen TCO-Vorteil gegenüber reinen Verbrennern aufweisen. Tatsächlich ist die TCO-Frage von hoher Bedeutung für die Bereitschaft der Nachfrageseite, den Umstieg auch wirklich zu vollziehen, weshalb diese Frage in Kapitel 7 genauer diskutiert wird.

Wie die Umstellung der Neuwagenflotte auf alternative Antriebskonzepte genau verlaufen wird, wird erhebliche Auswirkungen auf die europäische Automobilindustrie und die mit ihr verbundenen Arbeitsplätze haben. Einen sehr hohen Impact hat hier das von der Regulierung verlangte Reduktionstempo, da es über die Zukunftsfähigkeit der Hybridtechnologie entscheidet. Diese stellt eine Übergangsform dar. Hybride nutzen den bestehenden Kapitalstock weitgehend weiter und erfordern aufgrund ihrer technischen Komplexität vergleichsweise viele qualifizierte Arbeitskräfte. ZEV hingegen erfordern einen massiven Umbau des Kapitalstocks und vergleichsweise wenige Arbeitskräfte in der Produktion. Hybride ermöglichen also eine vergleichsweise sanfte Transformation. Sie sind ein wesentlicher Grund dafür, dass im 30-Prozent-Szenario bis 2030 mit einem Beschäftigungszuwachs gerechnet wird. Wenn die Hybridtechnologie durch verschärfte Regulierung infrage gestellt wird, wirft das Fragen über die Zukunft von Kapitalstock und industriellen Arbeitsplätzen auf, die im Folgenden genauer betrachtet werden.

## 5.2 Die Forderung nach einer schärferen Regulierung

Grenzwerte werden typischerweise dann genutzt, wenn ein wissenschaftlich belegter Mindeststandard nicht unterschritten werden soll und das Schutzziel eindeutig über Kostenerwägungen steht. Das ist typischerweise bei Gesundheitsgefahren durch Schadstoffe der Fall. Der Vorteil von Grenzwerten ist normalerweise, dass sie effektiv sind. Andere Instrumente versprechen hingegen eine höhere Effizienz – beispielsweise ein Emissionshandelssystem. Im Fall der Pkw-Regulierung ist die Effektivität der Grenzwerte durch die geringe Zielgenauigkeit des Instruments eingeschränkt; die Effizienz demgegenüber hängt davon ab, ob die Nachfrageseite bereit ist,

regulierungskonforme Produkte abzunehmen. Das wiederum hängt an der Frage, ob diese Produkte einen vergleichbaren Nutzen zu ähnlichen Kosten wie konventionelle Erzeugnisse bieten können. Ob das so sein wird, ist aus heutiger Sicht unsicher. In jedem Fall ist der Einsatz von Grenzwerten wegen der typischerweise geringen Effizienz kritisch zu prüfen, wenn über das aus wissenschaftlicher Sicht Notwendige zum Schutz eines Gutes hinausgegangen wird. Und genau diese Frage stellt sich derzeit.

Das Impact Assessment ergab, dass das 30-Prozent-Szenario eine zielkonforme und ökonomisch effiziente Option darstellt. Dennoch gibt es in Brüssel Stimmen, die sich für eine Verschärfung auf das 50-Prozent-Szenario aussprechen. Die Berichterstatterin im Umweltausschuss des Parlaments hat beispielsweise eine Reduktion um 50 Prozent empfohlen. Auch ernsthafte Forderungen nach einer Reduktion um 75 Prozent stehen im Raum. Im Wesentlichen werden hierfür drei Argumente ins Feld geführt.

Punkt eins ist eine strikt sektorale Betrachtung der europäischen Klimapolitik. Hier wird argumentiert, dass der Verkehrssektor deutlicher reduzieren soll als andere Non-ETS Sektoren. Es wird unterstellt, dass etwa die Wohnungswirtschaft keine Reduktion um 30 Prozent erreichen könne und der Verkehr das ausgleichen solle. In diesem Zusammenhang wird vom Verkehr eine Reduktion um 38 Prozent auf europäischer Ebene verlangt, was in etwa mit dem 50-Prozent-Szenario in Einklang zu bringen ist. Diese radikale Beschleunigung gegenüber dem als effizientesten Fall identifizierten Szenario wird aber nicht ohne ökonomische Folgen bleiben.

Das zweite wichtige Argument besteht darin, die dem Impact Assessment zugrundeliegende Prognose der Technologiekostenentwicklung anzuzweifeln. Wenn etwa Batteriekosten deutlich schneller fallen als angenommen, könnten sich die TCO-Relationen verschieben und damit das 50-Prozent-Ziel effizienter werden. Dies stellt eine Wette auf Kostendegression, technischen Fortschritt und die Aufnahmefähigkeit der Nachfrageseite dar.

Zu guter Letzt wird von Verschärfungsbefürwortern vorgebracht, dass ein möglichst strenger Grenzwert sehr wohl im Sinne der europäischen Autoindustrie sei. Durch den Status des Vorreiters würden die Hersteller gezwungen, Produkte zu entwickeln, die denen ausländischer Marken überlegen seien. Dies rentiere sich dann, wenn die anderen Märkte regulatorisch nachzögen und dem Beispiel der EU folgten. Diese Rechnung kann allerdings nur aufgehen, wenn Europa in der Lage ist, dem Weltmarkt prägende Standards vorzugeben. Wenn die Regulierung und die Nachfrageseite in den Wachstumsmärkten nicht folgen, dann wurden Fahrzeuge an den entscheidenden Märkten vorbeientwickelt. Doch selbst wenn die anderen Regionen nachzögen ist nicht gesagt, dass die heimische Industrie in der Rolle des Vorreiters davon auch profitiert. Ein Lehrbeispiel hierfür ist das deutsche EEG, welches oft kopiert wurde. Dieses Gesetz führte dazu, dass die deutschen Stromkunden fast exklusiv die Stückkostendegression für Solarpanele finanziert haben, von der jetzt alle Kunden profitieren. Damit wurde nicht zuletzt der Aufbau der Fertigungskapazitäten in China finanziert, die heute Solarzellen in die ganze Welt liefern. Deutsche Hersteller konnten zwar am Anfang von den Subventionen profitieren, wurden aber in der Folgezeit vom Markt gedrängt. Die industriepolitische Zielsetzung wurde mit dem EEG klar verfehlt und die deutschen Stromkunden müssen nach wie vor die in der Anfangsphase aufgestellten teureren Zellen über höhere Strompreise abbezahlen. Industriepolitisch betrachtet war das

EEG somit kein Erfolg. Deutschland hat sich hier für das Weltklima verdient gemacht, zahlt aber auch den Preis dafür.

In Summe ist festzuhalten, dass Regulierung stets Rückwirkungen auf Innovations- und Investitionsdynamik hat und damit natürlich auch auf Wirtschaftswachstum und Arbeitsplätze einer Branche. Dies kann helfen, bestehende Widerstände gegen Marktentwicklungen zu überwinden. Wenn aber eine Regulierung dazu führt, dass die Produkte so entwickelt werden müssen, dass der Markt sie weniger nachfragt, entsteht ein Problem für den betroffenen Wirtschaftsraum (Kaul/Hagedorn, 2016). Dabei spielt nicht nur das absolute Regulierungsniveau, sondern auch das durch die Regulierung ausgelöste Veränderungstempo eine entscheidende Rolle. Kommt es zu einem zu hohen Tempo, fällt es den Unternehmen schwer, die Kosten für Innovation und Wandlung des Kapitalstocks aus ihrem Geschäftsbetrieb zu finanzieren, was Auswirkungen hat, die im Folgenden diskutiert werden sollen.

## 6 Ökonomische Rückwirkungen

Strukturwandel ist ein natürlicher Begleiter wirtschaftlicher Entwicklung. Schumpeter charakterisierte diesen Prozess als „schöpferische Zerstörung“ welche die Grundlage der evolutionären Weiterentwicklung in einer Marktwirtschaft darstellt. Ein sich ständig wandelnder Markt zwingt die an ihm präsenten Unternehmen dazu, sich stetig zu verändern, um mit ihren Produkten möglichst gut die Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen. Das unterstreicht, dass die Anpassung an Änderungen des Marktes Voraussetzung dafür ist, am Markt bestehen zu können. Dennoch gibt es natürlich auch Beharrungskräfte, die einen Wandel verlangsamen oder unterbinden wollen. Jede Veränderung produziert auch Verlierer und damit eben auch Widerstand.

Regulatorische Eingriffe des Staates sind dann gerechtfertigt, wenn Marktunvollkommenheiten effiziente Marktergebnisse verhindern. Gesellschaftliche Kosten, die beispielsweise durch klimaschädliche Aktivitäten von Unternehmen entstehen, können durch staatliche Instrumente internalisiert werden. Ein solcher Eingriff in das Marktgeschehen kann durchaus einen Strukturwandel initiieren. Ebenso erfolgen jedoch gesetzliche Eingriffe, die einen Strukturwandel aus politökonomischen Erwägungen verlangsamen sollen, beispielsweise um Arbeitsplätze in einer Region zu erhalten. In der Steinkohlepolitik finden sich hierzu viele Beispiele. Regulierung kann aber auch dazu führen, dass ein Strukturwandel so beschleunigt wird, dass er jegliche ökonomische Effizienz vermissen lässt, wie es etwa bei der Förderung der Solarenergie der Fall war.

Wie bereits in Kapitel 3 diskutiert, steht die Automobilindustrie ganz unabhängig von der Regulierung vor einem tiefgreifenden Strukturwandel. Die Wertschöpfungsketten dieser europäischen Schlüsselindustrie werden sich in den kommenden zehn Jahren deutlich verschieben. Es stehen zweifellos regionale Verschiebungen durch die weitere Globalisierung bevor; zudem ist ein schrittweiser Wechsel hin zum Primärenergieträger Strom zu bewältigen, der von vielen Regierungen gewünscht wird und auch eher zu den Bedürfnissen eines Großstadtbewohners passt, der wohl der Kunde der Zukunft ist. Hinzu kommt der Trend zum autonomen Fahren. Die Elekt-

rifizierung des Antriebsstrangs und das autonome Fahren werden die Gewichte der automobilen Wertschöpfungskette nachhaltig verschieben. Software und Elektronik werden wichtiger werden, Fähigkeiten in der Metallverarbeitung und Kenntnisse der Verbrennungstechnik verlieren an Gewicht. Diese Prozesse lassen sich als Strukturwandel im Schumpeterschen Sinne charakterisieren und gemäß dem Impact Assessment werden sie bereits den Großteil der von der Politik als notwendig erachteten Emissionsreduktion im Straßenverkehr erbringen. Wenn Zero emission vehicles (ZEV) in der Anschaffung billiger werden als konventionelle Fahrzeuge, sollte dieser Strukturwandel zudem gewaltig an Fahrt aufnehmen, wenn denn die Rahmenbedingungen so gesetzt sind, dass der Markt die Produkte aufnimmt.

An dieser Stelle kommen jetzt die Vorschläge für eine Weiterschreibung der europäischen CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für Pkw ins Spiel. Unabhängig davon, ob das Instrument geeignet ist, das eigentliche Ziel der Emissionsreduktion bis 2030 anzusteuern, ist festzuhalten, dass diese Form der Angebotsregulierung immer auch zu Rückwirkungen auf Innovations- und Investitionsdynamik führen muss, die es bei der Festsetzung des Regulierungsansatzes zu beachten gilt. Immerhin wirkt sich die Regulierung damit auch auf Wirtschaftswachstum und Arbeitsplätze einer Branche aus. Überzogene Regulierungen können zwar effektiv politische Ziele umsetzen, sie sind aber auch mit erheblichen ökonomischen und sozialen Kollateralschäden verbunden. Dies kann geschehen, wenn eine rein regulierungsgetriebene Innovations- und Investitionspolitik umgesetzt wird. In diesem Fall müssen Produkte so entwickelt werden, dass der Markt sie weniger nachfragt (Kaul/Hagedorn, 2016). In diesem Fall ist von einer überzogenen Regulierung zu sprechen, die ein Problem für den betroffenen Wirtschaftsraum darstellt.

Die Debatte, die wir heute führen, dreht sich hingegen vor allem darum, diesen marktgetriebenen Wandel durch Regulierung zu beschleunigen, um die Lücke zwischen Prognose und Klimazielen zu schließen. An dieser Stelle taucht nun auch das Risiko der Überregulierung auf, welches sich am Arbeitsplatzangebot, bei Kapitalstockeffekten aber auch bei der Zahlungsbereitschaft der Kunden für die regulierungskonformen Produkte negativ bemerkbar machen kann.

## 6.1 Auswirkungen auf die Arbeitsplätze

Der aus politischer Sicht am meisten beachtete Effekt eines Strukturwandels besteht in den Folgen für den Arbeitsmarkt. Der sich abzeichnende Strukturwandel in der Automobilindustrie wird hier in jedem Fall zu deutlichen Verschiebungen führen, die sich in manchen Regionen durchaus gravierend auf die Arbeitsplatzsituation auswirken können. Zu beachten ist an dieser Stelle, dass es aller Voraussicht nach zu gegenläufigen Effekten auf dem Arbeitsmarkt kommen wird, was eine Prognose des Gesamteffekts sehr schwierig macht. Einem zu erwartenden Arbeitsplatzabbau in der eigentlichen Automobilindustrie und im Kfz-Gewerbe steht ein erwarteter Zuwachs bei der Installation und Wartung von Stromnetzen sowie bei Dienstleistungen um das Elektroauto gegenüber. Viele Studien (Ricardo, 2018; Buss/Berking, 2018) erwarten bis zum Jahr 2030 eher ein Nullsummenspiel in Hinblick auf die absolute Zahl der Arbeitsplätze, allerdings sind Umschichtungen zu erwarten, die beispielsweise dem EU-Industrialisierungsziel entgegenlaufen. Wie sich die Effekte austarieren, hängt aber im Endeffekt ganz wesentlich von den angenommenen Rahmenbedingungen ab.

Durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs ist mit einem Abbau von Arbeitsplätzen in der eigentlichen Automobilindustrie zu rechnen. Elektrische Antriebsstränge sind in der Produktion deutlich weniger personalintensiv als ihre konventionellen Gegenstücke. Hinzu kommen eine eher stagnierende Fahrzeugproduktion in Europa und allgemeine Produktivitätsfortschritte im Fahrzeugbau. In Summe ist davon auszugehen, dass diese Rahmenbedingungen deutlichen Druck auf das Arbeitsplatzangebot in Europa ausüben werden, wobei die regionale Verteilung sehr unterschiedlich sein wird. Verliererregionen mit hohen Anteilen an metallverarbeitenden Zulieferern stehen mögliche Gewinnerregionen gegenüber, die über Stärken bei Software und Elektrotechnik verfügen. An dieser Stelle besteht in den meisten Studien zu dem Thema Einigkeit, aber bei den Angaben über das Ausmaß des Arbeitsplatzeffektes herrscht eine ziemliche Spannweite. Der Grund hierfür ist im Wesentlichen in den Annahmen über zwei Aspekte zu suchen: Dem Hybridanteil künftiger Flotten und die Abdeckung der elektrischen Wertschöpfungskette durch heimische Fertigung von Batteriezellen.

Da ist zunächst der Anteil von Hybriden an der künftigen Fahrzeugflotte. Hybride kombinieren einen elektrischen und einen konventionellen Antriebsstrang, sind also sehr komplexe Produkte, die auch in der Fertigung vergleichsweise personalintensiv sind. Je höher die Hybridquote zu einem Zeitpunkt, desto geringer ist die zu erwartenden Arbeitsplatzverluste in der Automobilindustrie. Bei sehr hohen Hybridquoten wäre auch eine Zunahme der Arbeitsplätze denkbar. Den gleichen Effekt hat die Hybridquote auch auf das Kfz-Gewerbe, da die komplexeren Produkte auch einen höheren Wartungsaufwand auslösen.

Die Abschätzung der unterschiedlichen Personalbedarfe für die Produktion verschiedener Arten von Antriebssträngen ist Gegenstand einer aktuellen Studie im Auftrag der IG Metall (Fraunhofer IAO, 2018). Die laut dieser Studie aktuellen Personalbedarfe sind in Tabelle 6-1 zusammengefasst und geben einen Eindruck davon, wie groß die Differenz ist zwischen der von der Fertigungsseite her komplexesten Variante (PHEV) und der einfachsten (BEV). Für die Fertigung und den Einbau von einer Million Elektrischen Antriebssträngen wären laut Studie 4.260 Personen (5+6+7+10) erforderlich, bei einem Benziner in der Hybridvariante wären es hingegen 11.410 (1+4+8) und bei PHEV noch mehr. Auf Basis dieser stückzahlenbezogenen Zahlen lassen sich verschiedene Szenarien hochrechnen, wobei die Marktanteile der einzelnen Antriebsvarianten der entscheidende Faktor sind. Zudem wird in der vorliegenden Studie ein Produktivitätsfortschritt von jährlich 2 Prozent bei konventionellen und 3 Prozent bei elektrischen Antriebssträngen unterstellt. Die Studie des Fraunhofer Instituts ermittelt unter diesen Bedingungen für das Jahr 2030 eine Reduktion der für die Produktion von einer Million Antriebssträngen nötigen Arbeitsplätze zwischen 37 und 53 Prozent. Letzterer Wert repräsentiert ein Extremszenario. Unterstellt man eine Flottenzusammensetzung, wie sie im Impact Assessment für das 50-Prozent-Szenario unterstellt ist, dann bewegt man sich eher im Bereich eines Arbeitsplatzabbaus von 40 Prozent, wovon aber ein großer Teil auf Produktivitätsfortschritte in einem tendenziell stagnierenden Markt zurückzuführen wäre. Eine andere aktuelle Studie von PA Consulting sagt voraus, dass in den nächsten fünf bis zehn Jahren in Europa rund 267.000 Arbeitsplätze in der Autoindustrie bedroht sind. Zugleich müssen 141.000 Mitarbeiter neu qualifiziert werden. Die Zahl sei jedoch nicht gleichzusetzen mit dem vollständigen Verlust der Arbeitsplätze, betonen die Studienautoren, sondern es erfolgen auch Umschichtungen. Die mögliche politische Brisanz liegt vor

allem in der regionalen Verteilung der Verluste. Es ist zu erwarten, dass es eindeutig identifizierbare Verliererregionen geben wird, die einen hohen Anteil an Arbeitsplätzen in Fertigung konventioneller Antriebsstränge haben. Probleme sind vor allen bei spezialisierten Zulieferern mit dem Schwerpunkt Metallverarbeitung zu erwarten.

**Tabelle 6-1: Gesamt-Netto-Personalbedarfe am Standort Deutschland im Jahr 2016**

Berechnet für die Fertigung von Antriebssträngen in zwei Stückzahlenszenarien

	Varianten und Baugruppen	Bei 250.000 Einheiten	Bei 1.000.000 Einheiten
1	Ottomotor + Peripherie	1.770	6.090
2	Dieselmotor + Peripherie	2.180	7.410
3	Automatikgetriebe	940	3.360
4	Hybridgetriebe	1.230	4.420
5	E-Maschine incl. Getriebe	530	1.840
6	Batterie ohne Zellen	350	1.320
7	Leistungselektronik	120	420
	Fahrzeugbau bei:		
8	Verbrennungsmotor	270	900
9	PHEV	430	1.450
10	BEV	210	680

Quelle: Fraunhofer IAO, 2018

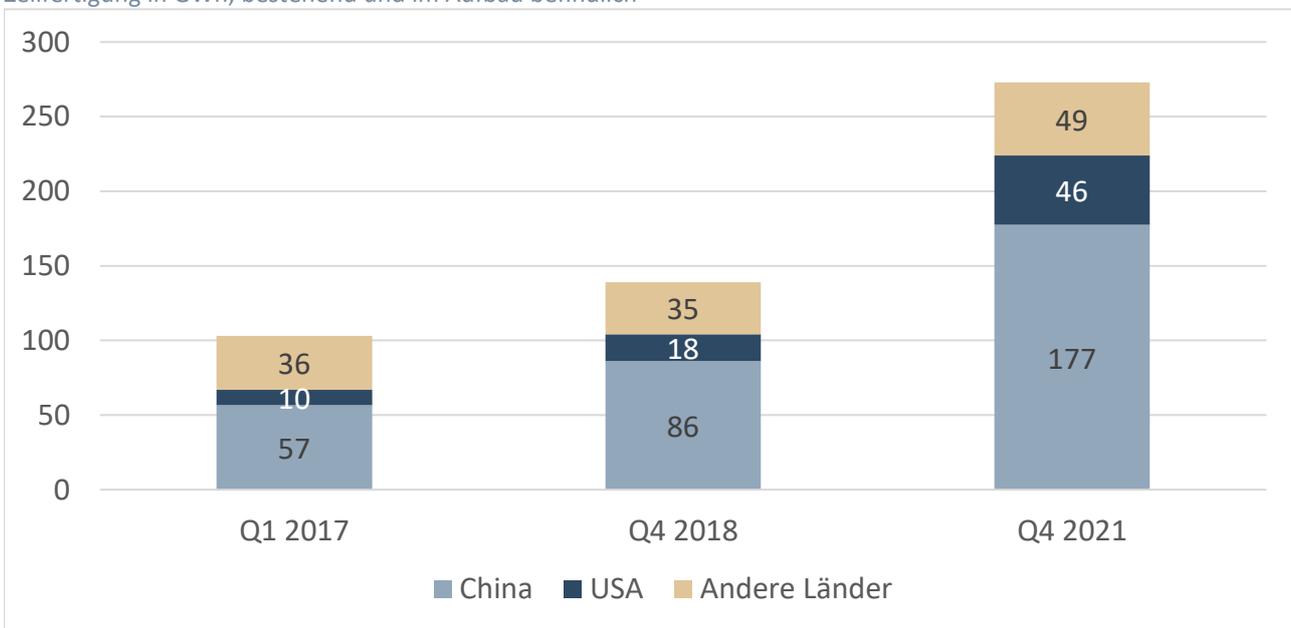
Neben der Frage der Hybridquote wird in Tabelle 6-1 noch auf einen weiteren wichtigen Punkt hingewiesen, und das ist die Frage nach der künftigen Abdeckung der automobilen Wertschöpfungskette in Europa. Tatsächlich ist die Lage heute so, dass ein ganz wesentlicher Teil der Wertschöpfungskette für künftige Fahrzeugbatterien heute nicht in Europa lokalisiert ist. Die Rede ist von der Fertigung der Batteriezellen, also den Bausteinen, aus denen eine große Fahrzeugbatterie zusammengesaltet wird. Diese Zellfertigung ist heute und auf absehbare Zeit eine asiatische Domäne, wobei China den Löwenanteil der Produktionskapazitäten stellen wird. Zwar ist die Produktion von Batteriezellen eine hoch automatisierte Fertigung – es werden also nur vergleichsweise wenige Arbeitsplätze dort geschaffen – diese weisen aber hohe eine Wertschöpfung auf und sind als qualitativ hochwertig anzusehen. Damit heben sich die Arbeitsplätze von den anderen möglichen Wachstumsbereichen, wie etwa den Dienstleistungen um das Elektrofahrzeug, etwas ab und die Kontrolle über die komplette Wertschöpfungskette wird gerade von Gewerkschaftsseite als relevant bei der Sicherung der Produktion am Standort Europa angesehen.

Tatsächlich sind die Chancen Europas in die Produktion der heutigen Generation von Batteriezellen einzusteigen, aber sehr gering, denn mit dem Wissensvorsprung und den gewaltigen Stückzahlenvorteilen gerade chinesischer Hersteller kann Europa auf absehbare Zeit nicht konkurrieren, wie in Abbildung 6-1 verdeutlicht wird. Hier sind die Planungen für den Bau von Zellfertigungskapazitäten bis zum Jahr 2021 abgetragen. Die Dominanz Chinas bei der etablierten

Zelltechnologie ist augenfällig. Europa spielt hingegen keine Rolle und daran wird sich auch erst einmal nichts ändern. Das unterstreicht, dass Europa erst nach einem Technologiewechsel vom Arbeitsplatzaufbau im Bereich der Batteriezellen profitieren kann und der ist erst nach 2025 zu erwarten. Wenn der Umstieg auf ZEV durch Regulierung über das vom Markt vorgelegte Tempo hinaus beschleunigt wird, steht zu befürchten, dass die Europäer vor allem den Aufbau der chinesischen Kapazitäten finanzieren, wie es bereits bei der Solarzellenproduktion geschehen ist. Da Europa seine bestehende Branche umbauen muss, hat es aus arbeitsmarktpolitischer Sicht eher Interesse daran, einen gleitenden Übergang zu organisieren und keinen disruptiven Prozess zu starten, von dem vor allem China als Marktführer bei zentralen Komponenten der neuen Technologie profitieren würde.

### Abbildung 6-1: China dominiert den Markt für Batteriezellen

Zellfertigung in GWh, bestehend und im Aufbau befindlich



Quelle: Bloomberg Intelligence, 2017

### 6.2 Auswirkungen auf den Kapitalstock

Ein vergleichbares Bild zeigt sich auch, wenn die Auswirkungen von Strukturwandel und dessen regulierungsbedingter Beschleunigung auf den Kapitalstock der Automobilindustrie betrachtet wird. Der bestehende Kapitalstock ist das Ergebnis früherer Investitionsentscheidungen. Er wird mit Investitionen aufgebaut und erhalten, während er durch Abschreibungen kontinuierlich entwertet wird. Ein nicht vorhergesehener Strukturwandel oder dessen regulierungsbedingte Beschleunigung wirken daher wie eine Sonderabschreibung auf den bestehenden Kapitalstock. Um dies auszugleichen, muss der Aufbau eines neuen Kapitalstocks durch Investitionen vorangetrieben werden.

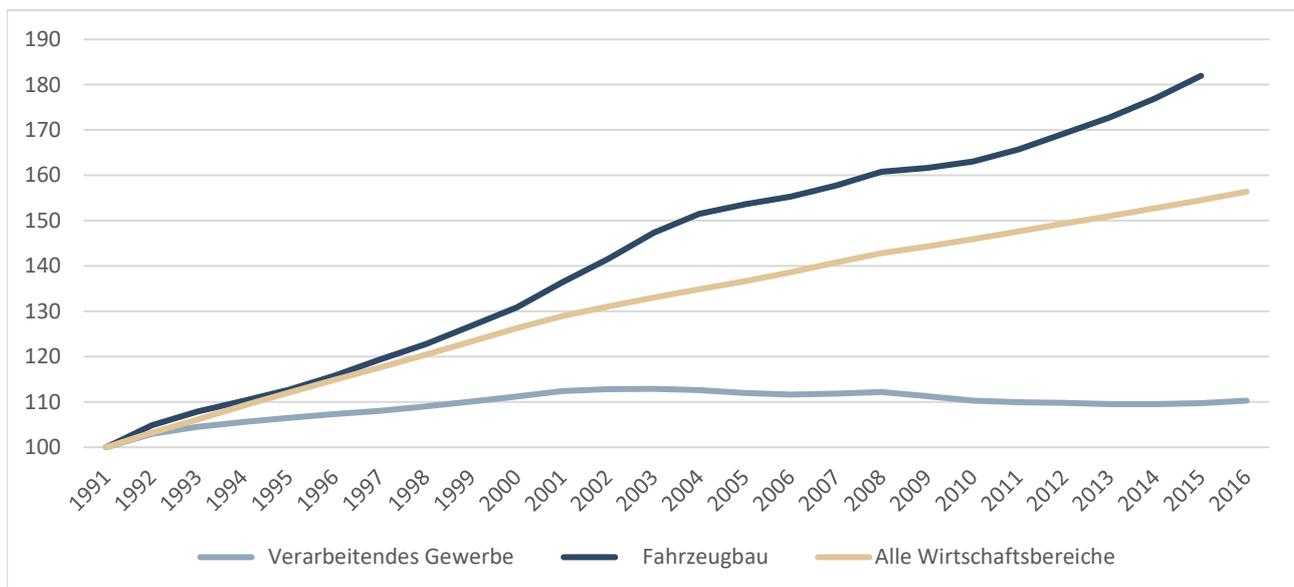
Um den Umbau des bestehenden Kapitalstocks der Automobilindustrie weiterentwickeln zu können, sind in jedem Fall erhebliche Investitionen notwendig, wie im Folgenden am Beispiel

Deutschlands diskutiert werden soll. Laut statistischem Bundesamt beläuft sich das Bruttoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen des Fahrzeugbaus in Form von Anlagen auf etwa 362 Milliarden Euro. Hinzu kommen noch einmal 150 Milliarden Euro in Form von Ausrüstungen (Statistisches Bundesamt, 2018). Das ist nicht ganz ein Viertel dessen, was im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt verzeichnet wurde. Das deutet bereits an, wie wichtig die Autoindustrie für den Standort Deutschland ist und welche Summen bereits ein partieller Umbau des Kapitalstocks erfordern wird.

Die zentrale Bedeutung dieses Kapitalstocks für die deutsche Wirtschaft wird jedoch noch deutlicher, wenn man die in Abbildung 6-2 dargestellte zeitliche Entwicklung des Kapitalstocks verschiedener Wirtschaftszweige betrachtet. Der Fahrzeugbau hat seinen Kapitalstock seit der Wiedervereinigung um 82 Prozent gesteigert und damit dafür gesorgt, dass der Kapitalstock des verarbeitenden Gewerbes überhaupt gewachsen ist. Die Nettoanlageinvestitionen der Automobilindustrie in Deutschland übertrafen von 1995 bis 2006 sowie seit 2009 die Nettoanlageinvestitionen aller anderen Industriebranchen zusammen. Ohne den Fahrzeugbau hätten wir hier einen Rückgang zu verzeichnen. Der Fahrzeugbau war und ist also der Investitionsmotor in Deutschland. Ein vergleichbares Bild ließe sich auch für einige osteuropäische EU Länder zeichnen. Sowohl in Tschechien, als auch in der Slowakei oder Ungarn stellt die Automobilindustrie die industriellen Leuchttürme. Der durch den anstehenden Strukturwandel notwendige partielle Umbau dieses Kapitalstocks kann sich spürbar auf die wirtschaftliche Entwicklung der Länder mit starkem Automobilanteil an der Wirtschaftsleistung auswirken. In welchem Ausmaß diese Entwicklung zum Problem wird, dürfte ganz wesentlich von dem Tempo abhängen, mit dem der Strukturwandel vorangetrieben wird und wie er refinanziert wird.

## Abbildung 6-2: Bruttoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen in Deutschland

Kettenindex - 1991 = 100



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2018

### 6.3 Auswirkungen auf die Innovationslandschaft

Die Kapitalstockbetrachtung deckt den Investitionsbedarf aus klassischer Sicht ab. Der Fokus liegt auf physisch greifbaren Investitionen in Anlagen und Ausrüstungen. Mit Blick auf den Trend hin zu einer wissensbasierten Volkswirtschaft wird aber klar, dass diese beschränkte Sichtweise vielleicht nicht mehr zeitgemäß ist. Neben dem physischen Kapitalstock verfügen die Unternehmen auch noch über einen nicht greifbaren Kapitalstock in Form von technischem Wissen, Ausbildungsgrad der Mitarbeiter oder etwa dem Wert ihrer Marken. Dieser intangible Kapitalstock wird von der offiziellen Statistik nur zu kleineren Teilen erfasst, hat aber eine ständig wachsende Bedeutung für die Unternehmen und ihre Investitionen verschieben sich immer stärker in diesen Bereich. Allein in Deutschland investierten Unternehmen im Jahr 2015 bereits über 200 Milliarden Euro in wissensbasiertes Kapital, welches dann die Produktivität der Unternehmen messbar erhöht (Beitz/Le Mouel/Schiersch, 2018). Das unterstreicht, dass die Auswirkungen des anstehenden Transformationsprozesses der Automobilindustrie auf das akkumulierte Wissenskapital ebenfalls von großer Bedeutung sind, auch wenn eine Quantifizierung mangels statistischer Daten nicht möglich ist.

Der intangible Kapitalstock ist im Prinzip den gleichen Effekten ausgesetzt wie sein klassisches Pendant. Der anstehende Technologiewandel hin zu elektrifizierten Antriebssträngen entwertet den Wissensstand, den die europäischen Autobauer in den vergangenen Jahrzehnten in Bezug auf Verbrennungstechnologie und Abgasreinigung aufgebaut haben. Zudem werden die zugehörigen Qualifikationen der Belegschaften ebenfalls Gegenstand von Abschreibungen. Das betrifft insbesondere Spezialqualifikationen im Bereich der Metallverarbeitung, die für die Herstellung von Hochleistungsmotoren und -getrieben erforderlich sind. Aber auch die für Forschung und Entwicklung notwendigen Qualifikationen verschieben sich. Software-, Chemie- und Elektrotechnikqualifikationen gewinnen an Bedeutung, während der Wert des Ingenieurwissens bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren an Wert verliert. Tatsächlich stellt der Qualifikationswandel in den Entwicklungsabteilungen das aktuellere Problem dar, denn die F&E-Budgets müssen in Richtung Elektrifizierung umgeschichtet werden und das erfordert neues Personal. Dieser Trend trifft eine Branche, die bereits sehr hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung tätigt. Einer aktuellen Studie zufolge investieren Automobilhersteller in nur vier Jahren ihren gesamten Unternehmenswert in Innovationsbudgets. Die Telekommunikationsbranche braucht dafür zehn Jahre (Buss/Berking, 2018). Diese Quote wird sich weiter erhöhen, da der Strukturwandel von den etablierten Herstellern den Aufbau eines neuen Wissenskapitals verlangt. Dieser Trend zeigt sich inzwischen auch an den Patentleistungen der europäischen Automobilindustrie, die sich in Richtung elektrisches Fahren verschiebt. So wurden im Jahr 2016 bereits 23 Prozent der Patente der Autoindustrie in diesem Bereich gewährt. Einen größeren Anteil hatten nur Sicherheitsinnovationen mit 25 Prozent. Das zeigt, dass der Strukturwandel bereits im Gange ist, auch wenn er sich noch nicht prominent auf den Straßen zeigt.

### 6.4 Die Risiken eines regulierungsgetriebenen Transformationsprozesses

Arbeitsplatzangebot, Kapitalstock und Wissensbestand der Automobilindustrie stehen vor einer marktgetriebenen Transformation im Sinne der „schöpferischen Zerstörung“ nach Schumpeter. Dieser Prozess gehört zu einem marktwirtschaftlichen System dazu, auch wenn er großen Stress

auf die betroffene Branche ausübt. Als problematisch ist an dieser Stelle anzusehen, dass den hohen Ausgaben für Innovation und neue Anlagen für elektrifizierte Antriebsstränge noch kein adäquater Markt gegenübersteht, der die Ausgaben refinanzieren würde (Kaul/Hagedorn, 2016). Daraus folgt, dass die Margen aus dem Geschäft mit konventionellen Fahrzeugen die Investitionen in den Hochlauf des Marktes für Elektrofahrzeuge querfinanzieren müssen. Für einen eigenfinanzierten Markthochlauf sind die Kostennachteile von Elektrofahrzeugen derzeit noch zu groß und ohne eine Querfinanzierung aus dem laufenden Geschäft werden sich der Markthochlauf und damit auch die erwartete Stückkostendegression deutlich verzögern.

Einen Ausweg aus diesem Dilemma haben einige Konkurrenten der europäischen Autobauer bereits gefunden. Tesla lässt sich die Verluste im laufenden Geschäft bislang von der Börse bezahlen, finanziert den Markthochlauf also mit Versprechen auf zukünftige Erträge. In China nehmen Regionalregierungen die Masse der hergestellten ZEV ab. Hier springt der Staat als zahlungsbereiter Kunde ein, weil er damit ein klares industriepolitisches Ziel verfolgt. Die Volksrepublik sieht hier die Chance, bei einer globalen Schlüsselindustrie das alte Motto „Überholen ohne einzuholen“ umzusetzen, indem der Wissensvorsprung der westlichen Konkurrenten durch einen kompletten Wechsel der Antriebstechnologie entwertet wird. Die chinesische Regierung tut ihr Möglichstes, um ihren Herstellern einen Vorsprung bei der heutigen Batterietechnik zu verschaffen. Das beginnt beim Auftreten des Staates als fast sicherer Kunde für die chinesischen ZEV und endet bei einer strategischen Rohstoffpolitik, mit der sich die Volkspolitik wichtige Teile der Batteriewertschöpfungskette sichert. China hat sich damit in Position gebracht, um von jedem First Mover im Westen mitzuprofitieren und sich darüber Teile des eigenen Kapazitätsaufbaus im Bereich der Batteriezellfertigung mitfinanzieren zu lassen. Eine drastische Beschleunigung des Strukturwandels durch die europäische Politik würde diesem Vorhaben genau in die Hände spielen, da Europa dann einen größeren Anteil an den Kosten des Kapazitätsaufbaus in China übernehmen würde.

Der Strukturwandel hin zur Elektromobilität hat diverse Treiber. Die Endlichkeit fossiler Rohstoffe, die Bedürfnisse des Kunden der Zukunft - der am ehesten in einer asiatischen Megacity wohnen wird - oder neue Unternehmen wie Tesla haben hier einen Rahmen gesetzt, der den Markt in diese Richtung drängt. Da der marktgetriebene Strukturwandel in der Automobilindustrie allen Prognosen zufolge nicht ausreichen wird, um die europäischen Klimaziele zu erfüllen, wird Europa aber nicht um eine regulierungsgetriebene Beschleunigung des Strukturwandels herumkommen. Hierzu muss den europäischen Bürgern aber bewusst (gemacht) werden, dass das Ausmaß der Beschleunigung darüber entscheiden wird, welchen Preis Europa in Form von Industriearbeitsplätzen, Kapitalstockabschreibungen oder Verlusten an Wettbewerbsfähigkeit zu zahlen haben wird. Mit dem Prozess ist das Risiko einer Überregulierung verbunden, welche zusätzlich noch zu einem ineffizienten Klimaschutz führen würde. Diese Gefahr besteht insbesondere dann, wenn die EU ihrem Konzept der strikt sektorbezogenen Angebotsregulierung treu bleibt. Wenn die Vernetzung mit dem Stromsektor und die Erwartungen des Autokäufers bei der Regulierung nicht in ausreichendem Maße mitgedacht werden, besteht die Gefahr, dass es zu einer rein regulierungsgetriebenen Angebotspolitik kommt. Insbesondere eine massive Beschleunigung des Strukturwandels hin zum Elektroauto, ohne dass die entsprechenden Rahmenbedingungen geschaffen wurden, verspricht negative Rückkopplungen, denn dann wird die Nachfrageseite die regulierungskonformen Produkte nicht abnehmen. Im konkreten Fall der

elektrischen Antriebsstränge bedeutet das, dass auch bei besonders scharfen Grenzwerten ohne öffentliches Ladenetz keine Nachfrage nach Elektroautos aufkommt. Für die Hersteller bedeutet das hohe Investitionen in einen nicht existierenden Markt und damit finanzielle Verluste. Für den Regulierer besteht die unerwünschte Folge in einer Verlangsamung der Erneuerungsrate der Fahrzeugflotte und daraus folgen höhere Gesamtemissionen aus dem Straßenverkehr über Jahre hinweg.

Ein augenfälliges Problem einer übertriebenen Beschleunigung liegt darin, dass die Regulierung die Margen des konventionellen Geschäfts durch hohe Technologiekosten kanibalisiert. Ohne die Margen dieses Geschäfts können die Unternehmen aber den Strukturwandel nicht mehr eigenständig finanzieren. Dies kann den gewünschten Prozess zu mehr Klimaschutz im Straßenverkehr sogar spürbar verlangsamen, beispielsweise wenn Innovationsbudgets umgeschichtet werden, um regulierungskonforme Ergebnisse zu erzeugen. Effiziente Off-Cycle-Technologien, die zwar nicht im Testverfahren, aber dafür im Realbetrieb wirken, könnten die ersten Opfer einer solchen Neuausrichtung sein. Dies wäre unproblematisch im Sinne der Grenzwertregulierung, aber kontraproduktiv im Sinne der Klimapolitik. Regulierer sind zudem nur selten in der Lage, die Wünsche der Kunden und ihre Zahlungsbereitschaft ex ante abzuschätzen. Daher kann eine Überregulierung des Angebots den gesamten Transformationsprozess behindern, wenn er Produkte erzwingt, für die keine adäquate Zahlungsbereitschaft besteht. In diesem Fall kann man von einer regulierungsgetriebenen Innovationssteuerung sprechen, welche auf Features setzt, die am Markt kaum oder gar nicht nachgefragt werden. Ein Absatzproblem wäre in diesem Fall kaum zu vermeiden und die Ersatzrate in der Fahrzeugflotte würde fallen. Diesem Problem könnte der Staat mit Subventionen entgegenwirken. Norwegen ist das Paradebeispiel für diesen Ansatz. Dort erreichen Elektrofahrzeuge schon heute einen Marktanteil von etwa 40 Prozent. Allerdings werden Elektroautos in Norwegen über Steuernachlässe im Gegenwert eines fünfstelligen Eurobetrags gefördert und wegen der Verbreitung elektrischer Standheizungen gab es dort schon seit Langem viele Steckdosen an Parkplätzen.

Dies sorgt auch für Risiken für die Transformation des tangiblen Kapitalstockes. Zu beachten ist, dass Investitionsentscheidungen Langläufer sind, die sich an den langfristigen Absatz- und Gewinnerwartungen der Unternehmen orientieren (Kaul/Hagedorn, 2016). Wenn die Erwartungen durch Technologiesprünge oder Regulierung verändert werden, müssen Wertberichtigungen vorgenommen und neue Investitionen in einen angepassten Kapitalstock getätigt werden, wobei der Umfang der Anpassungen von der Schärfe der Veränderung abhängt. Auch diese Investitionen müssen allerdings idealerweise über den Markt finanziert werden, dessen Aufnahmefähigkeit bei regulierungsgetriebenen Investitionen infrage gestellt ist.

Im Falle der anstehenden CO<sub>2</sub>-Regulierung für Pkw wird beispielsweise die Zukunftsfähigkeit des Hybridkonzepts über den Anpassungsbedarf des Kapitalstocks entscheiden. Dort dürfte auch ein Schlüssel für die zu erwartenden Arbeitsplatzeffekte liegen. Da der europäische Markt kaum wachsen wird und Exporte auch eher zurückgehen dürften, wird allein schon der zu erwartende Produktivitätsfortschritt Druck auf die Arbeitsplätze in der Fertigung ausüben. Dabei ist zu betonen, dass der prognostizierte Rückgang auf bestimmte Professionen und Regionen konzentriert sein wird. Zudem kommt genau an dieser Stelle die Frage der Regulierung ins Spiel. Hybride werden im Zeitablauf an Bedeutung verlieren, wenn die ZEV durch fallende Preise (Kap.

7.1) und die Schaffung der notwendigen Versorgungsinfrastrukturen marktfähiger werden. Solange diese Rahmenbedingungen nicht erfüllt sind und sich die Nachfrage am Markt in Grenzen hält, stellen Hybride aber eine vergleichsweise kostengünstige Vermeidungsoption dar. Sie senken die Emissionen gerade im Stadtverkehr, bieten praktisch den gleichen Mobilitätsnutzen wie konventionelle Fahrzeuge und benötigen keine neue Versorgungsinfrastruktur. Die Mehrkosten in der Anschaffung hängen daran, wie groß die Batterie ausgelegt ist. In Summe kombinieren Hybride die Vorteile beider Systeme zu vergleichsweise geringen Kosten. Aber wie jedes Mischprodukt erreichen sie die Einzelziele weniger effektiv als die spezialisierten Produkte. Dafür federn sie die Transformationskosten ab. Wenn die Regulierung aber so streng wird, dass Hybride keinen kostenadäquaten Beitrag leisten können, werden sie aus dem Markt genommen. Dadurch können die Hersteller Kosten bei Entwicklung und Produktion einsparen, die Produktionsprozesse vereinfacht und bei Umstellung auf ZEV Compliance mit den Regulierungszielen hergestellt werden. Die Gegenbuchung erfolgt dann in Form von regional konzentrierten Arbeitsplatzverlusten. Das gilt insbesondere für die jetzt anstehende Periode des Markthochlaufs von ZEV, denn zum einen wird es schwierig werden, die bestehenden Belegschaften umzuqualifizieren und zum anderen wird Europa kaum in der Lage sein, die aktuelle Lücke in der elektrischen Wertschöpfungskette durch den Aufbau einer Zellfertigung zu kompensieren solange die aktuelle Lithium-Ionen Technologie noch dominiert.

Am Ende ist festzuhalten, dass die Risiken der Überregulierung mit dem Ambitionsniveau des Regulierers verbunden sind. Zwischen beiden Punkten liegt eine enge Korrelation vor, was dazu führt, dass hohe Ambitionen oftmals auch einen hohen Preis einfordern. Daher ist es angebracht, vor Regulierungsschritten ein umfassendes Impact Assessment durchzuführen und das vielversprechendste Szenario zu verfolgen.

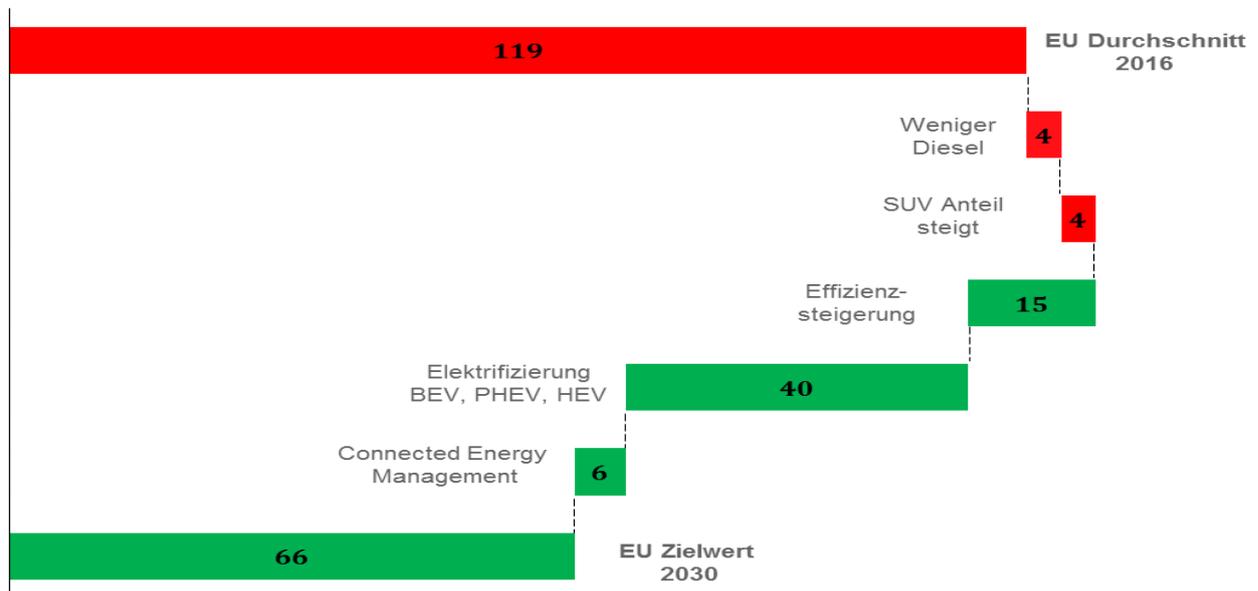
## **7 Notwendige Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Strukturwandel in der Automobilindustrie**

Der Schlüssel für den weiteren Fortschritt bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen ist der Hochlauf des Marktes für alle Formen der Elektromobilität. Am Ende stellt nur der Wechsel zum Primärenergieträger Strom – egal ob dieser in Batterien gespeichert oder in Form von Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen in die Fahrzeuge gelangt – eine Dekarbonisierungsoption für den Straßenverkehr dar. Ohne den Markthochlauf werden auch die Ziele der Kommission nicht umsetzbar sein, wie in Abbildung 7-1 illustriert wird. Dort ist eine Verteilung von Reduktionsbeiträgen skizziert, welche verschiedene Technologien nach Ansichten eines großen Zulieferers zur Erreichung des Kommissionsvorschlags leisten müssten.

Die Erwartung ist klar. Den Löwenanteil werden verschiedene Stufen der Elektrifizierung des Antriebsstranges leisten müssen, also Hybride, PHEV und ZEV, wobei letztere vor allem am Ende des Betrachtungszeitraumes immer wichtiger werden. Die Fortentwicklung konventioneller Antriebsstränge bleibt dennoch im kommenden Jahrzehnt eine Kernaufgabe, kann aber nur einen relativ geringeren Beitrag leisten, da man hier beginnt, an physikalische Grenzen zu stoßen.

## Abbildung 7-1: CO<sub>2</sub> Reduktion im Pkw bis 2030 – Elektrifizierung muss es richten

Angaben in Gramm pro Kilometer



Quelle: Continental, 2018

Um das Kommissionsziel von minus 30 Prozent zu erreichen oder gar zu übertreffen, ist es also notwendig, dass der Markt für BEV und PHEV spätestens ab 2025 deutlich wächst. Das ist weniger eine Frage der Angebotsentwicklung – im Jahr 2025 sollen 50 Prozent der meistverkauften Modelle als BEV/PHEV am Markt sein – als eine der Nachfrage und bislang sind die Kunden nur durch erhebliche Subventionen, wie sie etwa in Norwegen gewährt werden, dazu bereit, im größeren Umfang auf diese Fahrzeuge umzusteigen. Der Grund hierfür liegt darin, dass der Markthochlauf von Elektrofahrzeugen nicht ausschließlich angebotsseitig passieren kann, sondern auf bestimmte Rahmenbedingungen angewiesen ist, welche die Akzeptanz des Produktes und damit die Zahlungsbereitschaft am Markt entscheidend beeinflussen.

Wenn die aus klimapolitischer Sicht gewünschten Szenarien Realität werden sollen, muss sich die Politik viel stärker als bisher auf die Bedürfnisse der Nachfrageseite konzentrieren. Hierzu ist es notwendig, den bisherigen Instrumentenkasten neu zu gewichten. Die strikt sektorale Angebotsregulierung sollte ihren Status als Leitinstrument verlieren. Zudem müssen die Bedürfnisse der Nachfrageseite mehr beachtet werden. Regulierungskonforme Produkte müssen im Nutzen-Kosten-Kalkül der Kunden künftig genauso gut abschneiden, wie konventionelle Fahrzeuge. Ist das nicht gegeben, wird der benötigte Absatz nicht aufkommen. Dabei sind drei Aspekte zu beachten, welche großen Einfluss auf die Nutzen-Kosten-Relation von BEV haben werden: Die Anschaffungs- und Betriebskosten, die Bedarfsgerechtigkeit der mit BEV erzielbaren Fahrleistungen (Reichweiten) und als entscheidender Faktor das Vorhandensein einer öffentlichen Ladeinfrastruktur. Diese Faktoren so zu entwickeln, dass ein für BEV günstiges Nutzen-Kosten-Verhältnis entsteht, sollte das künftige Hauptziel der Regulierung sein. Dafür ist es nötig, über den sektoralen Tellerrand hinauszuschauen und die energetische Kopplung des Straßenverkehrs mit

dem Stromsektor regulativ voranzutreiben. Die Hauptstoßrichtung sollte auf eine möglichst reibungslose Sektorenkopplung zwischen Verkehrs- und Stromsektor zielen. Wenn diese gelingt, besteht durchaus die Chance, dass der Markt den Wechsel hin zu ZEV schneller vorantreiben wird, als es die Regulierung verlangt.

## 7.1 Anschaffungs- und Betriebskosten von Elektroautos

Ein gewichtiges Wort beim Markthochlauf von Elektrofahrzeugen wird die Kostenseite mitsprechen. Zurzeit sind Elektroautos im Lebenszyklus, aber insbesondere in der Anschaffung, deutlich teurer als konventionelle Modelle. Schon heute sind Elektrofahrzeuge im Betrieb günstiger als reine Verbrenner. Bei einem durchschnittlichen BEV kann man in etwa mit einer Fahrleistung von sechs Kilometern pro verbrauchter Kilowattstunde kalkulieren. Das entspricht dann rund 17 kWh/km. Bei einem Strompreis von 30 Cent/kWh entstünden dann Kraftstoffkosten von ungefähr 5,10 € auf 100 Kilometer. Darin enthalten wären etwa 35 Cent Stromsteuer, die an den Fiskus fließen. Dieser Preis ist aber nur beim Laden an der eigenen Steckdose zu erreichen. Bei öffentlichen Ladepunkten, sind derzeit Aufschläge zwischen 50 und 100 Prozent üblich (Licht-Blick, 2017). Vergleicht man dies mit den Kosten eines effizienten Benziners mit einem Verbrauch von fünf Litern auf 100 Kilometern, zeigen sich Betriebskostenvorteile bei Nutzung von Haushaltsstrom. Der durchschnittliche Preis pro Liter E5-Benzin lag 2018 bislang bei 1,41 Euro. Das entspricht Kraftstoffkosten von 7,05 Euro auf 100 Kilometer, wovon 3,28 Euro als Energiesteuer in den Bundeshaushalt fließen. Die Kraftstoffkostenbetrachtung zeigt Vorteile für das BEV, wenn es den Ladestrom zum Haushaltspreis bezieht. Zudem sind wegen der geringeren Zahl an Verschleißteilen die Wartungskosten eines BEV niedriger. Dafür ist der elektrische Antriebsstrang in der Anschaffung sehr teuer. Ein im Volumensegment eingesetzter elektrischer Antriebsstrang kostet etwa 1,5-mal so viel wie ein konventionelles Vergleichsprodukt (Buss/Berking, 2018, 53). Vergleicht man die Betriebskosten von BEVs mit den effizientesten Verbrennern ist der Unterschied aber nicht mehr so groß, als dass ein Kunde die Anschaffungsmehrkosten mit normalen Fahrleistungen ausgleichen könnte. Dies wäre nur bei sehr hohen Fahrleistungen der Fall, die aber durch die eingeschränkte Reichweite der heute gängigen BEV nur erschwert erreicht werden können. Ferner zeigt sich, dass der Fiskus deutliche Einnahmeverluste zu erwarten hat, wenn der Verkehr auf Strom umstellt. Die genannten Probleme können aber durch PHEV gemildert werden, die über beide Antriebssysteme verfügen, dementsprechend aber auch sehr komplexe Produkte sind. PHEV stellen aber keine Lösung für die Kostenfrage dar. Das zeigt, dass die Anschaffungskosten sinken müssten, damit sich ein BEV für größere Kundengruppen rechnet. Das gilt umso mehr, wenn man die Entwicklung der Zahlungsbereitschaft der Nachfrageseite analysiert. Die Zahlungsbereitschaft wird typischerweise vom Einkommen und den Produkteigenschaften – sprich welchen Nutzen sie dem Käufer bieten – bestimmt. Aber obwohl die modernen Fahrzeuge immer mehr nützliche Features, etwa bei der Sicherheit oder im Komfortbereich bieten, schlägt sich das kaum mehr in der Zahlungsbereitschaft der Kunden nieder. Tatsächlich ist der Anteil der Ausgaben für Autos an den Haushaltsausgaben in vielen westlichen Ländern seit Jahren konstant. Soll heißen, die Kunden sind kaum bereit, für technisch verbesserte Produkte auch mehr zu bezahlen. Neue Studien sagen, dass lediglich 20 Prozent der Autokäufer in Europa derzeit bereit sind, 500 Euro zusätzlich für einen elektrischen Antriebsstrang auszugeben (Buss/Berking, 2018). Das zeigt, wie weit der Weg an dieser Stelle noch ist, um den Markt wirklich zur Abnahme von BEV zu bewegen.

Tatsächlich gehen alle gängigen Studien (beispielsweise Ricardo, 2018; UBS, 2017; Bloomberg, 2017) auch von erheblichen Kostenreduktionen aus. Dieser Trend stellt jedoch eine Wette auf die künftige Batterietechnik dar, ist also wahrscheinlich, aber nicht sicher. Dennoch ist mittelfristig von einer Änderung in der Kostenproblematik auszugehen. In den genannten Studien wird davon ausgegangen, dass die Total Costs of Ownership (TCO) eines Elektroautos ab etwa 2025 geringer sein werden als die eines reinen Verbrenners. Das bedeutet aber noch keinen Durchbruch für die Kostenproblematik, da kaum ein Fahrzeug über seinen Lebenszyklus in nur einer Hand bleibt. Aufgrund von Wertverlusten muss der Neuwagenkäufer einen überproportionalen Teil der Anschaffungsmehrkosten tragen und der Gebrauchtwagenwert eines Elektroautos wird sich sehr stark daran orientieren, ob es auch für einen Laternenparker nutzbar ist, womit sich wieder die Frage nach der öffentlichen Ladeinfrastruktur stellt. Wenn das Elektroauto im Nutzen-Kosten-Kalkül des Erstnutzers überlegen ist, wird sich die Nachfrageseite auch wirklich auf den anstehenden Strukturwandel einlassen und das auch durch die Regulierung veränderte Angebot akzeptieren.

Norwegen fördert die Akzeptanz durch Steuernachlässe, in China tritt der Staat als „anspruchloser“ Nachfrager auf und fördert dadurch die Stückkostendegression von Elektroautos. Nachdem es keine europäische Zellfertigung gibt und China als Trittbrettfahrer der Solarförderung in Europa massiv profitiert hat, sollte sich Europa an dieser Stelle zurückhalten und sein Augenmerk mehr auf andere Aspekte richten, mit denen Akzeptanz auf der Nachfrageseite erzielt werden kann.

## 7.2 Eine Wette auf die Batterietechnik

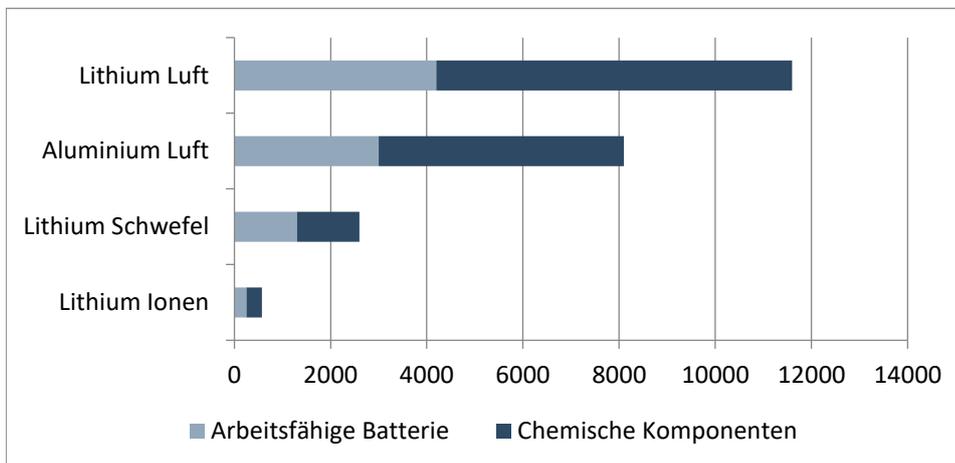
Ein wesentlicher Punkt für die künftige Akzeptanz von ZEV ist die Weiterentwicklung der Speichertechnologie. Klar ist, dass der Wechsel auf den Primärenergieträger Strom künftig erfolgen muss. Sowohl die klimapolitischen Vorgaben, als auch die Endlichkeit fossiler Rohstoffe erzwingen langfristig den kompletten Wechsel. Damit ist aber noch nicht determiniert, wie der Strom im Fahrzeug gespeichert und in Traktion umgewandelt wird. Hier bieten sich verschiedene Modelle an. Die Spanne der Speicherformen reicht von der Batterie über Wasserstoff bis hin zu synthetischen Kraftstoffen. Als Energiewandler kommen Elektromotoren, Brennstoffzellen und Verbrennungsmotoren infrage. Aus heutiger Sicht spricht vieles dafür, dass alle diese Optionen in Zukunft genutzt werden. Die Ära eines dominanten Antriebssystems dürfte dem Ende entgegen gehen und durch die Ära der maßgeschneiderten Lösungen ersetzt werden.

Im Pkw-Bereich wird aber damit gerechnet, dass BEV die größten Marktanteile erobern werden. Laut den gängigen Prognosen sollen sie im nächsten Jahrzehnt in den Massenmarkt eintreten und auch alle Klimaszenarien basieren auf dieser Erwartung. Das wird aber nur geschehen, wenn sich die Batterietechnik sichtbar weiterentwickelt. Zum einen müssen die Kosten pro kWh Speicher in der Anschaffung so weit sinken, dass die Anschaffungsmehrkosten gegenüber den Verbrennern massiv sinken. Zum anderen ist es erforderlich, die volumen- und gewichtsspezifische Energiedichte der Batterien deutlich zu steigern. In der mobilen Anwendung mit ihrem begrenzten Bauraum und dem Zwang, jedes Kilo unter zusätzlichem Energieaufwand mitbewegen zu müssen, ist das der entscheidende Parameter für einen Energiespeicher.

Die Weiterentwicklungsmöglichkeiten der heutigen Lithium-Ionen-Batterien sind aber beschränkt. Heutige Batterien erreichen eine Energiedichte von etwa 140 Wh/kg, sie lässt sich theoretisch noch fast verdoppeln. Die theoretische Speicherkapazität von Zellen und Batteriesystemen ist durch die vorhandene Chemie vorgegeben. Wie Abbildung 7-2 zeigt, gibt es aber alternative Batteriekonzepte, die deutlich höhere Energiedichten erreichen können. Die Lithium-Luft-Batterie erreicht sogar Äquivalenz zum Diesel. Hierbei handelt es sich aber um experimentelle Konzepte, die noch sehr weit von jeder Marktreife entfernt sind (Puls/Heymann/Koppel, 2012). Dennoch zeichnet sich ein Technologiewechsel in der Batterietechnik für das nächste Jahrzehnt ab, vermutlich hin zu Feststoffzellen.

## Abbildung 7-2: Theoretisches Potential von Batteriekonzepten

Theoretisch erreichbare Energiedichten in Wh/kg



Quelle: Service, 2011

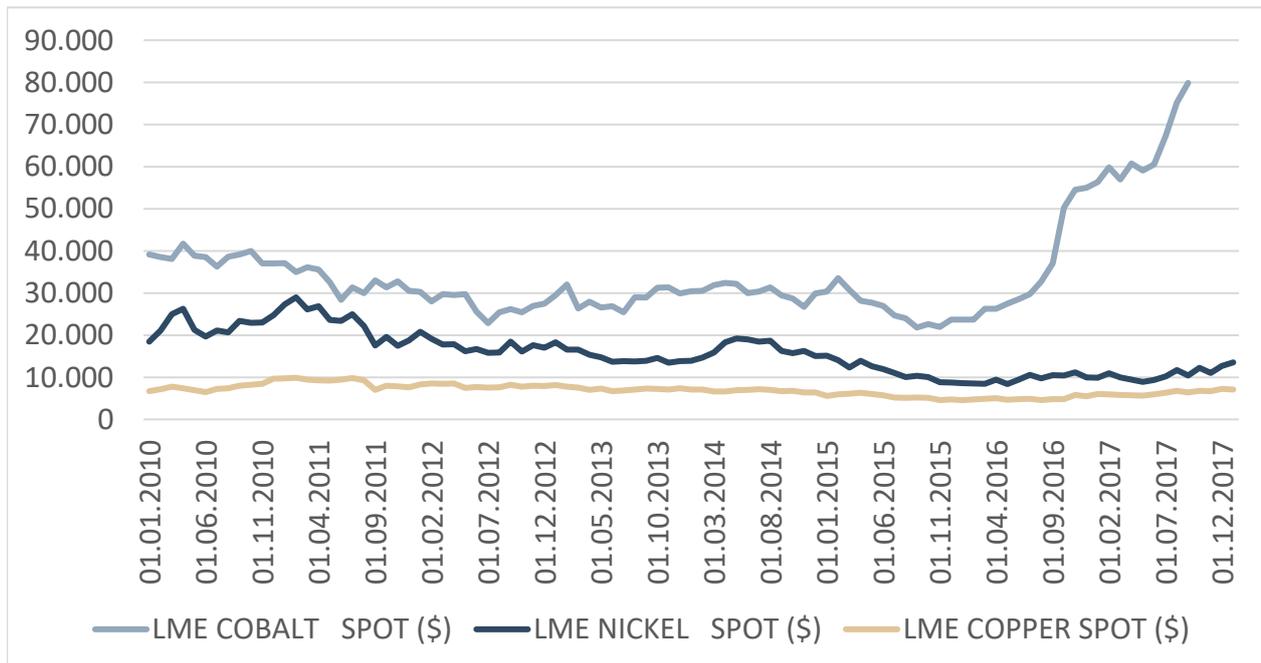
Hierin liegt die Chance, die Reichweiten der BEV wesentlich näher an die Anforderungen der Nachfrageseite heranzubringen und damit die Akzeptanz für BEV zu steigern. Zudem eröffnet ein Technologiewechsel für Europa eine sehr viel reellere Chance, in die Zellfertigung einzusteigen und damit die heutige Lücke in der Wertschöpfungskette zu schließen. Europa sollte daher einen Fokus darauf legen, die Speicher der nächsten Generation zu entwickeln. Hier kann öffentliche Förderung einen größeren Beitrag leisten, als bei dem Versuch, eine Fertigung unter Nutzung der bestehenden Technologie in Europa zu etablieren.

Neben dem Technologiewechsel enthalten die gängigen Studien (Ricardo, 2018, Buss/Berking, 2018) auch eine Wette auf die Stückkostendegression bei Batterien. Diese soll dazu beitragen, dass die Batteriekosten und damit die Anschaffungsmehrkosten von BEV bis 2030 drastisch fallen sollen. Je nach Studie wird prognostiziert, dass die sich Kosten pro kWh Speicher halbieren oder gar dritteln. Wenn das geschieht, wären die Anschaffungsmehrkosten wohl nivelliert. Die Annahme ist in Bezug auf die bestehende Technologie aber ziemlich ambitioniert. Auch wenn eine Stückkostendegression in Anbetracht der in Abbildung 6-1 dokumentierten Zuwächse an Produktionskapazitäten ziemlich wahrscheinlich erscheint, ist doch auch festzuhalten, dass Rohstoffkosten bereits heute den Löwenanteil der Fertigungskosten für Lithium-Ionen-Zellen ausmachen. Und die Preisentwicklung der wichtigsten Rohstoffe zur Fertigung dieser Zellen kennt

seit einiger Zeit nur noch den Weg nach oben. Das gilt insbesondere für Lithium und Kobalt. Kobalt ist dabei der sehr viel kritischere Rohstoff. Zwar ist Kobalt nicht unbedingt in der Zellchemie erforderlich, aber in den Zellen mit der höchsten Energiedichte sind größere Mengen Kobalt verbaut. Beim Kobalt besteht aber nicht nur ein Preis-, sondern auch ein Mengenproblem, was dazu führen kann, dass Kobalt ein Engpassfaktor bei der Verbreitung von BEV werden kann. Kobalt wird nämlich praktisch nie gezielt in Minen gefördert. Gut 98 Prozent der Weltproduktion sind ein Nebenprodukt der Förderung von Kupfer und Nickel. Die Preise dieser beiden Rohstoffe sind also für das Kobaltangebot von größter Bedeutung und wie Abbildung 7-3 zeigt, laufen die Kupfer- und Nickelpreise nicht so, dass mit dem Aufschluss neuer Minen zu rechnen wäre. Erwähnenswert ist an dieser Stelle auch, dass die Volksrepublik China inzwischen die Masse der globalen Kobaltförderung kontrolliert. Das gilt für entsprechende Minen, aber auch für die Anlagen, in denen Kobalt von den anderen Erzen separiert wird. Der letzte große Zukauf war eine der größten Kobaltmöhlen der Welt, die im finnischen Kokkola steht. Wenn die EU tätig werden will, sollte sie versuchen, zumindest Teile der Kobaltverarbeitungskette im Sinne einer strategischen Rohstoffpolitik zu sichern. Ansonsten könnten den europäischen Herstellern die nötigen Rohstoffe ausgehen, wenn sie die Angebotsziele der EU umsetzen sollen.

### Abbildung 7-3: Problemfall Kobalt

Preisentwicklung für wichtige Rohstoffe seit 2010



Quelle: Bloomberg Datenbank

### 7.3 Die Ladeinfrastruktur – die *Conditio sine qua non*

Die Voraussetzung für die Akzeptanz von Elektroautos stellt aber ohne Zweifel die Bereitstellung einer öffentlichen Ladeinfrastruktur dar. Ohne diesen Zugang ist die Nutzung von BEV für erhebliche Teile der Fahrbevölkerung schlicht nicht möglich, da sie über keinen festen Stellplatz verfügen, der mit einem Stromanschluss versehen werden kann. Hierbei sind zwei Aspekte zu

beachten. Zum einen werden in größerer Zahl Schnellladepunkte im öffentlichen Raum benötigt. Geht man von künftigen Fahrzeugbatterien mit einer Speicherkapazität zwischen 50 und 100 kWh aus, so müssten diese öffentlichen Ladepunkte wohl eine Leistung aufweisen, die zwischen 100 und 350 kW liegt. Die konkrete Ausgestaltung hängt vom Standort ab. An Autobahnen müsste die Obergrenze der möglichen Ladeleistung ausgeschöpft werden, um möglichst kurze Ladezeiten zu ermöglichen. Im innenstädtischen Bereich würden auch 100 kW ausreichen, wenn man davon ausgeht, dass diese auch zum Parken und nicht nur zum Laden aufgesucht werden. Es gibt verschiedene Schätzungen darüber, wie viele öffentliche Ladestellen für bestimmte BEV-Bestände notwendig wären. Eine davon (ECF, 2017) sagt, dass es etwa zwei öffentliche Ladepunkte je zehn zugelassen BEV geben müsste. Dazu ein Schnelllader pro 200 Fahrzeugen und etwa 1.300 Schnelllader an den Bundesfernstraßen, wobei gerade Autobahnraststätten wohl eine Vielzahl von 350 kW-Ladern bräuchten, etwa um den Reiseverkehr an Feiertagen versorgen zu können. Dementsprechend müsste ihr Anschluss an das Stromnetz dimensioniert werden.

Die Positionierung und Ladeleistung einer Schnittstelle zum Stromnetz entscheiden nun darüber, welche Kosten mit der Installation verbunden sind. Die Positionierung entscheidet über den Wert des nötigen Grundstücks aber auch darüber, wie gut der Ladepunkt gegen Vandalismus gesichert werden muss. Die Ladeleistung entscheidet darüber, welcher Anschluss an das Netz notwendig wird. Wie groß diese Unterschiede sein können, verdeutlichen die heute gültigen Förderbeträge, die das BMVI für die Installation eines mindestens 12 Stunden am Tag zugänglichen Ladepunktes gewährt. Die aktuellen Fördergrenzen sind in Tabelle 7-1 dargestellt. Aus diesen Fördergrenzen, lassen sich Rückschlüsse auf die heutigen Installationskosten ziehen.

**Tabelle 7-1: Fördergrenzen für öffentliche Ladepunkte in Deutschland**

Art des Ladepunktes	Max. Förderung in Euro	Max. Förderung in Prozent
Normalladepunkt bis 22 kW	3.000	60
Schnelladepunkt bis 100 kW	12.000	60
Schnelladepunkt ab 100 kW	30.000	60
Anschluss Niederspannungsnetz	5.000	60
Anschluss Mittelspannungsnetz	50.000	60

Quelle: BMVI, 2017

Nicht abgedeckt von Förderung sind die Wartungskosten, die bei öffentlichen Ladepunkten bei etwa 1.500 bis 2.500 Euro liegen sollten. Hinzu kommen auch noch die die Kosten, die dadurch entstehen werden, dass das Niederspannungsnetz ertüchtigt werden muss. Um das Problem zu illustrieren, ein einfaches Rechenbeispiel. Wenn in einer Straße mit Einfamilienhäusern zehn Heimstationen mit einer Leistung von 100 kW laufen, dann entspricht das der Leistungsentnahme von 1 MW oder einer kleineren Fabrik. Darauf ist das Netz in Wohngebieten aber in aller Regel nicht ausgelegt und muss ertüchtigt werden, bevor größere Mengen an BEV am Netz sind. Aktuelle Schätzungen sehen durch vermehrte Elektromobilität eine Zunahme von 5,1 GW auf die zu erwartende Spitzenlast des Stromnetzes in Deutschland voraus (Buss/Berking, 2018). Auch hierauf muss das Netz vorbereitet werden. Sollten bidirektionale Ladevorgänge, also die

Nutzung von Fahrzeugen als Pufferspeicher zum Standard gemacht werden, steigt der Anpassungsbedarf des Stromnetzes noch einmal gewaltig.

Das führt zum Kardinalproblem bei der Schaffung einer öffentlichen Ladeinfrastruktur. Diese muss eigentlich geschaffen werden bevor in größerer Menge Elektroautos auf den Straßen sind, weil die BEV sonst für große Bevölkerungsgruppen nicht nutzbar sind, was unter anderem die Tauglichkeit als Gebrauchtwagen senkt und die Ersatzrate in der Flotte stark verlangsamen würde. Das bedeutet aber auch, dass es keinen Markt gibt, welcher die notwendigen Investitionen refinanziert. Tatsächlich ist das Problem an dieser Stelle noch größer, denn nur durch den Verkauf von Kilowattstunden werden sich die Investitionskosten kaum decken lassen. Das gilt selbst bei einem gut ausgelasteten Ladepunkt. Dazu sind die Abgabemengen einfach viel zu gering. Eine 100 kW- Ladestation könnte theoretisch 48 Batterien à 50 kWh am Tag laden, also 2.400 kWh verkaufen. In der Praxis wären 500 kWh Abgabe aber schon ein guter Wert. Das ergäbe 182.500 kWh im Jahr. Allein um die Wartungskosten zu decken, müsste der Betreiber bereits einen Aufschlag von etwa einem Cent in Kauf nehmen. Um betriebswirtschaftlich profitabel zu sein, müsste sich der Aufschlag in ganz anderen Größenordnungen bewegen, auch wenn der Staat stark fördert. Das hätte beispielsweise auch eine soziale Komponente. Besitzer von Garagen würden für ihre Mobilität signifikant weniger bezahlen müssen, als Laternenparker, die tendenziell eine einkommensschwächere Gruppe darstellen. Die Preisdifferenz zwischen Haushaltsstrom und öffentlichem Ladestrom ist heute in der Tat hoch. So zeigten Erhebungen in 2017, dass öffentlicher Ladestrom bei den großen Anbietern zwischen 53 und 67 Cent kostete (LichtBlick, 2017) und damit teurer war als Benzin. Zu beachten ist auch, dass die Preise oft schwer vergleichbar sind, da teilweise Gebühren oder Parkkosten neben dem Ladestrom in Rechnung gestellt werden. In vielen Fällen wird heute die Ladezeit abgerechnet, um die Kosten besser decken zu können. Einen Ausweg aus diesem Dilemma könnte der Verkauf von Zusatzdienstleistungen darstellen. Alle Ansätze werden sich aber nur dann tragen, wenn signifikant mehr BEV auf den Straßen sind. Ein klassisches Henne-Ei-Problem, denn BEV werden nur kommen, wenn die Infrastruktur vorhanden ist. An dieser Stelle könnte der Staat sehr wohl fördernd eingreifen. Entweder durch mehr finanzielle Förderung oder auch dadurch, dass er regulatorische Hürden abbaut, die heute den Ausbau der Infrastruktur zusätzlich belasten. Ein gutes Beispiel sind die Vorgaben des deutschen Eichrechts. Nach § 3 der Preisangabenverordnung (PAngV) muss bei leitungsgebundener Lieferung von Elektrizität an Verbraucher der Arbeitspreis beziehungsweise die Mengeneinheit angegeben werden: als Mengeneinheit sind kWh vorgegeben. Die Angabe ist „im Angebot“ erforderlich. Dies kann in einer App, am Ladepunkt oder auf der Website des Ladesäulenbetreibers verwirklicht werden. Die Bezahlung nach Ladezeit verursacht hingegen eichrechtliche Probleme. Damit stellt das Eichrecht die betriebswirtschaftliche Grundlage der Ladesysteme derzeit in Frage und hemmt damit den Ausbau. Hier könnte der Staat die Vorschriften bedarfsgerecht anpassen. Zudem wäre es mehr als hilfreich, wenn dafür gesorgt werden würde, dass sich ein Ladestandard komplett durchsetzt. Momentan gibt es hingegen drei, was dafür sorgt, dass die Stationen immer nur zu einem Teil der BEV-Flotte kompatibel sind.

## 8 Fazit und politische Implikationen

Der Verkehrssektor befindet sich an einem neuralgischen Punkt seiner Entwicklung. Die schrittweise Elektrifizierung des Verkehrssektors und damit seine Kopplung mit dem Stromsektor zeichnen sich für die Zukunft klar ab. Dennoch verharrt die europäische Regulierungsdebatte in bekannten Pfaden und konzentriert sich auf die sektorbezogene Angebotsregulierung der Automobilindustrie. Es werden auch in Zukunft theoretische Emissionspotenziale von Neuwagen reguliert werden, in welcher Schärfe auch immer. Dieser Ansatz bleibt ökonomisch fragwürdig. Weder adressiert er die Gruppe der Autofahrer, welche über die Höhe der realen Emissionen entscheiden, noch verfügt er über einen direkten Zugriff, der eine echte Mengensteuerung ermöglichen würde. Zudem birgt diese Form der Angebotsregulierung stets die Gefahr der Überregulierung, die dann entsteht, wenn die Regulierung das Angebot in eine Richtung steuert, die vom Markt nicht akzeptiert wird. Gerade bei der anstehenden Neuregulierung der Emissionen neuer Personenwagen ist dieses Risiko gegeben denn die gewünschte Reduktion lässt sich nur mit dem Markthochlauf von Elektroautos erreichen. Dieser hängt aber elementar von Rahmenbedingungen ab, die von der Regulierung nicht entsprechend adressiert werden. Damit droht die Gefahr einer regulierungsgetriebenen Produktpolitik ausgerechnet in dem Moment, in dem die Industrie vor einem gravierenden Zeitenwandel steht. Nicht nur der Wechsel zum Primärenergieträger Strom muss bewältigt werden, auch die globalen Wertschöpfungsketten richten sich neu aus und zwar auf die Wachstumsmärkte in Asien und weg von Europa. Hinzu kommt der Trend zum autonomen Fahren, der das Geschäftsmodell eines Autoverkäufers deutlich infrage stellt und nach Ansicht vieler Experten den Wechsel vom Hersteller zum Mobilitätsanbieter einleiten wird. Man könnte sagen, dass Brüssel zurzeit darauf besteht, einen wenig tauglichen Regulierungsansatz weiterzufahren, während sich die Welt um die Regulierung herum radikal verändert. Somit wären eigentlich ganz andere Herangehensweisen erforderlich, wenn man die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs wirklich effizient senken will. Vor diesem Hintergrund ist es bedauerlich, dass in Brüssel nicht über den Fortbestand des Instruments gestritten wird, sondern über die Schärfe des neu zu setzenden Grenzwertes.

Fakt ist aber auch, dass die Prognosen zeigen, dass der Verkehr ohne weitere Maßnahmen sein Klimaziel verfehlen wird. Das Impact Assessment der Kommission zeigt, dass das Referenzszenario zwar den Löwenanteil der geforderten Reduktion erbringen würde, aber eben nicht genug, um die Zielvorgabe zu erreichen. Von daher war es konsequent von der Kommission – wenn sie denn schon am heutigen Instrument festhalten will – einen Vorschlag vorzulegen, welcher die Zielerfüllung ermöglichen sollte. Das 30-Prozent-Szenario ist technisch machbar und es besteht durchaus die Möglichkeit, dass der Markt ein besseres Ergebnis liefert, als es die Regulierung verlangt. Verschiedene Marktprognosen lassen das zumindest möglich erscheinen. Aber – und das ist ein großes Aber – all diese Prognosen können nur dann aufgehen, wenn die Rahmenbedingungen so gesetzt werden, dass der Nachfrager die von der Regulierung verlangten Produkte auch abnimmt. Das wird er aber nur dann tun, wenn diese ihm einen Nutzen versprechen, der die Anschaffung rechtfertigt. Die Grundvoraussetzung hierfür ist die Bereitstellung einer öffentlichen Ladeinfrastruktur bevor es eine entsprechende Nachfrage nach deren Dienstleistung gibt. Zudem muss das Problem gelöst werden, wie sich diese Struktur betriebswirtschaftlich tragen kann. Auch die Weiterentwicklung der Stromspeicher in der mobilen Anwendung wird nicht von

selbst kommen. Sie muss gezielt vorangetrieben werden und auch hier besteht das Problem, dass enorme Summen in einen noch nicht existierenden Markt investiert werden müssen. All diese Probleme und Risiken sind bereits mit dem Kommissionsvorschlag verbunden. Von daher ist es irritierend, dass in Brüssel erhebliche Verschärfungen gefordert werden. Die Umsetzung dieser Verschärfungsvorschläge ist zur Zielerreichung gemäß Impact Assessment nicht notwendig. Sie zielen auf eine Übererfüllung ab. Während eine marktgetriebene Zielübererfüllung sehr zu begrüßen wäre, liegt die Sache bei einer rein regulierungsgetriebenen völlig anders. Diese ist in jedem Fall ineffizient, da sie erhebliche Mehrkosten verursacht. Dies ist problematisch, denn der anstehende Transformationsprozess der Automobilbranche, also die Wandlung des tangiblen und intangiblen Kapitalstocks muss aus dem laufenden Geschäft finanziert werden. Diese Finanzierung wird aber durch eine überzogene Beschleunigung von Regulierungen gefährdet. Das kann durchaus den Effekt haben, dass sich das Transformationstempo verlangsamt und zu unnötigen Kollateralschäden in Form von Arbeitsplatzeffekten führt. Zusammengefasst: Eine Verschärfung der Grenzwerte über den Vorschlag der Kommission hinaus ist unnötig und führt zu einem deutlich steigenden Risiko der Überregulierung. Wenn die Politik wirklich darauf abzielt, einen effizienten Klimaschutz zu betreiben, sollte sie bei dem Instrument der Grenzwerte nicht über das als nötig ermittelte Maß hinausgehen sondern solche Rahmenbedingungen schaffen, welche die Nachfrage nach ZEV steigern, so dass die Klimaziele mindestens erreicht, wenn nicht gar überschritten werden können. Ein hervorragender Ansatzpunkt wäre die Förderung der Sektorenkopplung.

Die Sektorenkopplung zwischen dem Verkehrssektor und dem Stromsektor ist Voraussetzung und integraler Bestandteil für die nachhaltige Entwicklung der Klimapolitik. Das bedeutet zunächst, dass die verschiedenen Speichertechnologien weiterentwickelt und marktfähig gemacht werden müssen. Eine technologieoffene Förderung und Unterstützung der Forschung ist hier dringend anzuraten. Auch der Aufbau der notwendigen Versorgungsinfrastruktur, vom Ausbau der Verteilernetze bis hin zur Produktion von Synfuels, ist ein langlaufendes Projekt, für das jetzt die richtigen Weichen gestellt werden müssen. Neben der technischen Herausforderung sind auch regulatorische zu bewältigen. Das heutige sektorbezogene Regulierungssystem im Straßenverkehr eignet sich nicht, die Sektorenkopplung voranzutreiben oder gar zu bewältigen. Der rein sektorale Ansatz lässt die Sektorenkopplung außen vor und dessen Effizienz lässt sehr zu wünschen übrig.

Um einen effizienten Klimaschutz zu erreichen muss die sektorale Betrachtung und Steuerung deutlich an Bedeutung verlieren. Es muss über den Tellerrand hinaus geschaut werden und eine übergreifende Strategie gefahren werden, die auf marktwirtschaftliche Methoden zurückgreift, um die Reduktionslasten zu verteilen. Dafür kommen Instrumente der Mengen- oder der Preissteigerung infrage. Ein möglicher Ansatz soll abschließend skizziert werden, um einen Gegenentwurf zum heutigen Leitinstrument der Herstellergrenzwerte anzudiskutieren:

Eine wirksame Dekarbonisierung zu den geringstmöglichen Kosten lässt nur mit einem einheitlichen sektorübergreifenden Preis für Treibhausgasemissionen umsetzen. Länder- und sektorspezifische Ziele führen genauso wie Effizienz- und Verbrauchsvorgaben zu zusätzlichen Kosten. Es wird nicht zwangsläufig dort CO<sub>2</sub> eingespart, wo es am günstigsten möglich ist. Der europäi-

sche Emissionshandel funktioniert zumindest für die beteiligten Sektoren insofern, als das politisch vorgegebene Reduktionsziel für diese Sektoren in Europa erreicht wird. Jedoch fehlt etwa die Hälfte der europäischen Emissionen in diesem System. Die bislang nicht beteiligten Sektoren, allen voran Verkehr und Wärme, müssen deshalb mittelfristig in das System integriert werden. Solange das System regional auf Europa beschränkt bleibt, ist ein Carbon Leakage-Schutz, also ein wirksames Regelwerk zum Schutz vor einer Abwanderung der emissionsintensiven Branchen, die im internationalen Wettbewerb stehen, obligatorisch. International experimentiert China mit dem Instrument Emissionshandel, wenn auch bislang nur in wenigen Sektoren. Die optimale Lösung besteht in einem globalen Preis für Emissionen. Deshalb ist jeder Schritt in diese Richtung zu begrüßen und im Sinne des Pariser Klimaabkommens zur globalen Treibhausgasreduktion positiv zu bewerten.

Flankierend und als Übergangslösungen können sektorspezifische Instrumente eine wichtige Rolle einnehmen, wichtig ist jedoch, dass sie der Durchsetzung einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung nicht im Wege stehen. Ein Beispiel dafür ist eine Bemessung von Energie- und Mineralölsteuern nach ihrem CO<sub>2</sub>-Gehalt, solange eine Integration in ein sektorenübergreifendes System politisch nicht umsetzbar ist. Eine solche Steuer müsste in das bestehende System eingepasst werden, was im Falle des Straßenverkehrs bedeuten würde, dass die höhere Belastung von Dieselfahrzeugen im Rahmen der Kfz-Steuern aufzuheben wäre. Wenn dies gegeben ist, kann eine Besteuerung anhand des CO<sub>2</sub>-Gehalts ein erster sinnvoller Schritt in Richtung einer mittelfristigen sektorenübergreifenden Lösung sein. Kontraproduktiv ist demgegenüber jedwede teure technologiespezifische Förderung wie etwa Quotierungen, bei denen immer die Gefahr besteht, auf die falsche Technologie zu setzen, die sich am Ende als unterlegen erweist. Im Hinblick auf das Ziel der Treibhausgasreduktion kann ein solches Instrument insbesondere dort keine positive Klimaschutzwirkung entfalten, wo CO<sub>2</sub> bereits bepreist wird.

All das zeigt: Die Dekarbonisierung des Straßenverkehrs kann nur als Teil einer Gesamtlösung gelingen. Da sich die Verkehrsnachfrage wie beschrieben als abgeleitete Größe aus wirtschaftlicher Tätigkeit ergibt, ist eine sektorspezifische Regulierung nicht zielführend. Mittelfristig kann nur eine CO<sub>2</sub>-basierte Steuerung des Gesamtsystems das Klimaziel zu minimalen Kosten erreichen. Auf dem Weg zu einer sektorübergreifenden Bepreisung, die der Anforderung einer Kopplung der Sektoren gerecht wird, sind Instrumente zielführend, die diesem Ziel nicht entgegenstehen. Das Instrument der CO<sub>2</sub>-basierten Energiesteuer kann ein Schritt in die richtige Richtung sein, wenn die weiteren Rahmenbedingungen entsprechend gesetzt werden.

## Abstract

### The post 2021 european CO<sub>2</sub>-Regulation for new passenger cars

Road transport accounts for more than a fifth of EU's greenhouse gas emissions. The EU has a mid-term objective of an 30 percent reduction by 2030 compared to 2005. To achieve this objective all vehicles and in particular passenger cars must reduce their emissions. According to current calculations this will require additional regulations. That's why there are discussions in Brussels concerning new emissions targets for new passenger cars in 2025 and 2030. A follow up of the current regulation was presented by the commission. According to this proposal the emissions of new passenger cars a reduction of 30 percent by 2030 compared to 2021 should be achieved. According to the EU's impact assessment this reduction is in compliance with the EU's reduction target for greenhouse gases. It is also technically feasible if electric vehicles will gain increasing shares of the market in Europe. If optimistic projections come true the targets could also be overachieved. Even though the proposed limit values shall be compliant to the climate targets there are demands for much stricter limit values for passenger cars. Stricter targets bear some dangers towards the whole transition process from internal combustion engines towards electrical powertrains. First of all limit values could not increase the demand sites willingness to buy electric vehicles. The customers will only accept the new technology if it pleases their mobility demands. The condition sine qua non for this is not a stricter regulation of the supply side but the provision of a public charging system. This is the issue Brussels should address much stronger in the future because there is still much to do. Notably in Germany there are some bureaucratic limitations with the potential to slow the provision of a charging infrastructure down. Brussels should rethink the weightings of it's instruments by shifting it's focus from the regulation of the supply side to back up the demand side.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Szenario-Ergebnisse des Impact Assessments .....	13
Tabelle 6-1: Gesamt-Netto-Personalbedarfe am Standort Deutschland im Jahr 2016 .....	19
Tabelle 7-1: Fördergrenzen für öffentliche Ladepunkte in Deutschland .....	31

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: CO <sub>2</sub> -Emissionen des Straßenverkehrs in Europa .....	6
Abbildung 2-2: Grenzwertvorgaben und Zielerreichungsgrad der Hersteller .....	7
Abbildung 2-3: Grenzwerte für Neuwagenflotten International .....	8
Abbildung 6-1: China dominiert den Markt für Batteriezellen .....	20
Abbildung 6-2: Bruttoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen in Deutschland.....	21
Abbildung 7-1: CO <sub>2</sub> Reduktion im Pkw bis 2030 – Elektrifizierung muss es richten .....	26
Abbildung 7-2: Theoretisches Potential von Batteriekonzepten .....	29
Abbildung 7-3: Problemfall Kobalt .....	30

## 9 Literatur

BCG – Boston Consulting Group / Prognos, 2018, Klimapfade für Deutschland, <https://www.vdma.org/documents/105628/6872272/BDI-Studie+Klimapfade+fu%CC%88r+Deutschland+SUMMARY+12.01.2018.pdf/6f15f88e-1530-4be5-aed0-78f9f9bf5dd6> [30.5.2018]

Beitz, Heike / Le Mouel, Marie /Schiersch, Alexander, 2018, Produktivität der Unternehmen steigt mit mehr wissensbasiertem Kapital, in: DIW Wochenbericht 85 Jg., Heft 4, Seite 63 – 70, [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.575781.de/18-4.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.575781.de/18-4.pdf) [30.5.2018]

Bloomberg Intelligence Unit, 2017, Battery Technology, New York

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2017, Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland, [https://www.bav.bund.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Foerderung\\_Ladeinfrastruktur/Foerderrichtlinie.pdf?blob=publication-File&v=6](https://www.bav.bund.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Foerderung_Ladeinfrastruktur/Foerderrichtlinie.pdf?blob=publication-File&v=6) [30.5.2018]

Buss, Jörn / Berking, Johannes, 2018, Future Automotive Industry Structure – FAST 2030, Berlin

Continental, 2018, The Future of Powertrain – The right mix to meet the EU 2050 CO2 Regulation, Tagungsband des Technischen Kongresses des VDA 2018, S. 208 – 225, Berlin

ECF – European Climate Foundation, 2017, Klimafreundliche Autos in Deutschland, [https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2017/10/ECF\\_DE\\_CARS\\_Screen\\_Single-Pages.pdf](https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2017/10/ECF_DE_CARS_Screen_Single-Pages.pdf) [30.5.2018]

EEA – European Environment Agency, 2017, National emissions reported to the UNFCCC and to the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/national-emissions-reported-to-the-unfccc-and-to-the-eu-greenhouse-gas-monitoring-mechanism-13> [28.5.2018]

EEA, 2018, Monitoring CO2-Emissions from new passenger cars and vans in 2016, <https://www.eea.europa.eu/publications/co2-emissions-new-cars-and-vans-2016> [28.5.2018]

EU-Kommission – Europäische Kommission, 2016, CO2-arme Wirtschaft bis 2050, [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_de) [30.5.2018]

EU-Kommission, 2017a, Completing the Better Regulation Agenda: Better solutions for better results, [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/completing-the-better-regulation-agenda-better-solutions-for-better-results\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/completing-the-better-regulation-agenda-better-solutions-for-better-results_en.pdf) [30.5.2018]

EU-Kommission, 2017b, Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge im Rahmen des Gesamtkonzepts der Union zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715, <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/DE/COM-2017-676-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF> [30.5.2018]

Falck, Oliver / Ebnet, Michael / Koenen, Johannes, 2017, Auswirkungen eines Zulassungsverbot für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor, <http://www.cesifo-group.de/DocDL/Studie-2017-Falck-et-al-Zulassungsverbot-Verbrennungsmotoren.pdf> [30.5.2018]

Fraunhofer IAO, 2018, ELAB 2.0, Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland, N.N.

ICCT – International on Clean Transport, 2017, <https://www.theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy> [30.5.2018]

Kaul, Ashok / Hagedorn, Marcus, 2016, Wie Emissionsregulierung Arbeitsplätze gefährden kann – Auswirkungen der CO<sub>2</sub>-Emissionsregulierung für Neu-Pkw in der EU, <http://docplayer.org/71537533-Kurzstudie-wie-emissionsregulierung-arbeitsplaetze-gefaehrdet-kann-auswirkungen-der-co-2-emissionsregulierung-fuer-neu-pkw-in-der-eu.html> [30.5.2018]

LichtBlick, 2017, Ladesäulen-Check Deutschland: Stromtankstellen oft kompliziert und teuer, <https://www.lichtblick.de/presse/news/2017/07/10/ladesaeulen-check-deutschland-strom-tankstellen-kompliziert-und-oft-teuer/?file=files/pressemitteilungen/2017/pdf/Hintergrundinformationen%20Ladesaeulen-Check%20Deutschland%202017.pdf>

Puls, Thomas, 2014, CO<sub>2</sub>-Regulierung für Pkw – Fragen und Antworten zu den europäischen Grenzwerten für Fahrzeughersteller, [https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/228037/Brosch%C3%BCre\\_CO2\\_Grenzwerte\\_Druck.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/228037/Brosch%C3%BCre_CO2_Grenzwerte_Druck.pdf) [30.5.2018]

Ricardo Energy & Environment, 2018, Assessing the impacts of selected options for regulating CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars and vans after 2020, [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/ldv\\_post\\_2020\\_co2\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/ldv_post_2020_co2_en.pdf) [30.5.2018]

UBS – Union de banques suisses, 2017, UBS Evidence Lab Electric Car Teardown – Disruption Ahead?, [http://www.advantagelithium.com/\\_resources/pdf/UBS-Article.pdf](http://www.advantagelithium.com/_resources/pdf/UBS-Article.pdf) [30.5.2018]