

Working Paper Sustainability and Innovation
No. WP S 19/2020



Anna Grimm
Claus Doll
Florian Hacker
Lukas Minnich

Nachhaltige Automobilwirtschaft – Strategie-
n für eine erfolgreiche Transformation

Förderung und Kooperation

Die Erarbeitung der Fallstudie Automobilwirtschaft erfolgte im Rahmen des REFOPLAN-Forschungsvorhabens "Strategien und Handlungsempfehlungen für den ökologischen Strukturwandel in Richtung einer Green Economy" (Forschungskennzahl 3716 14 101 0). Das FE-Vorhaben wurde von Öko-Institut und Fraunhofer ISI im Auftrag des Umweltbundesamts und mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit durchgeführt. Für die Teilnahme an Fachgesprächen und Workshops danken wir allen beteiligten Expertinnen und Experten aus Industrie, Politik und Wissenschaft.

Zusammenfassung

Die Automobilindustrie befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel. Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors und der damit verbundene Umstieg auf alternative Antriebe bzw. Kraftstoffe erfolgt parallel zu einer fortschreitenden Digitalisierung mit Auswirkungen auf Fahrzeugproduktion und Mobilitätsangebote sowie einer starken Verschiebung von Automobilnachfrage und -produktion zwischen den wichtigsten Absatzmärkten. Die Auswirkungen einer Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf die deutschen Fahrzeughersteller und Zulieferunternehmen werden im vorliegenden Arbeitspapier vor diesem Hintergrund vertieft diskutiert und Handlungsempfehlungen für eine gelingende Transformation entwickelt. Die erarbeiteten Empfehlungen leiten sich aus branchenübergreifenden Literaturrecherchen, Umfeld- und Marktanalysen, leitfadengestützten Tiefeninterviews, einem Fachworkshop und einer Online-Konferenz zu den Gesamtergebnissen des begleitenden Forschungsprojektes ab.

Dekarbonisierung, Digitalisierung und internationale Märkte treiben den Wandel

Der Einsatz von erneuerbaren Energien mittels der Elektrifizierung des Fahrzeugantriebs stellt ein zentrales Handlungsfeld zur *Dekarbonisierung* des Straßenverkehrs dar. Marktbeobachtungen lassen erwarten, dass bis 2030 in allen großen Märkten Produktion und Nutzung elektrischer Fahrzeuge im Massenmaßstab stattfinden und in den kommenden Jahrzehnten dominierend sein werden.

Die *Digitalisierung* bedeutet für die Fahrzeughersteller und Zulieferer eine umfassende Veränderung der Entwicklungs- und Produktionsprozesse und für die Mitarbeiterschaft einen starken Wandel der notwendigen Qualifikationen. Gleichzeitig sind im Kontext neuer Mobilitätsangebote Veränderungen in der Bedeutung heutiger Marktakteure und ihrer Produkte zu erwarten.

Die *globalen Verschiebungen* in der Fahrzeugnachfrage bleiben nicht ohne Konsequenzen für die geografische Verteilung der Produktionsstätten und der Hersteller mit unterschiedlichen regionalen Schwerpunkten. Insbesondere die weitere Entwicklung des chinesischen Markts und die dort vorherrschenden Rahmenbedingungen sind für die Automobilindustrie weltweit bedeutsam.

Kompetenzaufbau erfordert hohe Investitionen bei unsicheren Perspektiven

Die Fahrzeughersteller, das automobilen Produktionsnetzwerk und die Volkswirtschaft als Ganzes sind betroffen und sehen sich mit unterschiedlichen Facetten

des Wandels konfrontiert. Die heimischen Automobilhersteller zeichnen sich zwar durch eine große Innovationsstärke und eine hohe Kompetenz in Produktionsprozessen aus, die Industrialisierung von Elektrofahrzeugen ist jedoch im internationalen Vergleich noch schwach. Die zunehmende Präsenz von neuen Mobilitätsplayern und die Integration digitaler Dienste verschafft den Herstellern zusätzliche Konkurrenz in neuen Geschäftsfeldern.

Kleinere Zulieferunternehmen stehen durch ihre Flexibilität und Innovationskraft einerseits, sowie durch beschränkte Portfolios und Investitionsgrenzen andererseits im besonderen Fokus des beschriebenen strukturellen Wandels in der Automobilindustrie.

Während sich die volkswirtschaftlichen Effekte, mit dem Blick auf Deutschland, gemessen an der Gesamtwirtschaft in Grenzen halten werden, können insbesondere für monostrukturell geprägte Regionen beträchtliche Folgen entstehen. Die starke Verknüpfung der Automobilindustrie mit anderen Branchen kann die Folgen des Strukturwandels dabei sowohl dämpfen als auch verstärken.

Um den Entwicklungen im Bereich der Elektrifizierung als auch im Bereich der Digitalisierung aktiv zu begegnen sind große und zeitlich gebündelte Investitionen durch Fahrzeughersteller und Zulieferer bei gleichzeitig unsichereren zukünftigen Margen notwendig. Durch die deutliche internationale Ausrichtung ist die deutsche Automobilindustrie zudem verstärkt abhängig von Entwicklungen in wichtigen Absatzländern.

Orientierung an zukunftssträchtigen Zielbildern und eine progressive Rahmensetzung sind erforderlich

Aus den Analysen leiten sich drei zentrale Handlungsempfehlungen für einen erfolgreichen Strukturwandel ab:

1. Progressive und umweltfreundliche Strategien, um sich international zu behaupten. Die Mobilitätswirtschaft und ihre Produkte sowie Services verändern sich auf globaler Ebene stark – auch unabhängig von der Entwicklung in der deutschen Automobilindustrie. Eine Technologieführerschaft in der nachhaltigen Mobilität der Zukunft kann nur durch frühzeitige Weichenstellung und deutliche Bekenntnis zu zukunftssträchtigen Zielbildern erreicht werden. Die Systemkompetenz der deutschen Hersteller in Hinblick auf die Produktionsprozesse und die Integration von Einzelkomponenten zu einem komplexen Produkt sollte als universelle Stärke unbedingt bewahrt werden.

2. Politik muss klare Leitplanken für die Transformation setzen und Planungssicherheit geben. Wandlungsprozesse in Richtung ökologischer Nachhaltigkeit wurden in der Vergangenheit erst durch politische und regulatorische Eingriffe verstetigt. Die Politik muss ihre Gestaltungsrolle im Strukturwandel aktiv ausführen. Möglichkeiten zur langfristigen Unterstützung der Transformation und gleichzeitig zur Schaffung fairer Marktzugangsbedingungen für alle Unternehmen sind unter anderem: Produkt- und Produktionsstandards, verbindliche Quoten für emissionsfreie Fahrzeuge sowie eine konsequente CO₂-Bepreisung.

3. Restrukturierungspolitik nur mit einer qualifizierenden Beschäftigungspolitik und mit aktiver Innovationsförderung. Die zielgerichtete Qualifikation der Beschäftigten in zukünftigen Schlüsseltechnologien und Geschäftsbereichen ist zur Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit zentral. Dazu müssen Kenntnislücken ehrlich reflektiert und konkrete Inhalte und maßgeschneiderte Lösungen bei der Weiterbildung definiert werden. Zudem sollten kürzer werdende Innovationszyklen, die Schaffung freier Experimentierräume sowie geringe administrative Hürden im Fokus einer erfolgreichen Innovationsförderung stehen.

Summary

The automotive industry is undergoing a profound change. Next to the decarbonization of the transport sector and the associated switch to alternative drive systems and fuels, vehicle production and mobility services are increasingly digitized. In addition, the locations of most important sales markets of automobile demand and production are shifting. Against this background, this working paper provides an in-depth discussion of the effects of powertrain electrification on German vehicle manufacturers and component suppliers, and develops recommendations for action for a successful transformation. The recommendations are derived from cross-industry literature research, market analyses, in-depth interviews, a specialist workshop and an online conference on the overall results of the research project in which this work was conducted.

Decarbonization, digitization and international markets drive the change

The use of renewable energies through the electrification of the powertrain represents a central field of action for the *decarbonization* of road traffic. Market observations suggest that by 2030, production and use of electric vehicles will take place on a mass scale in all major markets and will dominate in the coming decades.

For vehicle manufacturers and suppliers, *digitization* implies a comprehensive change in vehicle development and production processes, and for the workforce it implies a major shift in the qualifications required. At the same time, in the context of new mobility services, changes in the importance of today's market players and their products are to be expected.

The *global shifts* in vehicle demand will not remain without consequences for the geographical distribution of production sites and manufacturers with different regional focuses. In particular, the further development of the Chinese market and the industrial as well as political frameworks prevailing there are of global significance for the automotive industry.

Competence build-up requires high investments with uncertain prospects

Vehicle manufacturers, the automotive production network and the economy as a whole are affected by and confronted with different facets of change. The domestic automobile manufacturers are characterized by great innovative strength and high competence in production processes. However, the industrialization of

electric vehicles is still weak by international comparison. The increasing presence of new mobility players and the integration of digital services constitute additional competition for manufacturers in new business areas.

Due to their flexibility and innovative strength on the one hand, but limited portfolios and investment possibilities on the other hand, special focus lies on smaller supplier companies and their role within the structural change in the automotive industry.

While the economic effects of this change will be limited compared to the size of the German economy, the consequences can be considerable, especially for monostructural regions. The strong links between the automotive industry and other sectors can both dampen and reinforce the consequences of this structural change.

In order to actively address the developments in the areas of electrification and digitization, large and temporally bundled investments by vehicle manufacturers and suppliers are necessary, while at the same time future profit margins are uncertain. Due to its clear international orientation, the German automotive industry is also increasingly dependent on developments in key sales countries.

Orientation towards promising targets and a progressive framework are necessary

Three central recommendations for action for a successful structural change are derived from the analyses:

1. Progressive and environmentally friendly strategies are needed for the German automotive industry to assert itself internationally. The mobility industry and its products and services are undergoing major changes at a global level - independently of developments in the German automotive industry. Technological leadership in the sustainable mobility of the future can only be achieved by setting the course early on and making a clear commitment to future-oriented objectives. The system competence of German manufacturers with regard to production processes and the integration of individual components into a complex product must be preserved as a universal strength.

2. Politics must set clear guidelines for transformation and provide planning security. In the past, processes of change towards ecological sustainability were initiated mostly through political and regulatory intervention. Policymakers must actively assume their role in shaping structural change. Possibilities for providing long-term support for transformation and at the same time creating fair

market access conditions for all companies include product and production standards, binding quotas for emission-free vehicles or a consistent CO₂ pricing system.

3. Restructuring policy only with an employment policy focused on qualification measures and active promotion of innovation. The targeted qualification of employees in future key technologies and business areas is central to securing international competitiveness. For this purpose, knowledge gaps must be honestly reflected and concrete contents and tailor-made solutions must be defined for further training. In addition, successful innovation promotion should focus on shortening innovation cycles, creating free experimentation space and low administrative hurdles.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
1 Hintergrund	1
2 Einführung, Eingrenzung und Vorgehen	2
3 Branchenstruktur sowie vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsketten	5
3.1 Die Rolle deutscher Hersteller in der nationalen und globalen Pkw-Produktion	5
3.2 Wertschöpfungsketten und Zulieferindustrie	6
3.3 Vergleich der Antriebsstrangkomponenten von Verbrenner und Elektrofahrzeug	8
4 Treiber des Strukturwandels.....	10
4.1 Megatrends im Automobilssektor.....	10
4.1.1 Dekarbonisierung des Verkehrssektors	10
4.1.2 Digitalisierung	11
4.1.3 Verlagerung der globalen Automobilnachfrage und - produktion	12
4.2 Übergeordnete Rahmenbedingungen für den Umstieg vom verbrennungsmotorischen auf den elektrischen Antrieb.....	13
4.2.1 Technologischer Fortschritt von Batterien.....	13
4.2.2 Handlungsbedarf zur Minderung der Umweltwirkungen	14

4.2.3	Industrie- und geopolitische Interessen.....	15
4.3	Wirksame Entwicklungen und Maßnahmen für den Umstieg vom verbrennungsmotorischen auf den elektrischen Antrieb.....	15
4.3.1	Verschärfte Effizienzstandards für Pkw-Neufahrzeuge .	17
4.3.2	Verschärfte Luftschadstoffgrenzwerte	18
4.3.3	Verpflichtende Zielzahlen für E-Pkw.....	18
4.3.4	Lokale Einfahrverbote für konventionelle Pkw.....	19
4.3.5	Zukünftige Zulassungsverbote für konventionelle Pkw..	19
4.3.6	Monetäre Anreize bei Kauf und Zulassung von E-Pkw .	20
4.3.7	Geringere Besteuerung von Strom/des Fahrzeugbetriebs (z. B. bei Dienstwagen)	20
4.3.8	Infrastruktur	21
4.3.9	Staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung .	22
4.3.10	Ausbau der EE-Stromerzeugung	22
4.3.11	Neue Wettbewerber	23
5	Mögliche Entwicklungen der Branche und ihre Folgewirkungen.....	23
5.1	Marktentwicklung Elektromobilität – Status Quo und Perspektiven	24
5.2	Marktentwicklung Elektromobilität – Auswirkungen auf Beschäftigung	27
5.3	Verbindung mit sonstigen Entwicklungen im Mobilitätsmarkt.....	31
5.4	Resultierende Chancen und Risiken	33
5.5	Zwischenfazit: Ausgangsposition und Erfolgsaussichten für OEMs, Netzwerk und Volkswirtschaft in der Transformation der Automobilwirtschaft	40
6	Strategie- und Handlungsempfehlungen	43
6.1	Weichenstellungen in der Unternehmensstrategie	43

6.2	Stärkung und zukunftsfähige Aufstellung der Industriestruktur durch die regionalen Akteure.....	46
6.3	Unterstützung von Unternehmen durch die Politik bei Innovationen und klimagerechter Strategiewerksung	47
6.4	Gewährleistung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie im Strukturwandel	49
6.5	Beschäftigungspolitik durch Politik, Gewerkschaften und Unternehmen	51
6.6	Politische Steuerung des Mobilitätswandels	53
7	Literaturverzeichnis.....	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Globale Emissionen (CO ₂) des Verkehrs nach Verkehrsträger und Pfade zum <i>Sustainable Development Scenario</i>	2
Abbildung 2:	Globaler Bestand an E-Pkw.....	25
Abbildung 3:	Globale Flotte elektrischer Pkw nach unterschiedlichen Szenarien.....	26
Abbildung 4:	Erwarteter globaler E-Pkw Bestand im Vergleich mit OEM-Zielen	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Komponenten des Antriebsstrangs in verschiedenen Antriebskonzepten	8
Tabelle 2:	Komponenten des Antriebsstrangs in verschiedenen Antriebskonzepten	16
Tabelle 3:	Chancen und Risiken für OEMs	35
Tabelle 4:	Chancen und Risiken für das Netzwerk	37
Tabelle 5:	Chancen und Risiken für Umwelt und Volkswirtschaft.....	39

Abkürzungsverzeichnis

BEV	Battery Electric Vehicle
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EV	Electric Vehicle
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
HEV	Hybrid Electric Vehicle
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
IOT	Input-Output-Tabelle
KBA	Kraftfahrtbundesamt
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MaaS	Mobility as a Service
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NZL	Neuzulassung
OEM	Original Equipment Manufacturer
PHEV	Plug-In Hybrid Vehicle
SUV	Sport Utility Vehicle
ZEV	Zero Emission Vehicle

1 Hintergrund

Dem internationalen Klimaschutz wurde mit der Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf deutlich unter 2°C im Pariser Klimaschutzabkommen ein ambitioniertes und klares Ziel gesetzt (UN 2015). In Hinblick auf die Erreichung des Klimaziels sowie weiterer Nachhaltigkeitsziele, beispielsweise im Bereich der Ressourcenschonung, wächst der Druck auf Veränderung der bestehenden wirtschaftlichen Strukturen. Als Leitbild für den Wandel dient die *Green Economy*, „eine Wirtschaftsweise, die im Einklang mit Natur und Umwelt steht“ (UBA 2019).

Der ökologische Strukturwandel geht mit deutlichen Umstellungen einher, die sich in ihrer Intensität sowohl zwischen verschiedenen Industriezweigen als auch zwischen Regionen stark unterscheiden können. Im Rahmen des REFOPLAN-Vorhabens „Strategien und Handlungsempfehlungen für den ökologischen Strukturwandel in Richtung einer Green Economy“ (Laufzeit 2018-2020, Forschungskennzahl 3716 14 101 0) wurden zum einen besonders vulnerable Branchen identifiziert, mögliche Einflussfaktoren in Strukturwandelprozessen literaturbasiert herausgearbeitet und in Fallstudien konkrete Handlungsempfehlungen für einzelne Branchen entwickelt (für ausführliche Ergebnisse, s. zukünftig Heyen et al. (i. E.) und Hünecke et al. (i. E.)). Das zu Grunde liegende FE-Vorhaben wurde von Öko-Institut und Fraunhofer ISI im Auftrag des Umweltbundesamts und mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit durchgeführt.

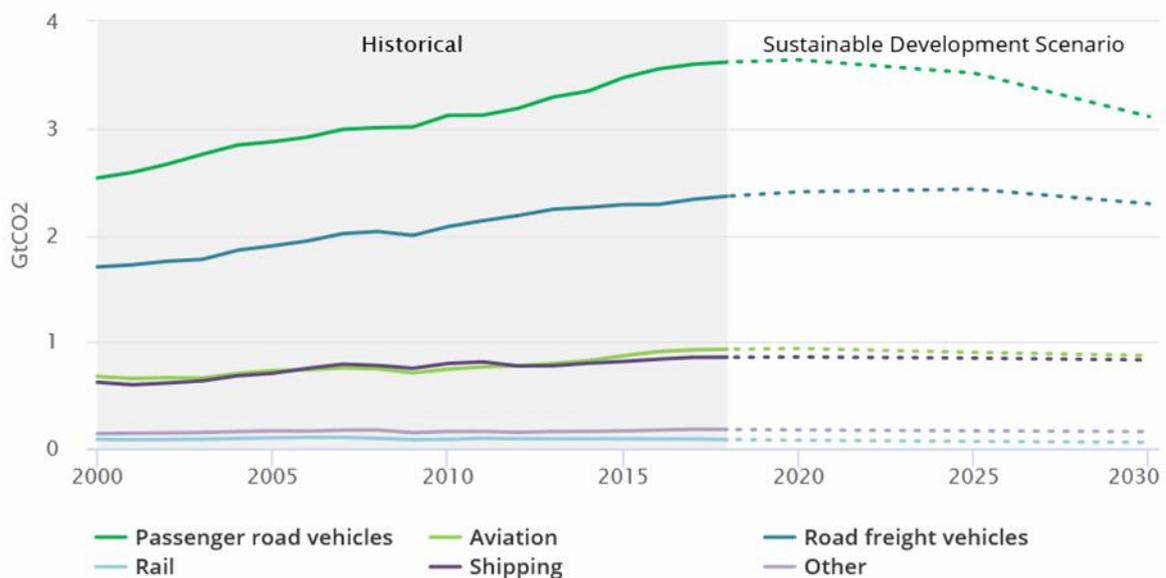
Dieses Working Paper präsentiert die Fallstudie zum ökologischen Strukturwandel in der Automobilindustrie unter dem Titel „Nachhaltige Automobilwirtschaft – Strategien für eine erfolgreiche Transformation“. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Analysen und Empfehlungen dieser Fallstudie entstanden vor Eintreten der COVID-19-Pandemie. Grundsätzlich behalten die getroffenen Aussagen ihre Gültigkeit, die Dringlichkeit des Handlungsbedarfs durch Politik und Wirtschaft verlagert sich jedoch unter den gegebenen globalen Bedingungen. Der Strukturwandel wird durch die derzeitige Corona-Krise nicht unterbrochen, vielmehr verschärfen die Auswirkungen den Handlungsdruck. Einbrüche in den Absatzzahlen und die daraus resultierende finanzielle Belastung bringen insbesondere kleine Unternehmen an ihre Grenzen. Während einer Krise große Investitionen in Zukunftstechnologien und Qualifizierung anzustoßen, wird zur noch größeren Herausforderung.

2 Einführung, Eingrenzung und Vorgehen

Der Verkehrssektor ist global mit einem Anteil von ca. 25 % einer der größten Emittenten von fossilem CO₂ und stellt somit ein wichtiges Handlungsfeld in der Erreichung der Klimaschutzziele dar (IEA 2019a). In den letzten 20 Jahren sind die Emissionen des Sektors Verkehr immer weiter angestiegen. Größte Treiber sind dabei sowohl der Personen- als auch der Güterverkehr auf der Straße, wie in Abbildung 1 dargestellt. Effizienzgewinne im Fahrzeugbetrieb wurden dabei sowohl im Personen- als auch Güterverkehr durch den kontinuierlichen Anstieg des Verkehrsaufkommens überkompensiert. Weitere negative Umweltwirkungen, wie lokal wirksame Luftschadstoffemissionen, ein weiter ansteigender Flächenbedarf des motorisierten Verkehrs und Zerschneidungseffekte durch Verkehrsinfrastruktur gingen damit zusätzlich einher.

Abbildung 1: Globale Emissionen (CO₂) des Verkehrs nach Verkehrsträger und Pfade zum *Sustainable Development Scenario*



IEA. All rights reserved.

Note: "Other" includes pipeline and non-specified transport.

Quelle: (IEA 2019a)

Die Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor als auch eine Minderung weiterer, relevanter Umweltwirkungen des motorisierten Verkehrs benötigt eine Kombination aus verhaltensbezogenen und technologischen Maßnahmen. Mobilitätsmanagement durch Information, Alternativen und Anreize kann die Nutzungsraten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) dort, wo dies möglich ist, deutlich reduzieren. Die Stärkung des Umweltverbunds, also Fahrrad- und Fußverkehr,

öffentlicher Verkehr und z. T. Sharing-Systeme, stößt jedoch außerhalb der Ballungsräume häufig an Grenzen. In kleineren Städten und in ländlichen Gebieten wird der MIV, d. h. der private Pkw, auch in den kommenden Jahrzehnten das zentrale Verkehrsmittel bleiben. Hierfür ist eine ökologische Umgestaltung des Produktes Auto unerlässlich.

Eine Minderung der Emissionen durch straßengebundenen Verkehr ist damit unabdingbar und kann nur durch die Abkehr von der herkömmlichen Nutzung des Verbrennungsmotors erreicht werden. Aktuell wird hauptsächlich die Elektrifizierung des Antriebsstrangs in Form batterieelektrisch betriebener Fahrzeuge angestrebt. Die Umstellung bedeutet dabei Veränderungen in den Liefernetzwerken, der Produktion und Entwicklung, die teils mit hohen Investitionen verbunden sind. Deutsche Automobilhersteller und Zulieferunternehmen sehen sich mit neuen Konkurrenten und Unsicherheiten bezüglich ihrer Position auf dem Weltmarkt konfrontiert. Der Erfolg der deutschen Automobilindustrie ist dabei von großer Bedeutung für den Wohlstand in Deutschland.

Mit rund 830.000 Erwerbstätigen im Jahr 2018 ist die Automobilindustrie einer der größten Arbeitgeber in Deutschland (BMW i 2020). Der Anteil der Automobilindustrie an der gesamten deutschen Bruttowertschöpfung ist von 2014 bis 2017 von 4,3 % auf 4,7 % gestiegen, was einer wirtschaftlichen Leistung von etwa 138 Milliarden Euro im Jahr 2017 entspricht (Statistisches Bundesamt 2020). Die Beschäftigtenzahlen folgen dabei seit der Weltwirtschaftskrise bis 2018 einem positiven Trend (EY 2019). Neben den direkt in der Automobilindustrie angestellten ArbeitnehmerInnen sind indirekt viele weitere am Erfolg der Automobilwirtschaft beteiligt. Schließt man auch die vorgelagerten Branchen mit ein, konnten 2016 bei etwa 880.000 Erwerbstätigen in der Automobilindustrie selbst, insgesamt etwa 1,75 Millionen Erwerbstätige direkt und indirekt mit der Automobilwirtschaft in Verbindung gesetzt werden (Statistisches Bundesamt 2019a). Durch die hohe Relevanz der deutschen Automobilwirtschaft für die Wirtschaft und die Beschäftigung ist ein erfolgreicher ökologischer Strukturwandel unabdingbar.

Der Ausgangspunkt der Fallstudie liegt, wie zu Beginn des Projekts definiert, auf der Exnovation verbrennungsmotorischer Antriebe und dem Wandel hin zu Elektromobilität. Diese technologische Veränderung des Antriebssystems kann weitreichende Folgen für monostrukturell geprägte Regionen und insbesondere kleine Firmen haben, deren Produktportfolio nur schwer von den Bestandteilen des Verbrennungsmotors und anhängiger Komponenten zu lösen ist.

Die Sichtung der ausgewählten Studien und insbesondere die Ergebnisse der durchgeführten Interviews zeigen jedoch, dass eine isolierte Betrachtung der Elektrifizierung des Antriebsstrangs nur schwer möglich ist. Sonstige Trends wie beispielsweise die Digitalisierung sind sowohl in den Produktionsprozessen und den technologischen Innovationen der Fahrzeugkomponenten eng mit der Elektrifizierung verwoben und beeinflussen darüber hinaus durch neue Möglichkeiten der Vernetzung das Konzept des Individualverkehrs an sich. Die Fallstudie Automobilwirtschaft befasst sich in erster Linie mit der Elektrifizierung um den Strukturwandel und seine Implikationen möglichst konkret zu untersuchen und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Gleichzeitig werden die weiteren Trends in der Automobilindustrie einbezogen, jedoch zu einem geringeren Detailgrad.

Im Rahmen der Fallstudie wurden zunächst allgemeine Datenquellen des Statistischen Bundesamtes oder des Verbands der Automobilindustrie genutzt um den Untersuchungsgegenstand, die deutsche Automobilindustrie, zu beschreiben und abzugrenzen. Des Weiteren wurde sich, wie mit dem Auftraggeber besprochen, an verschiedenen nationalen sowie internationalen Studien mit unterschiedlichem Detail-Fokus für eine Untersuchung des aktuellen Stands der Forschung orientiert. Fünf leitfadengestützte Tiefeninterviews mit Vertretern von *Original Equipment Manufacturer* (OEM), Gewerkschaft und Zulieferindustrie runden die Einordnung der Trends und Treiber mit individuellen Herausforderungen und Perspektiven ab. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den abgeschlossenen Arbeitsschritten wurden im Rahmen eines Fachworkshops¹ und einer Online-Konferenz² zur Diskussion gestellt, um ihre Vollständigkeit zu prüfen und die Einschätzungen weiter zu validieren.

Das Working Paper ist wie folgt gegliedert. In Kapitel 3 wird zunächst die bestehende Struktur der Automobilwirtschaft in Deutschland sowie die globalen Vernetzungen der Wertschöpfungsketten beschrieben und dargestellt. Anschließend wird in Kapitel 4 auf die globalen Trends und Treiber und ihren Einfluss auf die Automobilwirtschaft eingegangen. Verschiedene prognostizierte Entwicklungen werden im folgenden Kapitel 5 dargestellt und deren Auswirkungen auf die Automobilindustrie bezogen. Hier wird neben einem Überblick zu möglichen Szenarien in der Literatur auch eine konsolidierte Analyse der Chancen und Risiken

1 Fachworkshop „Nachhaltige Automobilwirtschaft – Chancen und Risiken der Transformation“, 30.09.2019, Stuttgart.

2 Webinar „Nachhaltige Automobilwirtschaft – Strategien für eine erfolgreiche Transformation“ in Web-Konferenz „Strukturwandel zu einer Green Economy“, 19.05.2020, online.

aus Literatur und ExpertInnen-Interviews durchgeführt. Schließlich werden in Kapitel 6 aus den Ausführungen konkret Handlungsempfehlungen für die verschiedenen Akteure abgeleitet und mit den übergreifenden Erkenntnissen aus den vorgelagerten Arbeiten im Gesamtprojekt in Zusammenhang gesetzt.

3 Branchenstruktur sowie vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsketten

3.1 Die Rolle deutscher Hersteller in der nationalen und globalen Pkw-Produktion

Im Jahr 2018 wurden in Deutschland knapp 3,5 Mio. Pkw neu zugelassen (VDA 2019a). Die Neuzulassungen sind zu 70 % deutsche Konzernmarken, wovon Anteile der Fahrzeugproduktion auch im Ausland stattfinden, die übrigen 30 % sind ausländische Marken. Hier sind insbesondere französische (9,6 %) und japanische (9,0 %) Fahrzeuge besonders beliebt. Darauf folgen koreanische (5,3 %), italienische (2,6 %) und sonstige Marken (2,9 %).

Die gesamte Inlandsproduktion deutscher Hersteller lag 2018 bei ca. 5,1 Mio. Pkw (VDA 2019b). Abzüglich der national bedienten Nachfrage bleiben damit 4 Mio. Pkw, die aus Deutschland exportiert wurden – das entspricht einer Exportquote von 78 %. Die Exporte wiederum gehen zu 62 % in das europäische Ausland, die verbleibenden 38 % werden interkontinental gehandelt. Zusätzlich zur starken Exportausrichtung der deutschen Automobilindustrie gewinnen auch die ausländischen Standorte vermehrt an Bedeutung um die regionale Nachfrage vor Ort bedienen zu können. Zusammen mit den 11,2 Mio. produzierten Pkw an internationalen Standorten hatten die deutschen Hersteller 2018 einen Anteil von 20 % an der globalen Pkw-Herstellung. Gleichzeitig sank die Produktion im Vergleich zum Vorjahr leicht weniger (-0,7 %) als die globale Produktion (-1,2 %).

Die Produktion in Deutschland ist gemischt, es werden sowohl im Massensegment als auch im Premiumsegment Pkw produziert. Der Anteil der Premiumfahrzeuge an der deutschen Produktion ist dabei innerhalb der letzten Jahre von knapp über 50 % (2007) auf den Höchstwert 59 % (2017) gestiegen (VDA 2019c). Die deutschen Hersteller halten insbesondere im Premiumsegment eine starke Position und sind auch im Ausland hoch angesehen, was die Zahlen zum internationalen Absatz zeigen. Die starke internationale Ausrichtung macht die deutsche Automobilindustrie gleichzeitig abhängig von den diversen Entwicklungen in den Absatzländern.

3.2 Wertschöpfungsketten und Zulieferindustrie

Internationale Wertschöpfungsnetzwerke sind sehr komplex. Die umfassende Untersuchung der globalen Zusammenhänge ganzer Sektoren kann auf Basis von multiregionalen Input-Output Tabellen vorgenommen werden. Nationale Input-Output Tabellen (IOT) beschreiben die Verflechtungen der Wirtschaftszweige eines Landes. Sie geben an, zu welchem Teil der Output eines Wirtschaftszweiges der nationalen Endnachfrage, Exporten oder Investitionen zugeht und zu welchen Teilen er als Vorleistung in die Produktion aller anderen nationalen Wirtschaftszweige eingeht. Verschiedene Projekte befassen sich damit, durch die Verknüpfung nationaler IOT eine multiregionale, global umfassende IOT aufzubauen, die derselben Logik folgt, und damit die Verflechtungen aller Wirtschaftszweige im internationalen Kontext darstellt. Sie enthält dann nicht nur die Information, wie viel ein deutscher Wirtschaftszweig an alle anderen deutschen Wirtschaftszweige liefert, sondern auch die Lieferungen an alle Wirtschaftszweige aller anderen Länder. Ein Beispiel für eine solche Tabelle ist die *World Input-Output Database* (Timmer et al. 2015), auf Basis derer bereits verschiedene Analysen zum Wertschöpfungsnetzwerk der deutschen Automobilindustrie durchgeführt wurden. Durch die große zu verarbeitende Datenmenge werden sowohl die nationalen IOT als auch folglich die World-IOT mit zeitlicher Verzögerung zur Verfügung gestellt.

Die deutsche Automobilindustrie umfasst dabei alle beteiligten Akteure des Wirtschaftszweigs „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“, das heißt die Produktion von Gütern für inländische und ausländische Märkte, sowohl von Produkten, die als Vorprodukte genutzt werden, als auch die Produktion für die Endnachfrage. Von den 2014 in der deutschen Automobilindustrie gefertigten Produkten, die der Endnachfrage zugehen, werden 70 % der Wertschöpfung auch in Deutschland erbracht (Sachs 2018). Dabei entfallen knapp 40 % auf die Automobilindustrie selbst und etwa 30 % auf andere Branchen in Deutschland, die als Vorleistungen in die Produkte der Automobilindustrie eingehen. Die verbleibenden 30 % an der Wertschöpfung generieren Akteure im Ausland, deren Produkte entweder direkt oder durch die globalen Wertschöpfungsketten indirekt nach Deutschland zur Weiterverarbeitung importiert werden. Dabei entfällt ein Großteil auf europäische Länder. China und die Vereinigten Staaten halten je etwa 2 % der Wertschöpfungsanteile an der Endnachfrageproduktion der deutschen Automobilindustrie, Russland etwa 1 %.

Diese Werte haben sich mit der zunehmenden Globalisierung von Wertschöpfungsketten in den vergangenen Jahren verändert. Im Jahr 1995 lag der Anteil

der in Deutschland erbrachten Wertschöpfung an Endprodukten der Automobilindustrie noch bei 78,9 % und sank bis 2008 auf 66 % (Timmer et al. 2015). Die Wertschöpfungsanteile der sonstigen Länder der Europäischen Union sind von 13,2 % auf 18,6 % gestiegen, mit einem stärkeren Zuwachs in osteuropäischen Ländern. Die Anteile außerhalb der EU wuchsen ebenfalls von 7,9 % auf 15,4 %. Die Struktur der Wertschöpfungsketten der deutschen Automobilindustrie ist in der Zeit von 1995 bis 2008 zunehmend globaler geworden, seitdem blieb das Niveau der deutschen Wertschöpfungsanteile recht ähnlich. Noch immer werden mehr Leistungen innerhalb Europas erbracht als im Rest der Welt, die Zuwächse der globalen Anteile liegen dort jedoch etwas höher.

Die Betrachtung der Wertschöpfungsketten mithilfe der IOT verschafft eine gesamtheitliche Perspektive, lässt jedoch zunächst keine Rückschlüsse auf die beteiligten Firmen zu. Von einem ökologischen Strukturwandel wären Firmen unterschiedlich betroffen und es bedarf angepasster Überlegungen und Unterstützungen. In der deutschen Automobilindustrie spielen sowohl die OEM als auch die Zulieferer eine große Rolle. Obwohl die Fahrzeughersteller rund drei Viertel des Gesamtumsatzes der deutschen Automobilindustrie generieren, liegt der Wertschöpfungsanteil zu etwa 70 % bei den Zulieferern, die zum großen Teil mittelständisch geprägt sind (BMVI 2019). Der Umsatz der deutschen Zulieferindustrie stieg 2017 auf 80 Mrd. Euro, wobei 60 % der Umsätze im Inland erzielt wurden. Die restlichen 40 % wurden im Auslandsgeschäft generiert (VDA 2019d). Zudem verzeichnet die Zuliefererindustrie seit Jahren stärkere Zuwächse im Auslandsgeschäft im Vergleich zum inländischen Absatz, was die internationale Ausrichtung zeigt. Hierbei muss zwischen den großen, international agierenden Zulieferunternehmen wie Bosch, Continental, ZF etc. und den lokalen KMU unterschieden werden. Die 100 größten Betriebe mit mehr als 1.000 Beschäftigten (OEM und große Zulieferer) beschäftigen knapp 75 % der Arbeitskräfte in der Automobilindustrie und generieren etwa 85 % des Umsatzes. Die übrigen Beschäftigten sind bei den etwa 1.250 weiteren Betrieben beschäftigt, die dem Wirtschaftszweig „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ angehören (Statistisches Bundesamt 2019b).

Neben den Zulieferern und den vorgelagerten Wertschöpfungsketten sind auch die nachgelagerten Wertschöpfungsketten von großer Bedeutung. Das sogenannte automobiler *Aftermarket*-Geschäft umfasst Reparaturen, Instandhaltung, sowie die Bereitstellung von Ersatzteilen. Teile dieser Leistungen, wie die Produktion von Ersatzteilen, sind der Automobilindustrie selbst zugeordnet. Die Dienstleistungen selbst werden meist nicht zur direkten Automobilindustrie hinzugezählt. Weitere nachgelagerte, aber ebenfalls ausschließlich von Fahrzeugen

abhängige Bereiche sind der Handel mit Kfz und das Betreiben von Tankstellen. Während 2017 in der Automobilindustrie (Wirtschaftszweig-Nr. 29) etwa 820.000 Personen beschäftigt waren, von denen etwas über 300.000 Beschäftigte den Zulieferbetrieben zuzuordnen sind (Statistisches Bundesamt 2019b), beschäftigten die Bereiche Handel mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur von Kfz sowie der Betrieb von Tankstellen (Wirtschaftszweig-Nr. 45 und Nr. 47.3) in Summe ca. 950.000 Personen (Statistisches Bundesamt 2019c). Die nachgelagerte Wertschöpfungskette umfasst damit aktuell etwas mehr Beschäftigte als die produzierende Automobilindustrie selbst.

3.3 Vergleich der Antriebsstrangkomponenten von Verbrenner und Elektrofahrzeug

Die zunehmende Fokussierung auf Elektrofahrzeuge und die parallele Abwendung vom Verbrennungsmotor beeinflusst nicht das gesamte Fahrzeug. Eine Elektrifizierung des Antriebsstrangs bedeutet, dass die elektrische Maschine den Verbrennungsmotor ersetzt oder eine Kombination von E-Motor und Verbrennungsmotor verbaut wird. Die E-Maschine setzt zum Antrieb des Automobils elektrische Energie in mechanische Energie um, zusätzlich kann sie auch mechanische Energie in elektrische umwandeln und so zur Rückgewinnung genutzt werden. Die verwendete elektrische Energie kann dabei über verschiedene Energiespeicher bzw. Energiewandler bereitgestellt werden. Bei rein elektrischen Antrieben stehen aktuell insbesondere die *Battery Electric Vehicles* (BEV) aber auch die *Fuel Cell Electric Vehicles* (FCEV) als Alternativen zum Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (*Internal Combustion Engine Vehicle*, ICEV) im Fokus der Automobilhersteller.

Tabelle 1: Komponenten des Antriebsstrangs in verschiedenen Antriebskonzepten

Komponente	ICEV	HEV	PHEV	BEV	FCEV
Verbrennungsmotor (Zylinderkopf, Kurbelwelle, Pleuel, Nockenwelle, Ventile etc.)	modifiziert	modifiziert	modifiziert	entfällt	entfällt
Starter & Lichtmaschine	modifiziert	modifiziert	modifiziert	entfällt	entfällt
Abgasanlage (Turbolader, Abgaskrümmmer, Katalysatoren, Filter, Sensoren, Auspuffanlage etc.)	modifiziert	modifiziert	modifiziert	entfällt	modifiziert/entfällt

Kraftstoffversorgung (Injektoren, Kraftstoffpumpe, Rails, Tankanlage, Leitungen, Filter etc.)	modifiziert	modifiziert	modifiziert	entfällt	stark modifiziert/ entfällt
Getriebe	modifiziert	modifiziert	modifiziert	modifiziert/ entfällt	modifiziert/entfällt
Elektromaschine	nicht vorhanden	Neu	neu	neu	neu
Batterie-Systeme	nicht vorhanden	Neu	neu	neu	neu
Leistungselektronik	nicht vorhanden	Neu	neu	neu	neu
Brennstoffzellen-System	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	neu
Wasserstoffdrucktank	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	neu

Quelle: eigene Darstellung, basierend auf (Schade et al. 2014; Spath et al. 2012)

Der Elektromotor in einem BEV wird über eine Batterie mit Energie versorgt, in einem FCEV erfolgt die Energiebereitstellung über einen Wasserstofftank und eine Brennstoffzelle. Bei BEV stellt die vergleichsweise kurze Reichweite, bei BEV und FCEV die mangelnde Ladeinfrastruktur Hürden dar. Hybride Antriebe, also eine Kombination aus elektrischem Antrieb und Verbrennungsmotor können insbesondere eine Übergangslösung für Langstrecken sein. Sie können bei Bedarf auf den Verbrennungsmotor zurückgreifen. Fahrzeuge mit hybridem Antrieb werden unterschieden in *Hybrid Electric Vehicles* (HEV) und *Plug-In Hybrid Vehicles* (PHEV), deren Batterie extern aus dem Stromnetz geladen werden kann. Tabelle 1 liefert einen Überblick über die relevanten Komponenten der verschiedenen Antriebstechnologien.

Die Modifizierung des Antriebsstrangs bedeutet eine Umstellung der Produktion und der benötigten Komponenten. Da sich die neuen Komponenten teils sehr stark von den herkömmlichen Komponenten unterscheiden, müssen die Zulieferer von Antriebsstrangkomponenten ihr Produktportfolio massiv umstellen. Besonders für die Zulieferer, die in den Bereichen Verbrennungsmotor, Starter & Lichtmaschine, Abgasanlage, Kraftstoffversorgung und teils dem Getriebe tätig sind, gilt es schnell zu reagieren. Mittelfristig werden die Komponenten bei weltweit steigenden Verkaufszahlen, auch von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, weiterhin benötigt, jedoch nimmt die Komplexität hinsichtlich höherer Anforderungen im Rahmen von bspw. Schadstoffgrenzwerten zu. Die Weiterentwicklung bestehender Produkte sowie die Vorbereitung auf eine mögliche Post-Verbrenner-Ära mit neuem Produktportfolio stellen die Zulieferer vor zeitlich gebündelte Herausforderungen.

4 Treiber des Strukturwandels

Der Strukturwandel im Automobilssektor erklärt sich mit Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen und geht weit über eine Verschiebung der Bedeutung von Antriebssystemen hinaus. Im Folgenden werden daher zunächst antriebsunabhängige, aber besonders wirkmächtige Trends mit Wirkungen auf den Automobilssektor diskutiert. Anschließend werden zentrale Rahmenbedingungen für den Antriebswechsel erläutert und anhand von aktuellen Entwicklungen bzw. umgesetzten Maßnahmen konkretisiert.

4.1 Megatrends im Automobilssektor

Der Automobilssektor befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel, der sich durch drei weltweit wirksame „Megatrends“ begründet. Diese umfassen die Notwendigkeit einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors und damit eines Umstiegs auf alternative Antriebe bzw. Kraftstoffe bei Kraftfahrzeugen, die fortschreitende Digitalisierung mit Auswirkungen auf Fahrzeugproduktion und Mobilitätsangebote sowie eine starke Verschiebung von Automobilnachfrage und -produktion zwischen den wichtigsten Absatzmärkten.

Auch wenn im Rahmen der Fallstudie der Schwerpunkt auf den Umstieg vom verbrennungsmotorischen auf den elektrischen Antrieb und dessen Konsequenzen für den Automobilssektor gelegt wird, so kann dieser angesichts zahlreicher Wechselwirkungen nicht unabhängig von parallel verlaufenden Entwicklungen diskutiert werden. So spielt beispielsweise auch die Rahmensetzung in Wachstumsmärkten wie China eine wichtige und an Bedeutung gewinnende Rolle für die Produktstrategie deutscher Fahrzeughersteller, die sich unter anderem mit der veränderten Bedeutung globaler Absatzmärkte erklärt.

4.1.1 Dekarbonisierung des Verkehrssektors

Der Straßenverkehr ist für 28 % des weltweiten Endenergiebedarfs und 23 % der weltweiten energiebedingten Treibhausgasemissionen verantwortlich und hat im Jahr 2014 60 % der weltweiten mineralölbasierten Energienachfrage verursacht (IEA & OECD 2017). Weltweit nahm der Straßenverkehr im Jahr 2010 einen Anteil von über 70 % der THG-Emissionen des gesamten Verkehrssektors ein (Sims et al. 2014). Angesichts einer kontinuierlich ansteigenden Motorisierung der Weltbevölkerung sowie einer Dominanz des verbrennungsmotorischen Antriebs ist eine weiter ansteigende Bedeutung des Verkehrssektors zu konstatieren. So wa-

ren im Jahr 2016 etwa 1,1 Mrd. Pkw weltweit zugelassen, bis 2030 wird ein weiterer Anstieg auf etwa 1,4 Mrd. Pkw prognostiziert (Bloomberg Finance 2017). Der Einsatz von erneuerbaren Energien spielt im Straßenverkehr bislang eine nachrangige Rolle und beschränkt sich im Wesentlichen auf biogene Kraftstoffe – in Europa 2015 etwa 6 % des Gesamtenergiebedarfs (EC 2016) und 2012 2,5 % des weltweiten Energiebedarfs des Straßenverkehrs (Ahlgren et al. 2017).

Vor dem Hintergrund der im Paris-Abkommen formulierten Ziele ist eine drastische Minderung der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahren erforderlich. Der Einsatz von erneuerbaren Energien mittels Elektrifizierung des Fahrzeugantriebs stellt dabei ein zentrales Handlungsfeld dar und wird durch eine entsprechende Rahmensetzung in vielen Automobilmärkten flankiert, die im Abschnitt 4.3 weiter ausgeführt wird. Die weitere Effizienzsteigerung des verbrennungsmotorischen Antriebs ist für die langfristig erforderliche vollständige Dekarbonisierung des Straßenverkehrs nicht ausreichend bzw. würde den Einsatz von strombasierten Kraftstoffen in großen Mengen erforderlich machen, die allerdings gegenüber der direkten Stromnutzung einen deutlich geringeren Wirkungsgrad aufweisen und damit einen viel höheren Bedarf an erneuerbaren Energien zur Konsequenz hätten (Cambridge Econometrics & Element Energy 2018; IEA & OECD 2009, 2017).

4.1.2 Digitalisierung

Die fortschreitende Digitalisierung wirkt sich sowohl auf die Produktionsprozesse und Produkte als auch auf die Nachfrageseite im Automobilsektor aus. Die sogenannte „Industrie 4.0“ zeichnet sich durch eine fortschreitende Flexibilisierung und Dezentralisierung der Produktion aus. Bisher branchenübliche Modellzyklen von fünf bis acht Jahren verkürzen sich in diesem Zuge voraussichtlich deutlich (Kuhnert et al. 2017). Für die Fahrzeughersteller und Zulieferer bedeutet dies eine umfassende Veränderung der Produktionsprozesse und für die Mitarbeiterschaft eine starke Veränderung der notwendigen Qualifikation (Bauer et al. 2018).

Gleichzeitig sind mit der Digitalisierung im Automobilsektor aber auch fundamentale Veränderungen auf Seiten der Produkte und der Geschäftsmodelle verbunden. Das vernetzte und autonome Fahren erfordert neue Kompetenzen im Automobilbau, wie beispielsweise in den Bereich Sensorik und Informationstechnologien. Gleichzeitig gewinnen im Zuge der Digitalisierung und veränderter Nutzeransprüche neue Mobilitätsdienstleistungen an Bedeutung. Während sich in den vergangenen Jahrzehnten die Bedeutung der wichtigsten Fahrzeughersteller

weltweit kaum verschoben hat, deutet sich vor diesem Hintergrund ein Paradigmenwechsel an. Neue Mobilitätsanbieter wie z. B. Uber und DiDi, Tech-Konzerne wie z. B. Apple und Google sowie aufstrebende OEMs wie z. B. Tesla oder BYD, verändern die Situation im Automobilsektor fundamental (Bauer et al. 2018; McKinsey & Company 2016a). Welche Rolle klassische Fahrzeughersteller und die „Hardware“, also das Fahrzeug, in Zukunft einnehmen werden und welche Akteure die margenträchtige Schnittstelle zum Kunden besetzen können, sind in diesem Kontext zentrale Fragen. OEMs stehen vor der Herausforderung, dass sie in zukunftssträchtigen Geschäftsfeldern zunehmend in Konkurrenz zu internationalen Plattformanbietern mit deutlich höherem Marktwert, höherer Innovationskraft und etablierten Netzwerken stehen und mit diesen um die Rolle des „Systemintegrators“ konkurrieren (Seiberth 2015).

4.1.3 Verlagerung der globalen Automobilnachfrage und -produktion

Die globale Automobilnachfrage hat sich in den vergangenen Jahren deutlich verschoben. Angesichts der starken internationalen Verflechtungen der Automobilproduktion sind diese Veränderungen von erheblicher Bedeutung für den Automobilsektor in Deutschland, der sich durch eine hohe Exportquote und einer Vielzahl an internationalen Produktionsstätten und Joint Ventures auszeichnet. Veränderte Rahmenbedingungen in wichtigen Automobilmärkten, wie z. B. China, haben angesichts der internationalen Handelsbeziehungen somit auch starke Auswirkungen auf die heimische Automobilproduktion und die Entwicklungsaktivitäten von OEMs und Zulieferern.

Der globale Automobilmarkt weist eine kontinuierliche Zunahme des jährlichen Fahrzeugabsatzes auf, der sich erst in den letzten Jahren abgeschwächt hat. Allein im Zeitraum von 2005 bis 2017 sind die jährlichen Pkw-Verkäufe von etwa 45 Mio. Fahrzeugen auf über 70 Mio. angestiegen – eine Steigerung um mehr als 50 % (OICA 2019). Während sich die Pkw-Verkäufe in Europa in den letzten Jahren kaum verändert haben (knapp 18 Mio.) und in Nordamerika tendenziell rückläufig sind (knapp 8 Mio. in 2017), sind die jährlichen Neuzulassungen in China von unter 4 Mio. im Jahr 2005 auf knapp 25 Mio. im Jahr 2017 angestiegen. Der Anteil Chinas am weltweiten Pkw-Absatz hat sich in dieser Zeit von 9 % auf 35 % gesteigert und damit nahezu vervierfacht (OICA 2019). Die globalen Verschiebungen in der Fahrzeugnachfrage blieben nicht ohne Konsequenzen für die globale Verteilung der Produktionsstätten und der Hersteller mit unterschiedlichen regionalen Schwerpunkten. Insbesondere die weitere Entwicklung des chinesischen Markts und die dort vorherrschenden Rahmenbedingungen sind daher

für die Automobilindustrie weltweit bedeutsam. So liegt der Anteil des Fahrzeugabsatzes der wichtigen internationalen Automobilhersteller in China mittlerweile zwischen 20 und 40 % (PwC 2018). Insbesondere im Premiumsegment erfolgt der Fahrzeugabsatz über den Import. Der Hauptteil des Fahrzeugabsatzes erfolgt jedoch über Unternehmensbeteiligungen (Joint Ventures) in chinesischen Produktionsstätten. Hauptgründe hierfür sind hohe Importzölle sowie die staatlichen Vorgaben zur Beteiligung chinesischer Partner an der Fahrzeugproduktion ausländischer Unternehmen in China. Der Gesamtfahrzeugabsatz in China wird zu etwa zwei Dritteln von Joint Ventures geprägt. Etwa ein weiteres Viertel entfällt auf lokale chinesische Unternehmen und weniger als 10 % auf importierte Fahrzeuge (Gao et al. 2015). Die in jüngster Zeit angekündigte zunehmende Marktöffnung durch Senkung von Importzöllen und der Grenzen für ausländische Unternehmensbeteiligungen soll perspektivisch die weltweite Wettbewerbsfähigkeit der chinesischen Automobilproduktion erhöhen (PwC 2018). Seit 2010 hat sich der Anteil chinesischer Marken am heimischen Automobilabsatz von 29 % auf 40 % im Jahr 2017 erhöht. Ein Anteil von 99 % lokal produzierter Fahrzeuge am Gesamtabsatz von Elektro-Pkw in China im Jahr 2017 unterstreicht die hohe Relevanz dieses Markts und der dort ansässigen Unternehmen für die Zukunft (PwC 2018).

4.2 Übergeordnete Rahmenbedingungen für den Umstieg vom verbrennungsmotorischen auf den elektrischen Antrieb

Der sich abzeichnende globale Umstieg vom verbrennungsmotorischen auf den elektrischen Antrieb in der Automobilproduktion wird im Wesentlichen durch drei Einflussgrößen getrieben bzw. ermöglicht, die im Folgenden erläutert werden.

4.2.1 Technologischer Fortschritt von Batterien

Die Fortschritte bei der Entwicklung von Batterien für mobile Anwendungen in den vergangenen Jahren bilden die technologische Grundlage für die Serienfertigung von batterieelektrischen Fahrzeugen. Ausgelöst durch die hohe Nachfrage nach Batterien für tragbare Unterhaltungselektronikgeräte und mit der Markteinführung von Lithium-Ionen-Batterien im Jahr 1991 wurde die technologische Grundlage für eine ausreichende elektrochemische Stromspeicherung im Fahrzeug und damit den elektrischen Betrieb von Pkw geschaffen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung, die in einer Erhöhung der Energiedichte sowie einer kontinuierlichen Kostendegression von Batteriesystemen resultierte, ist das Ergebnis

von hohen Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie zunehmenden Skaleneffekten über die vergangenen 25 Jahre (Baes et al. 2018). Auch in den kommenden Jahren ist mit einer weiteren inkrementellen Verbesserung der verfügbaren Batterietechnologie zu rechnen und es zeichnen sich mittelfristig mit dem Einsatz neuer Batterietechnologien (u. a. Festkörperbatterien) weitere Technologiesprünge ab. Die weltweiten Investitionen in den Aufbau großer Batteriefertigungskapazitäten werden in den nächsten Jahren voraussichtlich eine weitere Degression der Batterieproduktionskosten zur Folge haben (IEA 2018).

Die graduelle Elektrifizierung des Antriebsstrangs über Hybridkonzepte bis hin zum rein batterieelektrischen Fahrzeug konnte zudem dem jeweiligen Entwicklungsstand der Batterietechnologie gerecht werden und bereits einen frühzeitigen Absatz (teil-)elektrischer Fahrzeuge in relevanten Stückzahlen ermöglichen, die den hohen Nutzeranforderungen der Kunden genügen. Diese sind, zumindest in den „reiferen“ Märkten, v. a. in Europa und Nordamerika, durch die langjährige Nutzung verbrennungsmotorischer Fahrzeuge geprägt.

Die Nutzung der technologischen Fortschritte bei Batterien für die Serienfertigung von Elektrofahrzeugen muss jedoch in engem Zusammenhang mit einer entsprechenden politischen Rahmensetzung in wichtigen Automobilmärkten (v. a. China, Kalifornien, EU) gesehen werden, die Anreize für einen Technologiewechsel bei der Automobilindustrie gesetzt haben (siehe auch Abschnitt 4.3). So haben sich durch den technologischen Fortschritt Technologiealternativen ergeben, der Impuls zur Markteinführung wurde jedoch im Wesentlichen durch ein verändertes regulatorisches Umfeld erzielt.

4.2.2 Handlungsbedarf zur Minderung der Umweltwirkungen

Ein global weiter ansteigender Pkw-Bestand und eine weiter zunehmende Urbanisierung – insbesondere in Schwellenländern – hat die negativen Umweltwirkungen und den Handlungsdruck, die durch den konventionellen verbrennungsmotorischen Antrieb verursacht werden, in den vergangenen Dekaden deutlich verschärft.

Die Möglichkeit, über den batterieelektrischen Pkw-Antrieb einerseits lokal emissionsfreien Fahrzeugbetrieb sicherzustellen und gleichzeitig angesichts des hohen Gesamtwirkungsgrads einen besonders effizienten Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien und damit perspektivisch einen klimaneutralen Fahrzeugbetrieb zu ermöglichen, hat sich zu einem zentralen Treiber für den Umstieg auf Elektrofahrzeuge entwickelt. Der sich verschärfende Zielkonflikt einer weiteren

Effizienzsteigerung konventionell betriebener Pkw bei gleichzeitig ansteigenden Anforderungen an die Luftschadstoffemissionen weltweit verstärkt diesen Trend weiter, da der Aufwand zur Erreichung beider Ziele bei verbrennungsmotorischen Fahrzeugen einen zunehmenden technischen Aufwand und insbesondere höhere Fahrzeugkosten zur Folge hat.

4.2.3 Industrie- und geopolitische Interessen

Gleichzeitig ist der Technologiewechsel auch von industrie- und geopolitischen Interessen getrieben. So haben sich die Nachfragemärkte in den vergangenen Jahren, wie zuvor beschrieben, sehr stark verschoben und China hat sich zum weltweit wichtigsten Absatzmarkt entwickelt. Die geringere Wettbewerbsfähigkeit der dortigen Automobilindustrie in der etablierten verbrennungsmotorischen Antriebstechnologie und die Technologie- und Fertigungskompetenz bei Batterien stellen somit eine Motivation dar, frühzeitig auf die elektrische Antriebstechnologie umzusteigen und technologisch zu globalen Wettbewerbern in der Automobilproduktion aufzuschließen.

Zudem zeichnen sich wichtige Automobilmärkte (u. a. Europa und China) durch eine hohe Importabhängigkeit bei Mineralölprodukten aus. So hat sich beispielsweise China in den vergangenen Jahren zum größten Ölimporteur der Welt entwickelt (Gao et al. 2015). Die Elektrifizierung des Fahrzeugbestands wird in diesem Kontext als eine wichtige Strategie für eine Minderung der Importabhängigkeit und eine Steigerung der nationalen Wertschöpfung bei der Energiebereitstellung verfolgt.

4.3 Wirksame Entwicklungen und Maßnahmen für den Umstieg vom verbrennungsmotorischen auf den elektrischen Antrieb

Die übergeordneten Rahmenbedingungen für einen Umstieg vom verbrennungsmotorischen auf den elektrischen Antrieb lassen sich anhand weiterer Entwicklungen und Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen konkretisieren. Neben technischen Entwicklungen und neuen Unternehmensaktivitäten sind diese insbesondere von einer veränderten politischen bzw. regulativen Rahmensetzung geprägt, die den zuvor diskutierten übergeordneten Rahmenbedingungen folgen. In den führenden Märkten für Elektrofahrzeuge wird der Umstieg hin zu E-Fahrzeugen maßgeblich durch die politische Rahmensetzung getrieben und diese kann durchaus als zentraler Treiber für die Markteinführung von Elektrofahrzeugen betrachtet werden (IEA 2018).

Grundsätzlich lassen sich dabei unterschiedliche Ebenen und Wirkrichtungen der Entwicklungen und Maßnahmen unterscheiden. Entwicklungen und Maßnahmen, die den Antriebswechsel befördern, können prinzipiell auf folgenden Ebenen wirksam sein:

- international (z. B. verschärfte CO₂-Regulierung von Neufahrzeugen),
- national (z. B. nationale Förderprämien beim Kauf von E-Fahrzeugen) oder
- lokal (z. B. geringere City-Maut für E-Fahrzeuge).

Die Wirkungsweise von Maßnahmen erfolgt durch:

- die Förderung von Angebot und Nachfrage von E-Pkw (z. B. durch monetäre Kaufförderung, Ladeinfrastrukturaufbau) bzw.
- vermehrte Restriktionen für das Angebot und die Nachfrage verbrennungsmotorischer Fahrzeuge (z. B. lokale Fahrverbote, nationale Zulassungsverbote).

Im Folgenden sind wichtige Entwicklungen und Maßnahmen sowie die Ebene und Art der Wirkung tabellarisch zusammengefasst. Die Einzelmaßnahmen bzw. Entwicklungen sind im Folgenden näher erläutert.

Tabelle 2: Komponenten des Antriebsstrangs in verschiedenen Antriebskonzepten

Entwicklung	Ebene	Wirkungsweise
Verschärfte Effizienz-/Emissionsstandards Pkw-(Flotten)	National, international	Anreiz für Hersteller verstärkt E-Fahrzeuge abzusetzen
Verschärfte Luftschadstoffgrenzwerte	National, international	Kostensteigerung bei konventionellen Pkw
Verpflichtende Zielzahlen für E-Pkw	National	Anreiz für Hersteller verstärkt E-Fahrzeuge abzusetzen
Städtische Einfahrverbote konv. Pkw	Lokal	Nutzung konv. Pkw eingeschränkt

Entwicklung	Ebene	Wirkungsweise
Zukünftige Zulassungsverbote konv. Pkw	National	Investition in Produktion von konv. Pkw wird unattraktiver
Monetäre Anreize bei Kauf / Zulassung von E-Pkw	National, lokal	geringerer Aufpreis des E-Pkw
Geringere Besteuerung von Strom/des Betriebs von E-Pkw (z. B. bei Dienstwagen)	National	geringere Betriebskosten des E-Pkw
Förderung/Aufbau von Ladeinfrastruktur	National, lokal	geringere Nutzungsrestriktionen von E-Pkw
Staatliche Förderung von F&E	National	technische/ökonomische Konkurrenzfähigkeit zu konv. Pkw
Ausbau der EE-Stromerzeugung	National	vorteilhafte Klimabilanz des E-Pkw
Neue Wettbewerber	Weltweit	Wettbewerb um Technologieführerschaft durch neue Akteure

Quelle: eigene Darstellung, basierend auf (Schade et al. 2014; Spath et al. 2012)

4.3.1 Verschärfte Effizienzstandards für Pkw-Neufahrzeuge

In allen wichtigen Fahrzeugabsatzmärkten weltweit sind mittlerweile CO₂- bzw. Effizienzstandards für neu zugelassene Pkw und teilweise auch Nutzfahrzeuge etabliert. Diese wurden über die Zeit schrittweise verschärft und Zielwerte für die kommenden Jahre definiert (ICCT 2014). Ziel der Regulierung ist es, die Energieeffizienz von Neufahrzeugen zu erhöhen und damit den Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Da eine Zielverfehlung auf Hersteller-ebene mit Strafzahlungen gekoppelt ist, werden die Entwicklung und der Verkauf energieeffizienter Fahrzeuge angereizt. Der Absatz von Elektrofahrzeugen wirkt sich in zweierlei Hinsicht positiv auf die Zielerreichung aus, da diese angesichts keiner direkten Emissionen im elektrischen Betrieb mit Null gerechnet werden

und teilweise auch mehrfach gewichtet werden (siehe bspw. EU-Regulierung). Für Fahrzeughersteller werden dadurch zunehmend Anreize geschaffen neben der Entwicklung effizienter konventioneller Fahrzeuge auch über den verstärkten Einsatz von E-Fahrzeugen die Zielwerte zu erreichen und Strafzahlungen zu vermeiden.

4.3.2 Verschärfte Luftschadstoffgrenzwerte

Verbrennungsmotorische Fahrzeuge verursachen relevante Emissionen von Luftschadstoffen wie Stickstoffoxiden und Partikeln. In allen wichtigen Fahrzeugmärkten wurden daher Grenzwerte für Luftschadstoffemissionen etabliert und über die Zeit kontinuierlich verschärft. In der jüngeren Vergangenheit wurden die Anforderungen zur Einhaltung der Standards in mehreren Ländern (USA, EU) auf den Einsatz unter Realbedingungen ausgeweitet. In Kombination mit den Anforderungen an die Fahrzeugeffizienz (siehe CO₂-Standards) haben sich der technische Aufwand zur Zielerreichung und damit auch die Kosten für Abgasreinigungstechnologien signifikant erhöht. Insbesondere in Fahrzeugsegmenten mit geringen Gewinnmargen stellt sich für Hersteller daher zunehmend die Frage nach der Wirtschaftlichkeit einer Weiterentwicklung des verbrennungsmotorischen Antriebs zur Zielerreichung oder dem frühzeitigen Umstieg auf Elektrofahrzeuge als Alternative. Mehrere Hersteller haben in jüngster Zeit, auch unter dem Eindruck des „Diesel-Skandals“, den Ausstieg aus der Entwicklung und dem Verkauf von Dieselfahrzeugen für einzelne Modelle oder sogar die gesamte Modellpalette für die kommenden Jahre angekündigt (IEA 2018).

4.3.3 Verpflichtende Zielzahlen für E-Pkw

In mehreren Ländern werden die Fahrzeughersteller, jenseits des indirekten Anreizes über die CO₂-Regulierung, zu konkreten Zielzahlen für den Absatz von Null-Emissions-Fahrzeugen verpflichtet, welche aktuell im Wesentlichen mit Elektrofahrzeugen gleichzusetzen sind. In Kalifornien wurden bereits im Jahr 1990 mit dem *Zero Emission Vehicle (ZEV) Mandate* verpflichtende Zielzahlen für den Absatz von Null-Emissions-Fahrzeugen eingeführt und über die Jahre weiterentwickelt und verschärft sowie von weiteren Bundesstaaten sowie Provinzen in Kanada übernommen. Auch in China, dem wichtigsten Automobilmarkt weltweit, wurde im Jahr 2018 eine Mindestquote für die Produktion von E-Fahrzeugen auf Herstellerebene als zentrales Instrument zur Stärkung des Fahrzeugangebots eingeführt (ICCT 2018a; IEA 2019b). Die kontinuierliche Weiterentwick-

lung soll dabei Planungssicherheit für die Fahrzeughersteller schaffen und Anreize für weitere Investitionen in die Fertigung von E-Fahrzeugen und andere Null-Emissions-Fahrzeuge setzen.

4.3.4 Lokale Einfahrverbote für konventionelle Pkw

Angesichts der weiterhin hohen Luftschadstoffemissionen, insbesondere von Stickstoffoxiden, bei Dieselfahrzeugen und der weiterhin häufigen Überschreitung von Luftschadstoffgrenzwerten, haben zahlreiche Metropolen weltweit ein komplettes Einfahrverbot für Dieselfahrzeuge für die kommenden Jahre angekündigt oder bereits für bestimmte Stadtgebiete oder Straßen sowie ältere Fahrzeugmodelle mit schlechterer Schadstoffklasse umgesetzt. Diese Handhabe wurde in Deutschland durch ein Urteil des Bundesverwaltungsgerichts im Jahr 2018 rechtlich bestätigt (IEA 2018). Zahlreiche Großstädte weltweit äußerten in einer gemeinsamen Erklärung zudem das Bestreben, bis zum Jahr 2030 einen emissionsfreien Straßenverkehr erreichen zu wollen (C40 Cities 2019).

Insbesondere in chinesischen Großstädten wie Peking oder Shanghai wird außerdem die Zulassung von Elektrofahrzeugen durch Kontingentierung der Lizenzen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen stark begünstigt und steigert somit die Attraktivität von Elektrofahrzeugen für die Nutzer maßgeblich (Felizeter 2016).

4.3.5 Zukünftige Zulassungsverbote für konventionelle Pkw

Auch auf nationaler Ebene haben in den letzten Jahren mehrere Regierungen das Ziel formuliert, den Verkauf bzw. die Zulassung von verbrennungsmotorischen Fahrzeugen in absehbarer Zeit nicht mehr zu erlauben und streben ein Ziel von 100 % Null-Emissions-Fahrzeugen an. So plant beispielsweise Norwegen bereits einen Ausstieg aus der Zulassung konventioneller Fahrzeuge im Jahr 2025. Weitere Länder wie die Niederlande, Irland, aber auch große Automobilmärkte wie Indien, streben einen Ausstieg bis zum Jahr 2030 an. Weitere wichtige Märkte wie Frankreich, China und das Vereinigte Königreich planen dies bis zum Jahr 2040. Auch in Deutschland werden Zieljahre im Kontext der Diskussion um die Erreichung der Klimaschutzziele regelmäßig genannt, eine breite Unterstützung konnte jedoch noch nicht gefunden werden. Die Umsetzung von Zulassungsverböten wird bisher nicht weiter konkretisiert und könnte für EU-Mitgliedstaaten beispielsweise nur auf EU-Ebene als tatsächliches Verbot rechtlich verankert werden. Auf nationalstaatlicher Ebene könnte ein Verbot indirekt über beispielweise prohibitiv hohe Zulassungssteuern implementiert werden. Die

Zielsetzungen sind daher vielmehr als politisches Signal eines Richtungswechsels an alle betroffenen Akteure zu verstehen, der einen Ausstieg aus einer Technologie zum mittelfristigen Ziel hat.

4.3.6 Monetäre Anreize bei Kauf und Zulassung von E-Pkw

Die veränderte Kostenstruktur von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen, die sich in höheren Anschaffungskosten und geringeren Betriebskosten äußert, wird als ein zentrales Hemmnis für die Kundenakzeptanz beurteilt, insbesondere, wenn sich die höheren Investitionskosten auch bei langen Haltedauern für den Nutzer nicht amortisieren. Um diesem Nachteil zu entgegen, werden in allen Ländern mit relevanten Zulassungszahlen für E-Fahrzeuge monetäre Anreize in Form von Kaufprämien oder einer geringeren Zulassungs- bzw. Kraftfahrzeugbesteuerung gesetzt. In einigen Ländern (z. B. Schweden, Frankreich) werden diese auch durch eine höhere Belastung von konventionellen Fahrzeugen mit hohem Kraftstoffverbrauch (sogenanntes Bonus-Malus-System) flankiert. Typischerweise liegen die gewährten monetären Anreize zwischen etwa 4.500 und 9.000 Euro. In Ländern mit sehr hohen E-Pkw-Zulassungszahlen, wie beispielsweise Norwegen, China und den Niederlanden sind die staatlichen Anreize sogar noch deutlich höher. In einigen Ländern werden die Anreize durch weitere regionale Anreize ergänzt. In vielen Fällen wird die Höhe der Kaufanreize jährlich überarbeitet und an veränderte Marktgegebenheiten, wie bspw. sinkende Batteriekosten, angepasst (ICCT 2018b).

4.3.7 Geringere Besteuerung von Strom/des Fahrzeugbetriebs (z. B. bei Dienstwagen)

Der Betrieb von elektrischen Pkw profitiert in vielen Ländern von dem geringeren Steuersatz und damit geringeren Kilometerkosten im Vergleich zur weniger energieeffizienten Nutzung von konventionellen Kraftstoffen in verbrennungsmotorischen Fahrzeugen. Zudem wird der Fahrzeugbetrieb in einigen Ländern durch weitere Anreize in der Betriebsphase begünstigt. So wird in Deutschland der Bruttolistenpreis eines privat genutzten Dienstwagens, von dem monatlich 1 % als geldwerter Vorteil und damit als Einkommen versteuert werden muss, gemindert angesetzt, sofern es sich um ein (teil-)elektrisches Fahrzeug handelt (Einkommensteuergesetz (EStG) § 6 Abs.1 Nr. 4). Für Fahrzeuge, die keine CO₂-Emissionen pro gefahrenen Kilometer und einen Bruttolistenpreis von unter 60.000 Euro aufweisen und nach dem 31.12.2018 angeschafft wurden, wird nur noch ein Viertel des Listenpreises als Grundlage angesetzt. Diese Regelung gilt zunächst bis Anfang 2031. Hybridfahrzeuge werden ebenfalls begünstigt, jedoch

in geringerem Maß (der Bruttolistenpreis wird zur Hälfte angesetzt) und müssen einer der beiden folgenden Anforderungen genügen: die Fahrzeuge dürfen maximal 50 Gramm CO₂ pro gefahrenen Kilometer ausstoßen, oder müssen eine Mindestreichweite, die rein elektrisch zurückgelegt werden kann, aufweisen. Die erforderliche Mindestreichweite erhöht sich bis 2024 von aktuell zugelassenen Fahrzeugen mit 40 km auf 80 km.

4.3.8 Infrastruktur

Die Einsatzmöglichkeiten von Elektrofahrzeugen – und damit auch deren Markterfolg – sind eng an die verfügbare Ladeinfrastruktur gekoppelt. Ein funktionierendes Ladeinfrastrukturnetz ist eine Kernvoraussetzung für die Kundenakzeptanz und deren Vertrauen in die Fahrzeugreichweite. Zwar zeigen zahlreiche Studien, dass Lademöglichkeiten am Wohnort für viele Nutzer in vielen Fällen ausreichend sind, hohe Marktanteile von E-Fahrzeugen werden jedoch nur in Märkten erreicht, in denen auch ein dichtes öffentliches bzw. halb-öffentliches Ladernetz besteht. In den führenden Märkten wird der Ausbau der Infrastruktur durch Initiativen von Energieversorgern, nationalen und lokalen Verwaltungen und öffentlich-private Partnerschaften realisiert. Insbesondere in der frühen Marktphase ist eine staatliche Unterstützung angesichts einer fehlenden Wirtschaftlichkeit des Infrastrukturbetriebs notwendig (ICCT 2018b).

In den vergangenen zehn Jahren wurde die Ladeinfrastruktur in den führenden Märkten sehr stark ausgebaut und für die Zukunft wurden ambitionierte Ausbauziele gesetzt. Allein für die EU wurden für einen Zeitraum von vier Jahren Investitionen von knapp 1 Mrd. Euro in Ladeinfrastruktur angekündigt. Insbesondere in Ländern mit geringer privater Stellplatzverfügbarkeit wurde ein besonderer Schwerpunkt auf öffentliche Schnellladestationen gelegt, so z. B. in Japan und China. Aber auch in anderen Märkten gewinnt die Schnellladeinfrastruktur mittlerweile an Bedeutung (IEA 2018).

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur wird von mehreren Einflussgrößen getrieben. Neben nationalen Zielen und der staatlichen Förderung des Infrastrukturaufbaus spielt insbesondere die lokale Ebene bei der Umsetzung eine zentrale Rolle. Zunehmend wird der Infrastrukturaufbau auch von der Privatwirtschaft realisiert. Zudem schaffen rechtliche Regelungen, z. B. zum Aufbau von Ladeinfrastruktur in privaten Gebäuden, eine Grundlage für einen flächendeckenden Infrastrukturaufbau.

4.3.9 Staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung

Neben den genannten monetären Anreizen bei der Anschaffung von Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur zielt die staatliche Förderung der Elektromobilität oftmals auf technologische Forschung und Entwicklung. Auch in Deutschland lag hier vor Einführung des sog. „Umweltbonus“ der Schwerpunkt der staatlichen Fördermaßnahmen. Ein Schwerpunkt der Forschungsförderung liegt dabei auf der Fertigung von Batteriezellen und -systemen, von der zum einen bedeutende Effizienzgewinne und zum anderen ein relevanter Anteil der Wertschöpfung erwartet wird. So wurde im Jahr 2019 die Entscheidung getroffen, mit einer staatlichen Förderung von zunächst 500 Millionen Euro eine zentrale „Forschungsfertigung Batteriezelle“ in Münster aufzubauen.

Zudem existiert (über die Förderung der Anschaffung hinaus) eine Förderung der Erprobung von Fahrzeugen. Bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen konzentriert sich diese zumeist auf Sonderanwendungen wie Taxis, gewerbliche Flotten und Kurierdienste. Ansonsten zielt die öffentliche Förderung von Pilotprojekten mittlerweile stärker auf schwere Nutzfahrzeuge wie Busse und Lkw sowie auf Sonderfahrzeuge ab.

4.3.10 Ausbau der EE-Stromerzeugung

Weltweit verfügte schon im Jahr 2015 die überwiegende Mehrheit der Staaten über Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien (IRENA 2015) und insbesondere das Pariser Klimaschutzabkommen führt zu einer wachsenden internationalen Verbindlichkeit.

In Deutschland ist der weitere Ausbaupfad für erneuerbare Energien politisch beschlossen: Ein Anteil erneuerbarer Energien von 40 bis 45 % am Bruttostrombedarf im Jahr 2025, 55 bis 60 % im Jahr 2035 sowie mindestens 80 % bis 2050 ist im EEG 2017 gesetzlich verankert. Die durch die Bundesregierung eingesetzte Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ hat im Jahr 2019 in ihrem Abschlussbericht ein Ende der CO₂-intensiven Kohleverstromung bis spätestens 2038 empfohlen und das Bundeskabinett daraufhin Eckpunkte zur Umsetzung der Maßnahmen beschlossen.

Ein Wachstum der Elektromobilität erfordert einen Zubau an Kraftwerkskapazitäten um die zusätzliche Stromnachfrage bedienen zu können. Die formulierten Ziele als prozentualer Anteil am gesamten Stromverbrauch bedingen, dass dieser Zubau in wachsendem Maße durch erneuerbare Energien zu realisieren ist.

Dementsprechend ist sichergestellt, dass die CO₂-Intensität von Elektrofahrzeugen auch beim Laden mit dem nationalen Strommix kontinuierlich über die Zeit sinkt. Für die Minderung der THG-Emissionen des Verkehrs ist die Dekarbonisierung des Stromsystems elementar und gleichzeitig ein ambitioniertes Ziel, welches auch über die bestehenden Beschlüsse hinaus forciert werden muss.

4.3.11 Neue Wettbewerber

Als weltweit führender Hersteller von elektrischen Pkw hat sich das US-amerikanische Unternehmen Tesla etabliert, mit einem Marktanteil von mehr als 10 % im Jahr 2018 (McKinsey & Company 2019). Mit den angebotenen Modellen, die zunächst in der Ober-, mittlerweile auch in der Mittelklasse angesiedelt waren bzw. sind, stellt dieser neue Produzent eine Herausforderung gerade auch für die deutschen Premiumhersteller dar. Weltweit, mit Schwerpunkt in China, drängen neue Elektroauto-Startups in den Markt, die den klassischen Herstellern teils Personal abwerben und dadurch Know-how zur Fahrzeugproduktion aufbauen (Bsp. Byton). Zwar können die neuen Akteure beim Einstieg in die Automobilproduktion nicht wie die etablierten OEM über eine jahrzehntelang gewachsene Struktur aus Arbeitskräften, Fertigungsstätten, Zulieferern, Vertriebswegen etc. verfügen. Dies wird jedoch teils auch als Vorteil gesehen, da diese Strukturen, sofern sie sehr mit dem Verbrennungsmotor verhaftet sind, auch Hemmnisse für einen Wandel darstellen können.

Gleichzeitig drängen neue mächtige Akteure aus anderen Branchen in den Markt. So lag etwa der chinesische Mischkonzern BYD, dessen Ursprung in der Batterieherstellung liegt, im Jahr 2018 an zweiter Stelle in der globalen Elektroautoproduktion. Auch große Tech-Konzerne wie Apple und Google drängen in den Mobilitätsmarkt, wobei weiterhin unklar ist, ob sie dabei auch die Fahrzeugproduktion selbst in Eigenregie umsetzen werden.

5 Mögliche Entwicklungen der Branche und ihre Folgewirkungen

Der weltweite Pkw-Bestand wuchs in den letzten Jahren um jährlich ca. 4 % auf ca. 950 Millionen im Jahr 2015 (neueste veröffentlichte Zahl der OICA) und wird laut der Mehrzahl der Marktstudien bis 2030 weiter wachsen auf eine Größenordnung von 1,4 Milliarden Fahrzeuge. Im Jahr 2018 wurden weltweit etwa 85 Mio. Pkw neu zugelassen (OICA 2019). China ist mittlerweile der wichtigste Markt vor Europa und Nordamerika (vgl. Abschnitt 4.1.3).

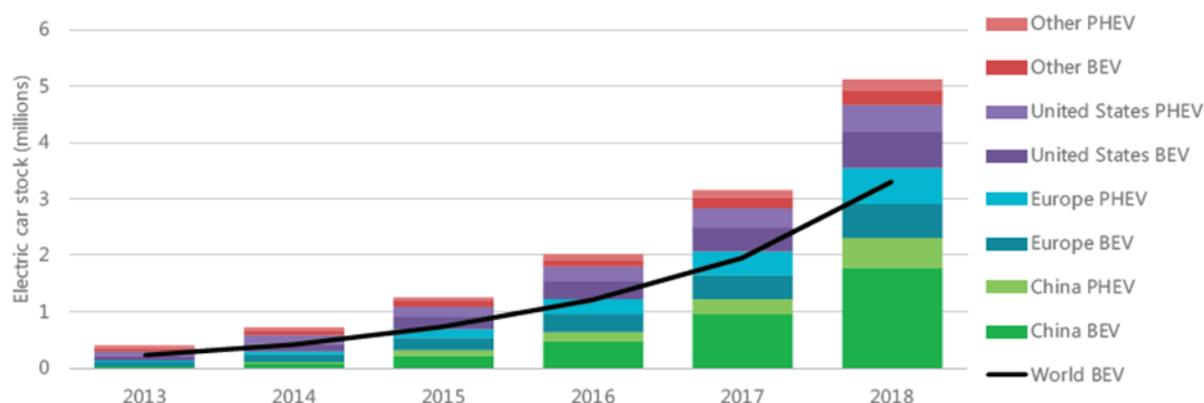
Die zunehmende Elektrifizierung ist einer von mehreren Trends, die auf den Fahrzeugmarkt und -bestand wirken. Die Effekte von neuen Mobilitätskonzepten, vernetztem und autonomem Fahren auf den Pkw-Markt lassen sich heute noch nicht seriös bestimmen. Verstärkte geteilte Nutzung könnte den Fahrzeugbestand reduzieren. Dies wirkt sich aber nicht zwangsläufig auf die jährlichen Fahrzeugverkäufe aus, da perspektivisch eine höhere Auslastung der Sharing-Fahrzeuge im Vergleich zu heutigen Fahrzeugen privater Halter und somit eine geringere Lebensdauer erwartet werden kann.

5.1 Marktentwicklung Elektromobilität – Status Quo und Perspektiven

Weltweit ist in den vergangenen Jahren ein deutliches Wachstum von Produktion und Absatz elektrischer Pkw zu beobachten. Zwar verhielt sich die Entwicklung der Verkaufszahlen von elektrischen Pkw (BEV + PHEV) in einzelnen Märkten in den vergangenen Jahren noch volatil, v. a. aufgrund der Dynamik bei den in Abschnitt 4.3 präsentierten Förderpolitiken. Ein Beispiel für einen zwischenzeitlich wachstumsdämpfenden Effekt aufgrund einer nationalen Regelung war die Korrektur einer zuvor massiv zur Anschaffung von PHEVs anreizenden Förderung (teil-) elektrischer Dienstwagen in den Niederlanden, die vielfach nur wenig elektrischen Fahranteil aufweisen konnten. Möglicherweise ist der Übergang zu den „post-2020“-Flottenzielwerten in der EU aktuell ein Anreiz für die Hersteller, den Absatz von E-Fahrzeugen teils in die Zeit ab 2021 zu verlagern.

Ungeachtet solcher Sondereffekte ergab sich weltweit in den vergangenen Jahren ein kontinuierlicher und massiver Anstieg in den Verkaufszahlen mit jährlichen Wachstumsraten um 50 %. Im Jahr 2018 wurden weltweit knapp 2 Millionen elektrische Pkw (BEV + PHEV) verkauft. Der globale Bestand wuchs somit innerhalb eines Jahres um über 60 % auf mehr als 5 Millionen Fahrzeuge. Abbildung 2 (IEA 2019b) veranschaulicht den Anstieg des Bestands um den Faktor 10 binnen fünf Jahren. Deutlich wird, dass sich der Bestand an E-Fahrzeugen in absoluten Zahlen mit 45 % wesentlich in China konzentriert, weit vor Europa (Bestand 1,2 Millionen) und den USA (Bestand 1,1 Millionen).

Abbildung 2: Globaler Bestand an E-Pkw



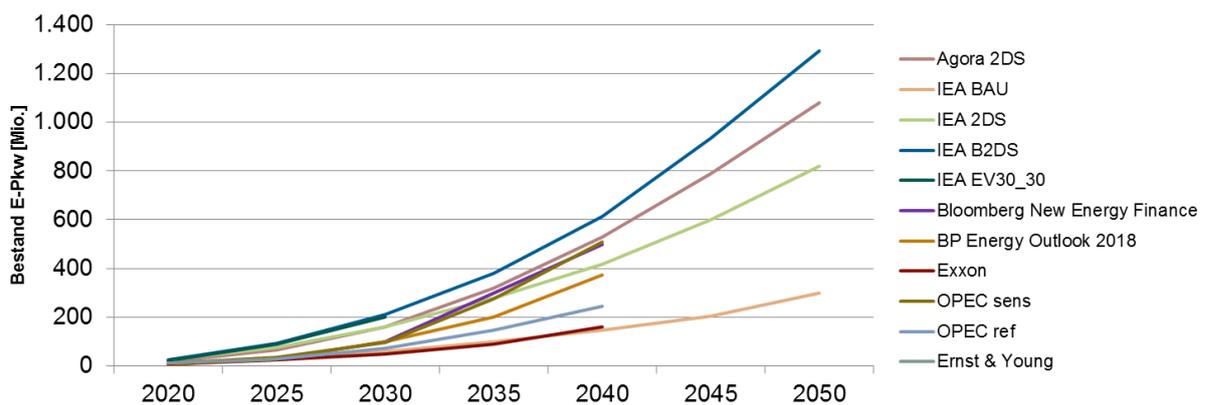
Quelle: IEA 2018

Ähnlich wie in den USA, wo sich der Markthochlauf, v. a. aufgrund unterschiedlicher staatlicher Lenkung, stark auf einzelne Bundesstaaten (v. a. Kalifornien) konzentriert, liegen auch innerhalb Europas die Anteile von E-Fahrzeugen an den Verkaufs- und Bestandszahlen zwischen den Mitgliedsstaaten weit auseinander. Weltweit ist Norwegen mit Abstand führend mit 46 % Marktanteil von BEVs und PHEVs im Jahr 2018 sowie einem Anteil von mittlerweile 10 % in Bezug auf den Pkw-Bestand. In Deutschland ist der Marktanteil zwischen 2013 und 2018 von unter 1 auf ca. 2,5 % gestiegen. Ähnliche Werte und Wachstumsraten zeigen weitere relevante Pkw-Märkte mit starker eigener Fahrzeugproduktion wie die USA, Frankreich, Großbritannien, Korea und Japan. Dennoch haben im Jahr 2018 erst fünf Staaten weltweit die Marke von 1 % E-Fahrzeugen im Pkw-Bestand überschritten (IEA 2018).

Für die kommenden Jahre und Jahrzehnte wird gemeinhin eine Fortsetzung des beschleunigten Wachstums des E-Pkw-Bestands erwartet. Abbildung 3 zeigt dazu eine Zusammenstellung von globalen Szenarien aus Studien des Think Tanks Agora Verkehrswende, von Unternehmensberatungen sowie von Unternehmen und Verbänden des Energiesektors. Es zeigt sich einerseits der grundsätzliche Konsens, dass der Bestand auf ein Vielfaches der heutigen 5 Millionen E-Pkw ansteigen wird. Die Größenordnung des Wachstums bzw. der Zeitpunkt des beschleunigten Markthochlaufs variiert jedoch entsprechend dem Ambitionsniveau und der Frage, ob der Straßenverkehr in ausreichendem Umfang zur Einhaltung der Klimaziele beiträgt: „ref“ = Referenzentwicklung, „BAU“ = *business as usual* als Basisentwicklungen vs. „2DS“ = Einhaltung des 2°C-Ziels („2 degrees“), „B2DS“ = Einhaltung von 1,75°C globaler Erwärmung („beyond 2 degrees“). Zudem wirken beispielsweise unterschiedliche Annahmen zum Einsatz synthetischer Kraftstoffe im Pkw-Bereich. Es lässt sich zusammenfassen,

dass diejenigen Szenarien, die die Einhaltung einer Erderwärmung von maximal 2°C als Ziel beinhalten und dabei vorwiegend auf Elektromobilität als marktreife und effizienteste Technologie im Pkw-Sektor setzen, spätestens um das Jahr 2030 die Marke von 100 Millionen E-Pkw erreicht sehen, im Jahr 2040 400 bis 600 Millionen und 2050 800 bis 1.300 Millionen.

Abbildung 3: Globale Flotte elektrischer Pkw nach unterschiedlichen Szenarien



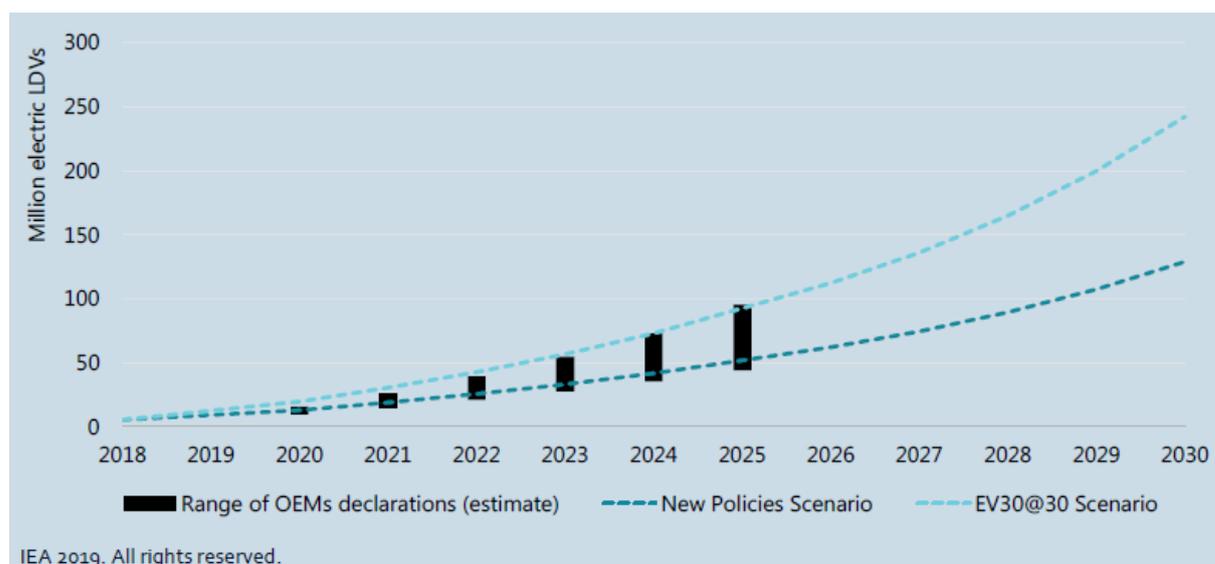
Quelle: Öko-Institut, eigene Darstellung, aus der Kurzstudie „Gigafactories für Lithium-Ionen-Zellen – Rohstoffbedarfe für die globale Elektromobilität bis 2050“ im Rahmen des Projekts „Fab4Lib“

Die Szenarien einer fortgesetzten und beschleunigten Marktdurchdringung von E-Fahrzeugen speisen sich zum einen aus der Erwartung, dass die in Abschnitt 1.3.3 erläuterten Treiber – klima- und luftqualitätspolitisch begründete Anreiz- und Restriktionsmaßnahmen, staatliche Ausstiegspläne, technologische Entwicklungen sowie Industriepolitik – weiterhin wirken werden. Zudem lässt sich jedoch auch beobachten, dass die Ankündigungen der Automobilhersteller bezüglich zukünftiger Produktions-/Verkaufszahlen von E-Fahrzeugen (absolut oder als Anteile der Gesamtproduktion veröffentlicht) einen ähnlichen Pfad aufzeigen. Alle relevanten OEMs haben die Entwicklung zahlreicher E-Pkw-Modelle angekündigt bzw. begonnen und peilen relevante Stückzahlen in den kommenden fünf Jahren an (IEA 2018). Die Investitionen in elektrische Antriebe wurden deutlich erhöht. Mehrere Hersteller haben aufgrund der Luftschadstoffproblematik, hohen Entwicklungskosten und dem Fokus auf E-Mobilität für die nächsten Jahre den Ausstieg aus der Entwicklung bzw. dem Vertrieb von Dieselfahrzeugen oder sogar verbrennungsmotorischen Fahrzeugen allgemein angekündigt (vgl. Abschnitt 4.3).

Abbildung 4 zeigt, dass eine Realisierung der von den Automobilherstellern verlautbarten Zahlen in einem Gesamtbestand von 50 bis 100 Millionen elektrischer

Pkw im Jahr 2025 resultieren würde. Somit lassen schon die heute verlautbarten Herstellerstrategien die Erreichung einer Größenordnung von annähernd 100 Millionen E-Pkw im Jahr 2025 (Abbildung 3) realistisch erscheinen.

Abbildung 4: Erwarteter globaler E-Pkw Bestand im Vergleich mit OEM-Zielen



Quelle: IEA (2019a)

MarktbeobachterInnen und WissenschaftlerInnen erwarten also, dass bis 2030 in allen großen Märkten Produktion und Nutzung elektrischer Fahrzeuge im Massenmaßstab stattfinden und in den kommenden Jahrzehnten, spätestens in der Perspektive bis 2050, dominierend sein wird.

5.2 Marktentwicklung Elektromobilität – Auswirkungen auf Beschäftigung

Der Wandel hin zur Elektromobilität wird hinsichtlich seiner Wirkung auf Beschäftigung und den wirtschaftlichen Erfolg deutscher Automobilhersteller intensiv diskutiert. Wie in Kapitel 3.3 dargestellt, verändert sich die Zusammenstellung der Komponenten im Antriebsstrang und der komplexe Verbrennungsmotor wird durch einen, aus der Produktionsperspektive gesprochen, simpleren Elektroantrieb ersetzt. Im Folgenden werden die Ergebnisse zu möglichen Beschäftigungseffekten aus einer Auswahl an Studien zusammengetragen. Die Studien entwickeln verschiedene Elektromobilitäts-Szenarien für die Zukunft und untersuchen deren Wirkung auf die Beschäftigung mit unterschiedlichem regionalen Fokus.

Die getroffene Auswahl zielt darauf ab, zum einen die Unterschiede der unterstellten Szenarien und zum anderen die Spannweite der Ergebnisse darzustellen.

In der ELAB 2.0 Studie von Bauer et al. (2018) werden drei Szenarien unterschieden, die sich durch spezifische Anteile von BEV und PHEV (inkl. HEV) an der Fahrzeugproduktion in Deutschland im Jahr 2030 auszeichnen. In einem ersten Schritt wird der Bedarf an Beschäftigten für die Produktion aller in Deutschland produzierter Antriebsstränge im Basisjahr 2017 berechnet, der sich auf ca. 210.000 Beschäftigte beläuft. Dieser Wert wird dann verglichen mit dem Arbeitskräftebedarf für den Produktionsmix in Antriebssträngen im jeweiligen Szenario. Die Ergebnisse werden zum einen ohne Produktivitätssteigerung in der Produktion und zum anderen mit einer Produktivitätssteigerung von 2 % p. a. bei ICEV und 3 % p. a. bei BEV angenommen. Zudem wird der Status Quo insofern fortgeschrieben, dass die Batteriezellenproduktion weiterhin im Ausland stattfindet, dann aber die Herstellung der Zellmodule sowie der Aufbau der Transaktionsbatterie in Deutschland ausgeführt wird. Die Studie liefert die folgenden Ergebnisse:

- Szenario 1 prognostiziert die Effekte durch einen Produktionsmix von 25 % BEV und 15 % PHEV (inkl. HEV) und somit 60 % ICEV. Der Beschäftigungsrückgang variiert dabei zwischen -11 % und -37 % ohne und mit Produktivitätssteigerungen. Der Personalbedarfs-Rückgang kann damit zwischen 23.000 und 76.000 betragen.
- Szenario 2 prognostiziert die Effekte durch einen Produktionsmix von 40 % BEV und 20 % PHEV (inkl. HEV) und somit 40 % ICEV. Der Beschäftigungsrückgang variiert dabei zwischen -18 % und -40 % ohne und mit Produktivitätssteigerungen. Das resultiert in einem Beschäftigungsrückgang von 37.000 bis zu 82.000 Beschäftigten.
- Szenario 3 prognostiziert die Effekte durch einen Produktionsmix von 80 % BEV und 10 % PHEV (inkl. HEV) und somit 10 % ICEV. Der Beschäftigungsrückgang variiert dabei zwischen -35 % und -53 % ohne und mit Produktivitätssteigerungen. Das kann einen Verlust von 72.000 bis zu 109.000 Beschäftigten bedeuten.

Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung betrachtete die Beschäftigungswirkung einer Elektrifizierung des Antriebsstrangs in seiner Veröffentlichung „Elektromobilität 2035“ (IAB 2018). Im Bericht werden Elektroautos gemäß dem Kraftfahrtbundesamt (KBA) als Fahrzeuge mit ausschließlich elektrischem Antrieb definiert, dazu zählen auch Brennstoffzellenfahrzeuge. Hybrid-Fahrzeuge werden der Kategorie der Personenkraftwagen mit Verbrennungsmotor zugeordnet. Langfristig ist nach der Studie ein Rückgang der Beschäftigung

durch eine Elektrifizierung des Antriebsstrangs bei Pkw zu verzeichnen. Dabei ist in näherer Zukunft stärker mit ausgleichendem Arbeitsplatzzuwachs in verbundenen Branchen wie bspw. dem Bau von Ladeinfrastruktur zu rechnen. Durch den temporären Charakter dieser Arbeiten können sie den Rückgang des Arbeitskräftebedarfs in der Fahrzeugproduktion jedoch langfristig nicht glätten. Bis zum Jahr 2035 kann der Verlust auf bis zu 114.000 Arbeitsplätze beziffert werden, davon fallen 83.000 Arbeitsplätze im Fahrzeugbau weg. Dabei werden für 2035 600.000 Neuzulassungen von Elektroautos in Deutschland angenommen. Unterstellt wird eine Marktdurchdringung von E-Fahrzeugen von 23 % bis 2035.

Die Strukturstudie BWe mobil 2019 (DLR et al. 2019) betrachtet ausschließlich das Automobilcluster Baden-Württemberg mit rund 470.000 Beschäftigten (2016). Für 2030 werden die Entwicklungen der Neuzulassungen (NZL) in der EU-28 als für das Cluster BW exogen vorgegebene Nachfrage in zwei Szenarien prognostiziert. Im business as usual-Szenario wird der Anteil an BEV auf 15 % steigen, PHEV und HEV machen etwa 48 % aus. Im progressiven Szenario wächst der Anteil von BEV an den europäischen Neuzulassungen (NZL) auf 51 %, die Neuzulassungen im Bereich der PHEV und HEV machen etwa 45 % aus. Vorausgesetzt, das Cluster kann seine weltweit führende Rolle als Innovationsstandort auch für die alternativen Antriebstechnologien halten, könnten die positiven Beschäftigungseffekte durch das Hinzukommen neuer Komponenten sowie einem internationalen Absatzwachstum im business as usual-Szenario den Rückgang von Beschäftigung ausgleichen oder sogar übersteigen. Im Gegensatz dazu dominiert der Beschäftigungsrückgang im progressiven Szenario. Hier könnte mit einem Netto-Beschäftigungsabbau von bis zu 30.800 Stellen zu rechnen sein. Das sind fast die Hälfte der 70.000 Beschäftigten in den Produktionswerken von Antriebssträngen in Baden-Württemberg und etwa 7 % der Gesamtbeschäftigten im Automobilcluster BW.

Der Blick auf Europa in der Studie der ECF (2018) beschränkt sich nicht nur auf die Automobilproduktion, sondern auch auf anhängige Sektoren wie beispielsweise Dienstleistungen oder Energieproduktion. Die Gesamteffekte variieren je nach Szenario (unterschieden nach der Einhaltung von Grenzwerten, Verboten von konventionellen Fahrzeugen etc.) zwischen 91.000 und 260.000 zusätzlichen Beschäftigten im Jahr 2030 und zwischen 130.000 und 672.000 Beschäftigten im Jahr 2050. Das zentrale TECH-Szenario der Studie, das von einem Anteil von BEV in Höhe von 71 % an den NZL 2050 ausgeht (hinzu kommen 26 % FCEV und 3 % PHEV), resultiert dabei in +206.000 (2030) und +670.000 (2050) Beschäftigten und bewegt sich damit im oberen Bereich der Szenarien bezüglich ihrer Beschäftigungswirkung. Hier wird für den Fahrzeugbau ein leichter Zuwachs

der Beschäftigung bis 2030 erwartet. Die Entwicklung basiert auf einer Zunahme komplexerer Antriebe wie bspw. effizienten Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellenantrieben sowie hybriden Antrieben. Langfristig, bis 2050, wird der Rückgang auf ca. 25.000 Beschäftigte im Fahrzeugbau geschätzt, da die komplexeren Antriebe zunehmend durch batterieelektrische Antriebe ersetzt werden.

Wie in Wietschel et al. (2017) angeführt, können Studien zu Beschäftigungseffekten nach ihrem Untersuchungsgegenstand in Form von Netto- oder Bruttoeffekten unterschieden werden. Bruttoeffekte liegen vor, wenn die Analyse allein auf die Effekte der Einführung einer Technologie fokussiert, ohne entstehende Auswirkungen auf bestehende Produkte miteinzubeziehen. Die beschriebenen Studien betrachten hingegen alle Nettoeffekte. Sie summieren die positiven Effekte, durch die zusätzliche Produktion von Elektrofahrzeugen, mit den negativen Effekten, durch den Rückgang der Produktion von Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb. Der Fokus der ersten drei beschriebenen Studien liegt dabei auf der Fahrzeugproduktion und resultiert in negativen bis leicht positiven Beschäftigungseffekten. Fasst man den Begriff der Nettoeffekte noch etwas weiter, so müssen auch die anhängigen Sektoren und die sogenannten *Spill-over*-Effekte in anderen Branchen, wie beispielsweise die Energiebranche, betrachtet werden. Die Studie der ECF (2018) bezieht neben den Beschäftigungseffekten in der Fahrzeugproduktion auch die vor- und nachgelagerten Sektoren mit ein und prognostiziert, je nach Szenario, bis zu deutlich positive Gesamtbeschäftigungseffekte. Wietschel et al. (2017) kommen in ihrer Untersuchung auf Basis vorliegender Studien und einer eigenen Analyse zu dem Schluss, dass sich die Effekte auf die Beschäftigung in Deutschland ausgleichen oder sogar in positiven Nettoeffekten resultieren. Dieses Ergebnis hängt davon ab, dass die deutsche Automobilindustrie ihre internationale Wettbewerbsposition auch in Zukunft halten kann. Sie wiesen dabei klar auf die variierenden Tätigkeitsprofile der wegfallenden und hinzukommenden Arbeitsplätze hin.

Die Konzeption der Analyse hat bei der Untersuchung der Beschäftigungseffekte einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse. Das gilt nicht nur für die betrachteten Sektoren, sondern auch für die zugrunde gelegten Szenarien. Die Anteile elektrifizierter Fahrzeuge an den Neuzulassungen, die Berücksichtigung von BEV allein oder allen elektrifizierten Antriebssträngen (inkl. PHEV etc.), die Exportzahlen, oder die Ansiedlung einer Batteriezellenproduktion – in den Studien werden viele Annahmen getroffen, wodurch die Ergebnisse oft nicht direkt vergleichbar sind. Die Auswahl an Studien zeigt, dass die Effekte stark variieren und der Fahrzeugbau, isoliert betrachtet, mit Beschäftigungsrückgängen konfrontiert

werden könnte. In anderen Sektoren kann hingegen mit positiven Beschäftigungseffekten gerechnet werden. Sobald die Betrachtung auf alle relevanten Tätigkeitsbereiche ausgeweitet wird, schwanken die Effekte im leicht negativen bis deutlich positiven Bereich.

5.3 Verbindung mit sonstigen Entwicklungen im Mobilitätsmarkt

Neben dem Fokusthema Elektromobilität liegen insbesondere die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung von Fahrzeug und begleitenden Services sowie die Sharing-Economy im Interessenfeld vieler Studien. Hier lässt sich oft nicht scharf unterscheiden, welche Entwicklungen in den Szenarien rein auf die Elektrifizierung zurückzuführen sind, da meist auch andere Trends wie beispielsweise die Entwicklung hin zu Mobilität als Dienstleistung (*Mobility as a Service*, „MaaS“) in die Analyse miteinbezogen wird. Im Folgenden werden einige integrierte Szenarien dargestellt um den Raum der möglichen Entwicklungen in diesem Bereich zu öffnen und denkbare Pfade zu beschreiben.

Deloitte (2017) definiert die Produktion und den Verkauf von Fahrzeugen sowie das Anbieten von Finanzdienstleistungen durch die OEM als traditionelle Geschäftsmodelle der OEM. Zukünftig prognostizieren sie das Hinzukommen zweier neuer Felder. Die Produktion von „white-label“-Komponenten und Fahrzeugen (einheitliche Baukasten-Module oder Fahrzeuge, die nicht mehr vorrangig durch die Marke vermarktet werden) wird eine zunehmend große Rolle spielen und weiterhin das Geschäft mit Mobilitätsservices und Nutzerdaten an Bedeutung gewinnen. Dabei sind verschiedene Konstellationen von Akteuren denkbar, die sich den Mobilitätsmarkt aufteilen. Deloitte (2017) zieht vier mögliche Entwicklungspfade in Erwägung und schätzt die entsprechenden Umsatz- und Ergebnisentwicklungen für einen exemplarischen OEM bis 2025 ab:

- Im Szenario „*Data and Mobility Manager*“, das durch die Dominanz des Automobilmarkts durch OEM und einen hohen Grad an Innovation charakterisiert ist, kann der OEM seinen Umsatz deutlich steigern. Ein großes Angebot an digitalen Services aufgrund der hohen Akzeptanz bei den Kunden sowie weiterhin zunehmende Fahrzeugverkäufe und Verbesserungen in der Fahrzeugproduktion kennzeichnen die Entwicklung.
- Im Szenario „*Hardware platform provider*“ dominieren IT-Player große Teile der möglichen Geschäftsbereiche. Der OEM profitiert vom weiterhin wachsenden Weltmarkt, produziert zunehmend „white-label“-Fahrzeuge und optimiert die technologischen Produktionsabläufe. So können die Marktanteilsverluste

an die IT-Player ausgeglichen und der Umsatz (das Geschäftsergebnis) konstant gehalten bzw. sogar leicht gesteigert werden.

- Das Szenario „*Stagnant car market*“ beschreibt einen konservativen Entwicklungspfad mit klarer Dominanz der OEM, die Fahrzeuge unter den technologischen Möglichkeiten bezüglich Elektrifizierung und Digitalisierung produzieren. Die Profitabilität durch steigende Verkaufszahlen und hohe Wertschöpfung durch die Produktion von Verbrennungsmotoren vergrößert sich, bleibt allerdings klar unter dem Potenzial des „*Data and Mobility Manager*“.

Dem Titel entsprechend haben die OEM mit der Produktion von Fahrzeugen unter den technologischen Möglichkeiten im „*The fallen giant*“-Szenario eine geringe Attraktivität. Fallende globale Absätze, abnehmende Verhandlungsmacht mit den Zulieferern sowie kein Anteil an digitalen Services führen zu deutlichen Einbußen. Übergreifend gehen alle betrachteten Pfade von einer Entwicklung der OEM innerhalb der bestehenden Strukturen und damit dem Verbleib der Kernkompetenz in der Fahrzeugproduktion aus.

Der Fokus von PwC (2017) liegt auf den prägenden *Trends* „*electrified, autonomous, shared, connected and yearly updated*“. In den Prognosen werden die Pkw-Kilometer in Europa bis 2030 zwar von 3.7 Billionen auf 4.2 Billionen jährlich steigen, gleichzeitig sinkt durch die höhere Auslastung der Fahrzeuge der Bestand von 280 Mio. Pkw auf 200 Mio. Pkw. Insgesamt wird die Produktpalette schmäler, wobei auch mehr Investitionen in Entwicklung von Software als in neue Autotypen fließen. In Europa könnte der Anteil an Fahrzeugen mit reinen Verbrennungsmotoren an den Neuzulassungen 2030 im einstelligen Prozentbereich liegen. Neben den Ausprägungen der Trends und den Herausforderungen, die mit den benötigten organisatorischen sowie technologischen Entwicklungen verbunden sind, spielt auch die zeitliche Abfolge eine große Rolle. In den kommenden Jahren wird die Exnovation aus dem Verbrenner in einem kurzen Zeitraum gebündelt spürbar werden und gleichzeitig gilt es, andere Trends zu bedienen. Sinkende Margen und hohe Investitionsbedarfe sowie die wachsende Konkurrenz durch neue Akteure am Markt stellen eine breite Palette an Risiken dar.

McKinsey&Company (2016b) beschreibt die Trends als technologiegetrieben und unterscheidet vier Branchenveränderungen:

- Die Mobilität wird durch eine Stadtpolitik, die den Besitz von Privatfahrzeugen unattraktiver macht, zunehmend diverser. Diese Entwicklung befruchtet sich gegenseitig mit der Angebotsseite, die durch ein breites Angebot neuer On-Demand-Geschäftsmodelle die modale Verlagerung weg vom Autobesitz hin zur gemeinsamen Mobilität anstrebt.

- Im Feld des autonomen Fahrens werden regulatorische Herausforderungen bewältigt. Zudem wird die Entwicklung sicherer und zuverlässiger technischer Lösungen sowie die Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft der Verbraucher erreicht.
- Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs und die Marktdiffusion wird durch weiter sinkende Batteriepreise, regulatorisch bedingte Emissionsbeschränkungen sowie eine erhöhte Verbrauchernachfrage nach elektrifizierten Antriebssträngen befeuert.
- Das letzte Themenfeld ist die Konnektivität. Services im Feld Konnektivität umfassen beispielsweise Apps, Navigation, Entertainment, Remote Services, und Software Upgrades. Hier wird eine weltweite Nutzung der Konnektivitäts-Services angenommen, Verbraucher nutzen dabei regelmäßig kostenpflichtige Inhalte.

Beiden gebildeten Szenarien unterliegt die Annahme, dass sich die Branche verändert. Die beschriebenen Facetten der vier Trends sind entweder stark präsent (*high-disruption*) oder beeinflussen nur teilweise (*low-disruption*). Die größten Veränderungen werden im Bereich der wiederkehrenden Einnahmen, während der Fahrzeugnutzung, rund um geteilte Mobilität sowie Konnektivitätsleistungen prognostiziert. Deren jährliche globalen Umsatzpotenziale können dabei bis 2030 auf bis zu 1.5 Billionen € und einen Anteil von über 20 % am gesamten automobilen Umsatzpool steigen.

Die beschriebenen Entwicklungspfade und Abschätzungen geben einen Eindruck, welche Komponenten in die Abschätzung der Gesamtentwicklung des Mobilitätsmarktes einfließen. Sie unterscheiden sich in den Ausprägungen, Kombinationen und exogenen Entwicklungen wie bspw. globale Absatzentwicklungen oder die Offenheit der Nachfrageseite für neue Leistungen. Im Kern ist meist das gleiche Spannungsfeld rund um die digitalen Services beschrieben und in den Fokus gestellt. Die Einschätzungen zu den Umsatzpotenzialen variieren, während die zunehmende Bedeutung dieses Feldes offensichtlich ist. Die Sets an Szenarien und Handlungsempfehlungen bilden die Unsicherheiten bezüglich der Aufteilung des zukünftigen Mobilitätsmarktes zwischen Automobilherstellern und IT-Unternehmen ab.

5.4 Resultierende Chancen und Risiken

Die tiefgreifenden Veränderungen sowohl im Bereich Elektrifizierung als auch bei den sonstigen Entwicklungen im Mobilitätsmarkt stellen die beteiligten Akteure

vor große Herausforderungen. Die OEM, das gesamte automobiler Produktionsnetzwerk und auch die Volkswirtschaft als Ganzes sind betroffen und sehen sich mit unterschiedlichen Facetten des Wandels konfrontiert.

Im Rahmen der Fallstudie wurde eine Auswahl an Studien analysiert, um die zukünftigen Marktentwicklungen einzugrenzen. In den folgenden Abschnitten werden die in den Studien Deloitte (2017), ECF (2018), Fraunhofer IAO (2018), Fraunhofer IAO et al. (2015), PwC (2017), McKinsey&Company (2016b), Schade et al. (2012), Wietschel et al. (2017), RWTH (2016), UBS (2017), ICCT (2018b), International Institute for Environment and Development (2017) und IEA (2018) angesprochenen Chancen und Risiken sowohl für die globale Automobil- und Mobilitätswirtschaft allgemein als auch für den deutschen Standort zusammengetragen.

Dabei wurden die von den Studien genannten Themenfelder nach Betroffenheit in die Akteurs- und Themengruppen OEM, Netzwerk sowie Umwelt und Volkswirtschaft unterteilt. Für die Akteursgruppe Netzwerk werden sowohl Erkenntnisse für die Zulieferer als auch für die Netzwerkdynamik in der Automobilbranche im Allgemeinen aufgenommen. Chancen und Risiken für die Volkswirtschaft umfassen mögliche Wirkungen auf die deutsche Volkswirtschaft als Ganzes sowie die Bürger oder andere Branchen. Einige der genannten Chancen und Risiken tauchen dabei in einer Vielzahl von Studien auf. Darüber hinaus konnten durch die breite Fächerung der Ausrichtung der Studien auch verschiedene Nischenthemen aufgegriffen werden. Die Ergebnisse wurden mit den Erkenntnissen aus den geführten Interviews sowie den Diskussionen im Fachworkshop ergänzt.

Die OEMs agieren bislang direkt mit den Endkunden, sind direkt von den Nutzentscheidungen abhängig und müssen Regulierungen in allen Fahrzeugkomponenten umsetzen. Die Umstellung des Antriebsstrangs hat dabei große Auswirkungen auf die bisherigen Entwicklungs- und Integrationsprozesse, sowie auf die Organisation der Wertschöpfungskette. Die zunehmende Präsenz von neuen Mobilitätsplayern verlangt weiterhin Anpassungen seitens der OEMs um den direkten Kontakt zum Endkunden halten zu können und äquivalente Services und Features anzubieten. Die Integration digitaler Services gehörte in diesem Maße bislang nicht zum Kerngeschäft der OEMs und stellt die Firmen vor Herausforderungen. In Tabelle 3 sind die Chancen und Risiken aus den aktuellen Entwicklungen für die OEMs zusammengetragen.

Tabelle 3: Chancen und Risiken für OEMs

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche OEMs können sich als Second Mover platzieren und direkt ein Gesamtkonzept EV ohne die „Kinderkrankheiten“ anbieten. • Ein Ausgleich von Risiken für die OEMs und ihre Beschäftigten kann durch das simultane Anbieten zweier Technologien (BEV + PHEV) erfolgen. • Die Marktanteile an BEV der dt. Hersteller lagen 2015 bei weltweit 20 %, das Halten der Marktposition kann positive Beschäftigungs-/Wertschöpfungseffekte haben. • Sobald BEV im Portfolio der OEMs vorhanden sind und die Nachfrage decken, ist mit einer stabilen Marktposition durch hohe Eintrittsbarrieren zu rechnen. • Das Premiumsegment könnte leichter von einer Umstellung profitieren (auch wegen stärkerer Entlastung bei CO₂-Abgaben). • Durch F&E-Investitionen in Richtung Produzierbarkeit und Modularisierung kann ein Fortbestehen über „white-label“ und Komponentenfahrzeuge angestrebt werden. • Der Fokuswechsel hin zur Mobilität als Ganzes anstatt einer Wertschöpfung, die ausschließlich auf der Produktion eines Produkts basiert, kann Ideen für neue Geschäftsmodelle erzeugen. • Vermehrte Investition von Entwicklungsbudgets in Software und Services kann Position im Weltmarkt stärken. • Leasing (hauptsächlich Dienstwagen) ist schon heute ein eigener Markt mit eigener Unternehmenssparte bei den OEMs: hier sind sie bereits Mobilitätsanbieter. Im Wandel hin zu Mobilität als 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Serienproduktionen und Industrialisierung von Elektrofahrzeugkomponenten in Deutschland/Europa ist, insbesondere im internationalen Vergleich, noch schwach. • Jedoch könnte der Aufbau einer eigenen Batterieproduktion (durch sinkende Preise) evtl. nicht lohnenswert sein. • Das Ersatzteilgeschäft nimmt durch die geringere Anzahl von Teilen in den Elektroantrieben ab. • Die Fokussierung auf batterieelektrische Antriebe ohne Technologieoffenheit kann zum Lock-in führen. • Die Abhängigkeit vom Diesel verschärft die Risiken in Europa, da die Abkehr vom Diesel möglicherweise der allgemeinen Abkehr vom Verbrenner vorangeht. • Es werden Strategien zur Differenzierung und Stärkung der Markenidentität benötigt, um Spielraum bei der Preissetzung und der Realisierung der Marge aufrecht zu erhalten. • Es wird sich am Themenkomplex Elektrifizierung aufgehalten. Eigentlich sind die neuen Mobilitätslösungen eine größere Gefahr. • Mobilitätsdienstleistungen können auch in Zukunft nicht gewinnbringend angeboten werden. • Das Festhalten am Konzept Auto und vor allem Innovation innerhalb des Systems, ohne einen Perspektivwechsel, führt nicht zur Entwicklung zukunftsfähiger Lösungen.

<p>Dienstleistung kann auf das existierende Vertriebsnetz zurückgegriffen werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die aktuelle Führungskultur ist nicht flexibel genug (bspw. im Themenbereich Digitalisierung), zu technokratisch. • Softwareunternehmen könnten im Bereich autonomes Fahren schneller sein (Stärke bei Assistenzsystemen der OEMs kein sicherer Erfolgsindikator in Bezug auf erfolgreiche Umsetzung autonomes Fahren). • OEMs könnten zukünftig nur noch als Hardwarehersteller agieren, denn jedes Auto ist mit einer entsprechenden IT-Ausstattung autonom fahrbar. • Sobald andere Unternehmen geteilte Flotten managen und große Mengen an Fahrzeugen abnehmen, sinken die Margen im Vergleich zum Einzelkunden. • Existenz eines hohen Restwertrisikos in der aktuellen Flotte durch hohen Anteil an Leasing von Verbrenner-Fahrzeugen im deutschen Markt (Unsicherheit über deren Wiederverkaufswert nach Ablauf Leasingdauer).
---	--

Quelle: eigene Darstellung

Die Automobilindustrie kann als Netzwerk vieler Akteure verstanden werden, die sowohl direkt im Fahrzeugbau aber auch in anderen Sektoren tätig sind. Die OEMs sind dabei nur ein Teil des großen Netzwerks. Kleinere Zulieferunternehmen stehen im besonderen Fokus des beschriebenen strukturellen Wandels in der Automobilindustrie. Einerseits bieten sie durch Flexibilität und Innovationskraft viel Potenzial, den Strukturwandel aktiv mitzugestalten. Andererseits sind sie durch ihr beschränktes Portfolio und Limitationen bei Investitionen den Verwerfungen, die sich in den frühen 2020er Jahren konzentrieren werden, unmittelbarer ausgesetzt als die großen Zulieferer oder die OEMs. Die resultierenden Chancen und Risiken sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Chancen und Risiken für das Netzwerk

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Große Zulieferer (und OEMs) können Multistrategien bedienen, also zunächst Technologieoffenheit in verschiedenen Produkten umsetzen. • Fokus auf Spezialisierung: insbesondere KMU können durch Kreativität und Marktnischen im Geschäft bleiben. • Kleine Unternehmen, die die Verlagerung von Produktionsstätten nicht mitgehen können, werden häufig durch größere Firmen übernommen um Knowhow zu sichern. • Die Nutzung der Fahrzeugbau-Expertise u. a. in den Bereichen Leistungselektronik, Elektromotor, Leichtbau, 3D-Druck, Autonomie des Transports und der Energieversorgung ist vielversprechend (nicht nur Batterietechnologien, sondern eine Vielzahl an Technologieentwicklungen relevant). • Gutes Vorwissen in der Herstellung der produktionsrelevanten Leistungselektronik für Maschinen-/Anlagenbau und in der Montage von Batterien/Integration ins Fahrzeug. • Das schnelle Erreichen großer Produktionszahlen, und nicht nur die Innovationsführerschaft, kann Indikator für Erfolg OEMs und Zulieferer sein. • Breite Aufstellung der deutschen Firmen innerhalb vieler Kompetenzfelder. Ein kollaborierendes Netzwerk kann komplexe Lösungen anbieten und Systemanbieter sein. • Die intensivere Interaktion zwischen Nutzer und Fahrzeug führt zu einer Verschiebung des Umsatzes von der Produktion hin zu den Nutzungsarten über 	<ul style="list-style-type: none"> • In den Jahren 2020-2025 ist mit einer Bündelung der Effekte durch die Exnovation aus dem Verbrenner zu rechnen, was deren Wirkung verstärken kann. • Simultanes Auftreten von sinkenden Margen, großen Investitionsbedarfen, neuen Akteuren (die sich mit ergänzenden Nischenprodukten platzieren und die möglichen zusätzlichen Wertschöpfungsoptionen der klassischen OEMs und Zulieferer bereits ausfüllen). • Hohe Dynamik: Entwicklungen können schnell Fahrt aufnehmen, es herrscht eine große Unsicherheit bezüglich Diffusionsgeschwindigkeit. • Verschiebung der Beteiligung an der automobilen Wertschöpfung zwischen den Unternehmen durch veränderte Kompetenzanforderungen. Für einzelne Unternehmen ist das kritisch. • Eine zunehmende Rückverlagerung der Produktion in Richtung der OEMs (in Bereichen mit bestehendem Knowhow) kann für die Zulieferer zu Umsatzeinbrüchen führen. • Es ist eine hohe Anstrengung nötig um sowohl Investitionsbedarfe als auch Anleger und Kreditgebern leger zu bedienen. • Finanzierung des Wandels ist unklar (Nachteil gegenüber Konkurrenten aus Asien, mit deutlicher staatlicher Unterstützung). • Aus Investorensicht: „Klumpenrisiko Automobilwirtschaft“, das zu mangelnder finanzieller Unterstützung der Firmen in Innovationsprozessen führt. • Regulierungsumfänge und Gesetze werden überkomplex und überfordern

<p>den Lebenszyklus und die Öffnung neuer Geschäftsfelder.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Akteure aus dem IT-Umfeld können die Wertschöpfung um Mobilität als Dienstleistung abdecken und neue Geschäftsfelder erschließen. • Die Planbarkeit von Wasserstofftankstellen für Lkw kann durch die zunehmende Digitalisierung der Logistik und Kenntnis der Fahrprofile vereinfacht werden. 	<p>sowohl Regulierte als auch Regulierer. Die Anforderungen können oft nur in Zusammenarbeit mit Juristen bearbeitet werden: längere Prozesse, höhere Kosten.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoher Investitionsbedarf zum Roll-out der Ladeinfrastruktur - das ist der Knackpunkt für den Erfolg von EV.
---	---

Quelle: eigene Darstellung

Umwelt und Energieverbrauch profitieren grundsätzlich von der besseren Effizienz von E-Antrieben, den Möglichkeiten smarterer Netze und der Minderung der Importabhängigkeit von Rohöl. Gleichzeitig herrscht bei Firmen und Bürgern teilweise eine Skepsis bezüglich der umweltpolitischen Ziele und Umsetzung der Bundesregierung vor (bspw. hinsichtlich ausreichender Bereitstellung erneuerbarer Energien, intransparenter Kommunikation, mangelnder verbindlicher Ziele, Furcht um Beschäftigungsstabilität), und mögliche Potenziale werden wegen zögerlicher Marktentwicklungen nicht, oder nicht schnell genug gehoben. Des Weiteren besteht Unsicherheit bezüglich sowohl der langfristigen Verfügbarkeit der erforderlichen Rohstoffe als auch der Verlässlichkeit der Förderländer in Bezug auf politische Stabilität. Insofern droht ein möglicherweise unterstützender Hebel für einen gesellschaftlich breit getragenen Wandel nicht vollumfänglich zur Verfügung zu stehen.

Während sich die volkswirtschaftlichen Effekte, mit dem Blick auf Deutschland, gemessen an der Gesamtwirtschaft in Grenzen halten werden, können insbesondere für monostrukturell geprägte Regionen beträchtliche Folgen entstehen. Die starke Verknüpfung der Automobilindustrie mit anderen Branchen kann dabei sowohl dämpfend (Substitution wegfallender Wertschöpfung in der Automobilindustrie durch den Aufstieg neuer Geschäftsmodelle) als auch verstärkend (*Spill-Over*-Effekte bei schlechter Performanz der Automobilindustrie in vor- oder nachgelagerte Produktions- oder Dienstleistungsbereiche) wirken. Kontrovers bleibt allerdings das Zusammenspiel der strukturellen Wandelprozesse im Automobilmarkt und im Arbeitsmarkt.

Tabelle 5: Chancen und Risiken für Umwelt und Volkswirtschaft

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Smarte Ladevorgänge von Elektroautos bieten Möglichkeit, den Gesamtenergiebedarf über den Tagesverlauf zu glätten. • Zunehmende Elektrifizierung führt zu einer Reduzierung der Öl-Nachfrage und damit geringere Abhängigkeit von Importen. • Profitierende nicht-automobile Sektoren: Verschiebungen und <i>Spill-over</i>-Effekte in nicht direkt produktionsrelevante Sektoren (Treiber erneuerbare Energien zur Sektorkopplung, neue Einsatzgebiete etc.) • Heutige Arbeitsplätze könnten durch ein noch verstärktes Setzen auf ein breites Spektrum von Antrieben inkl. PHEVs stärker erhalten werden. • Geplante Arbeitsplatzverluste können auch Chance im Spannungsfeld Fachkräftemangel sein. • Skaleneffekte in Produktion, Entwicklung und Umsetzung sind durch politische Maßnahmen unterstützbar. • Intensive Auseinandersetzung und Entwicklung des Datenschutzes in Deutschland kann zunehmend als Asset angesehen und zum Wettbewerbsvorteil werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bürger und Firmen fühlen sich von der Politik in Klimafragen schlecht abgeholt. • Energieversorgung wird nicht schnell genug angepasst, um die veränderten, gestiegenen Bedarfe zu decken. • Beispiel USA: schwache und inkonsistente Politiksignale bezüglich Umweltregulierungen und anvisierter Umsetzung von Klimazielen bewirkt Scheu von Investoren. • Die Versorgung mit Rohstoffen für neue, elektrische Komponenten kann kritisch werden, da durch den verhaltenen Markthochlauf von BEVs nur zögerlich in Minen und Extraktionskapazitäten etc. investiert wird. • Die schnelle Erreichung von Klimaschutzziele könnte durch eine zu breite Streuung von Förderung, Forschung und Entwicklung auf Technologien mit geringerer Gesamteffizienz gefährdet werden. • Insbesondere ökonomisch monostrukturell geprägte Regionen können stark betroffen sein. Die sinkende Attraktivität von Standorten kann zu negativen <i>Spill-over</i>-Effekten auf andere Wirtschaftsbereiche führen. • Nicht nur die Elektrifizierung selbst muss als Risiko gesehen werden, sondern insbesondere die Geschwindigkeit der Entwicklung. • Flexibilität der ArbeitnehmerInnen in Bezug auf Qualifikation, Umbildung, Arbeitsort, Art der Tätigkeit ist erforderlich. • Bedarfsverlagerung in Richtung höher qualifizierter ArbeitnehmerInnen denkbar – geringere Qualifizierte müssen aufgefangen werden.

	<ul style="list-style-type: none"> • Wachsende Unsicherheit unter den ArbeitnehmerInnen über das Fortbestehen ihrer Jobs. • Die Produktivitätssteigerungen durch bspw. Automatisierung sind allgemein kritisch in Hinblick auf Beschäftigungsverluste. • Eine Abwanderung der Produktion hin zu den Nachfragemärkten zur regionalen Belieferung kann im Rahmen handelspolitischer Zwänge zunehmen.
--	---

Quelle: eigene Darstellung

5.5 Zwischenfazit: Ausgangsposition und Erfolgsaussichten für OEMs, Netzwerk und Volkswirtschaft in der Transformation der Automobilwirtschaft

Die vorangegangenen Kapitel 5.1 bis 5.4 beschreiben die möglichen Entwicklungen sowie die Folgewirkungen für verschiedene Akteursgruppen. Im Folgenden werden einige Erkenntnisse in Hinblick auf die Betroffenheit der Akteursgruppen nochmal zusammengefasst.

Die Elektrifizierung und Digitalisierung von Fahrzeugen und Mobilitätsleistungen wird in den kommenden Jahren in regional unterschiedlichen Geschwindigkeiten den Automobil- und Mobilitätsmarkt weiter verändern. Über die groben Entwicklungsrichtungen sind sich Studien und ExpertInnen oft einig. In der Ausgestaltung von Abschätzungen konkreter Entwicklungspfade bezüglich Diffusions- und Durchdringungsraten, zukunftsfähiger Technologien sowie den Rollen beteiligter Akteure besteht weiterhin viel Unsicherheit. Große Bandbreiten an möglichen Verkaufszahlen, Umsätzen, Beschäftigten oder Marktanteilen für 2030/2050 kennzeichnen die Zusammenführung der Szenarien aus verschiedenen Quellen.

Unumstritten ist die steigende Relevanz von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antrieben. Trotz der zunehmenden Konkurrenz aus bspw. China hatten die deutschen OEMs im Jahr 2015 einen Anteil von ca. 20 % an den global verkauften, elektrifizierten Fahrzeugen (voll- und teilelektrifiziert), was dem Anteil der deutschen Hersteller an konventionell betriebenen Fahrzeugen entsprach. Im Jahr 2019 hatten die deutschen OEMs hingegen nur noch einen Anteil von etwa 10 % an den globalen Verkäufen elektrifizierter Fahrzeuge, wobei die Position bei PHEV mit etwa 30 % Anteil an den globalen Verkäufen deutlich über der Position

bei BEV (Anteil etwas unter 10 % liegt).³ Der im Vergleich zum Marken-Anteil an PHEV niedrige Gesamtwert ergibt sich dabei durch die deutliche höheren absoluten BEV-Zulassung weltweit. Die OEMs kündigen zunehmenden neue Modelle mit elektrifiziertem Antrieb, meist BEV oder PHEV, an und setzen in ihrer Strategie maßgeblich auf batteriebetriebene Fahrzeuge.

In den Fachgesprächen wurden die mangelnde heimische Batteriezellenproduktion und die folgend bestehende starke Abhängigkeit von den internationalen Produzenten von Batterien als Risiko wahrgenommen. Auf der anderen Seite könne ein späterer Einstieg in die Produktion von Batterien einer neuen Generation sowie das Anbieten eines ausgereiften Gesamtkonzepts EV ebenfalls als möglicher erfolgreicher Entwicklungspfad gesehen werden. Darüber hinaus seien die deutschen OEMs durch ein Auslagern des Risikos Batterie, meist an asiatische Batteriezellenhersteller, auch in einer flexiblen Position um auf etwaige Preisentwicklungen, Technologiesprünge o. Ä. zu reagieren.

Im Fachworkshop wurde insbesondere die Erfahrung der deutschen OEMs in den Entwicklungs- und Produktionsprozessen großer Absatzmengen hervorgehoben. Dieses Knowhow, kombiniert mit umfassenden Beziehungen in das globale Netzwerk, lasse sich auch für alternative Antriebe und andere Technologien umsetzen. Letztendlich bestehe das Fahrzeug aus einer Vielzahl von Komponenten, die maßgebliche Anteile an automobilen Qualitätsmerkmalen darstellen. Der Antriebsstrang spiele dabei eine herausragende Rolle, andere Fachbereiche wie beispielsweise der Bereich Lärmmanagement werden aber trotz allem auch in einer elektrifizierten Flotte als Qualitätskriterium bestehen bleiben. Hier seien jedoch auch Lernkurveneffekte neuer Akteure zu erwarten, wodurch das Halten der Marktposition nur durch kontinuierliche Innovationen und Engagement möglich ist.

³ Fraunhofer ISI in-house xEV database: The database has been developed in 2014 by Fraunhofer ISI and is updated since on an annual basis. The last update was done in April 2020. It covers global production and sales numbers for xEV models broken down to countries as well as information on battery capacity and range of the vehicles. The database aggregates information provided by MarkLines Co., Ltd. [4], the European Automobile Manufacturers Association [5], the EV-sales blog [6] and other online sources (e.g. websites of automotive OEM). The Fraunhofer ISI xEV database has been checked against the European Alternative Fuels Observatory [7] and is in well agreement.

[4] MarkLines Co., Ltd. Automotive Industry Portal <http://www.marklines.com>

[5] European Automobile Manufacturers Association Registration Statistics

[6] EV Sales Blog <http://ev-sales.blogspot.com/>

[7] European Alternative Fuels Observatory <https://www.eafo.eu/>

Die Positionierung im Premiumsegment kann dabei von Vorteil sein, da mehr Umsatz bspw. über exklusive Ausstattungsmerkmale sowie höhere Margen im Allgemeinen angesetzt werden können. Die hohen und weiter steigenden Absatzzahlen an höherpreisigen SUV können den Umsatz ebenfalls steigern. Durch die zusätzlichen Einnahmen lassen sich Investitionen in neue Technologien gegenfinanzieren, ob ein Fortbestehen der Industrie allein über diese Ko-Finanzierung zu gewährleisten ist, bleibt zu prüfen. Der Trend hin zu größeren und schwereren Fahrzeugen ist gleichzeitig aufgrund des höheren Ressourceneinsatzes bei der Produktion als auch den höheren Verbrauchswerten während der Nutzung aus ökologischer Perspektive unvorteilhaft.

Neben der Konkurrenz durch andere Automobilhersteller wächst auch das potenzielle Geschäftsfeld neuer Akteure aus anderen Branchen, hauptsächlich dem IT-Bereich. Verschiedene Marktaufteilungen sind im Bereich autonomes Fahren, neue Mobilitätslösungen oder begleitende Services denkbar. In einem extremen Fall können die OEMs zu reinen Hardwarezulieferern degradieren, die den IT-Akteuren Modul- oder „white-label“-Fahrzeuge zur Verfügung stellen. Auf der einen Seite sind die Automobilhersteller mit der reinen Fahrzeugproduktion in der Vergangenheit gut gefahren, wodurch sich die Frage nach den eigentlichen aktuellen und zukünftigen Kernkompetenzen der Branche stellt. Sollen die Hersteller sich überhaupt in allen Bereichen des neuen Mobilitätsmarkts engagieren? Auf der anderen Seite wird der Gesamtabsatz an Fahrzeugen womöglich zurückgehen, verbunden mit geringeren Margen, da sie als Hersteller nicht mehr im direkten Kontakt zu den Kunden stehen. Wollen die Automobilhersteller in einer zunehmend digitalisierten Mobilität mit neuen Konzepten als Anbieter agieren, müssen Kompetenzen aufgebaut oder Kollaborationen angestrebt werden. Ob die IT-Akteure zum aktuellen Zeitpunkt bereits uneinholbar voraus sind, wird unterschiedlich bewertet.

Sowohl im Bereich der Elektrifizierung als auch im Bereich der Digitalisierung sind große Investitionen durch OEMs und Zulieferer notwendig. Gleichzeitig die Renditeerwartungen der Aktionäre oder anderer Kreditgeber zu erfüllen, stellt eine Herausforderung dar. In einer angespannten Lage mit großer Unsicherheit bezüglich sich durchsetzender Technologien besteht auch von Seiten der Investoren Scheu. Abnehmende Investitionen aufgrund des „Klumpenrisikos Automobilwirtschaft“ und damit einer Diversifizierung ihrer Anlagestrategien weg von der Automobilindustrie können dabei schwerwiegende Folgen für die Firmen haben.

Deutschland ist bezüglich der in der Automobilindustrie tätigen Firmen sehr breit aufgestellt. Das Netzwerk umfasst viele verschiedene Typen von Unternehmen,

die unterschiedlich auf den Strukturwandel reagieren können. Eines der Hauptrisiken ist dabei die Existenz monostrukturell geprägter Regionen, in denen nicht nur einzelne, auf den Verbrenner spezialisierte Firmen, sondern das ganze Netzwerk und damit die regionale ökonomische Aktivität leiden kann. Die großen Systemzulieferer oder OEMs können große Entwicklungsabteilungen und eine intensive globale Vernetzung aufweisen und haben die Möglichkeit, auf die Unsicherheit bezüglich der sich durchsetzenden Technologien, Multi-Strategien zu verfolgen. Eine starke Fokussierung auf eine Technologie zwischen Batterieelektrischer Antrieb vs. Hybride Antriebe vs. Brennstoffzelle kann Wettbewerbsvorteile bringen, aber auch zum Risiko werden. Daneben haben die kleineren Zulieferer oft nicht die ausreichenden Ressourcen, um die Produktpalette ebenso breit aufzustellen. Gleichzeitig sind diese Unternehmen oft agiler und können schneller auf Umstellungen reagieren. Flache Hierarchien tragen dabei auch zur schnellen Umsetzung neuer Ideen bei.

6 Strategie- und Handlungsempfehlungen

Die folgenden Strategie- und Handlungsempfehlungen leiten sich zum einen aus der mithilfe einer Literaturanalyse erstellten Beschreibung der Ausgangslage in den Abschnitten 3 und 4 sowie den Erwägungen zu möglichen zukünftigen Entwicklungen in Abschnitt 5 ab. Zum anderen fließen hier insbesondere die Ergebnisse aus ExpertInnen-Interviews und dem Fachworkshop zur Fallstudie ein (nachfolgend gemeinsam als „Fachgespräche“ bezeichnet).

6.1 Weichenstellungen in der Unternehmensstrategie

Wie in Abschnitt 5.5 verdeutlicht, sehen die Akteure die Branche grundsätzlich in einer guten Aufstellung für die Entwicklung alternativer Antriebe in der Post-Verbrennungsmotor-Ära. Als größte Stärke wird das grundsätzlich große Produktions-*Knowhow* der deutschen Automobilindustrie gesehen, das sich nun auch auf die flexible Produktion lokal emissionsfreier Fahrzeuge und innovativer Fahrzeugkonzepte übertragen lasse.

Voraussetzung für ein erfolgreiches Bestehen in der Zukunft ist jedoch eine ehrliche **Betrachtung der eigenen Schwächen**. Als große Gefahr wird die bestehende **Lock-in-Situation** betrachtet, die sich durch die hohe Fertigungskompetenz beim verbrennungsmotorischen Antriebssystem und die langjährige Dominanz dieses Antriebssystems ergeben hat und in einer **Innovationsträgheit bzw. bestehenden Innovationswiderständen** in Bezug auf die Entwicklung und

Einführung neuer Antriebssysteme resultiert. Vor diesem Hintergrund herrscht Einigkeit, dass die Verhaftung von Unternehmen und regionalen Clustern an der Produktion von verbrennungsmotorischen Komponenten zügig aufgelöst werden muss, wenngleich sich dies als schwieriges Unterfangen herausstellt. Unternehmen müssen bereit sein, sich auf den Abschied von erfolgreichen Produkten aus dem Umsatzpool der Verbrenner-Ära einzustellen. Umgekehrt müssen v. a. spezialisierte Zulieferer **Stärken** in ihrer **Produktions- und Fertigungskompetenz analysieren** und diese auf potenzielle Produkte für die neue Antriebs- und Mobilitätswelt übertragen. In Workshops und Interviews wurde es zudem als erfolgversprechend identifiziert, wenn Unternehmen selbst **Visionen und Werte**, z. B. hinsichtlich einer nachhaltigen Mobilität der Zukunft, entwickeln und diese durch MitarbeiterInnen übernommen werden, anstatt dass nur äußere (politische) Rahmensetzungen „hingenommen“ werden – erfolgversprechend einerseits im Sinne des Gelingens einer ökologischen Transformation, und langfristig auch erfolgversprechend aus betriebswirtschaftlicher Sicht des Unternehmens.

Hinsichtlich der technologischen Strategie offenbarte sich in Workshops und Interviews ein Spannungsfeld zwischen

- der weiterhin wirtschaftlich attraktiven **Fortführung** und des langsamen Herunterfahrens der nach wie vor profitabelsten Option **Verbrennungsmotor**,
- der nötigen zügigen **Industrialisierung der Elektromobilität** als der ökologisch effizientesten, heute marktfähigen und somit mindestens mittelfristig vorherrschenden Antriebsoption und
- der Offenhaltung weiterer alternativer Technologieoptionen (z. B. Brennstoffzelle) für bestimmte Anwendungsbereiche (z. B. Güterverkehr) bzw. spätere Markteintrittszeitpunkte.

Hier gilt es für die einzelnen Unternehmen individuell die verschiedenen Ansprüche auszutarieren. Dabei sehen es die Branchenakteure übereinstimmend als sehr bedeutsam an, wenn politisch eine klare Rahmensetzung und Kommunikation erfolgt (s. Abschnitt 6.6). Veränderte **politisch-regulative Rahmenbedingungen** werden als **wichtige Einflussgröße auf die Unternehmensstrategie** bewertet, da angesichts der oben beschriebenen Lock-in-Situation sich viele Unternehmen aus sich heraus mit einer Neuausrichtung schwer tun.

Angesichts der Unsicherheiten über den Ablauf des Antriebswechsels und weiterer parallel laufender Veränderungen im Markt werden **Diversifikationsfähigkeit und Flexibilität** als die entscheidenden Erfolgskriterien bewertet. Gleichzeitig finden Strategieentscheidungen zunehmend unter der Rahmenbedingung statt, dass sich Innovationszyklen verkürzen und somit die Geschwindigkeit eine

wichtigere Rolle spielt. Die Unternehmen der Branche können sich auf die Unsicherheiten einstellen und gleichzeitig Effizienzpotenziale nutzen, indem sie beispielsweise **weniger individuelle Komponenten** verwenden, eine stärkere Standardisierung in der Modellpalette zu erreichen, also die **Anzahl ihrer Plattformen⁴ verringern** und diese aber auf **verschiedenste Antriebsstränge vorbereiten**. **Produktionslinien** sollten **maximal flexibel** gestaltet sein, sodass zumindest in der Übergangszeit vom Verbrenner zu den emissionsfreien Antrieben auf einer Linie jedes Auto völlig unterschiedlich zum darauffolgenden sein kann. Es wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass eine hochflexible Produktion mit wesentlich höheren Stückkosten verbunden ist als bei Massenfertigung und daher nur eine Übergangslösung darstellen kann. Für derartige Umbrüche hinsichtlich der Produktionsstandorte und auch der erforderlichen Fähigkeiten beim Personal sollten die sich bietenden „**Gelegenheitsfenster**“ **konsequent genutzt** werden, die sich auftun, wenn z. B. die Neuerrichtung oder der Umbau von Produktionsstandorten anstehen oder aufgrund der Demografie ein Umbruch in der Beschäftigtenstruktur bevorsteht. Gewerkschaftsseitig wird darauf hingewiesen, dass die **Gefahr** besteht, dass der Technologiewandel von Unternehmen dazu genutzt werden könnte, **Standortverlagerungen** vorzunehmen, bestehende Standorte abzuwickeln und Arbeitsplätze zu verlagern und aus bisherigen Tarifvereinbarungen auszusteigen.

Als **technologische Kernkompetenzen**, um auf Anbieterseite weiter bestehen zu können, wurden Batterietechnologie, Sensorik, Software- und Infrastrukturkompetenz identifiziert. Hier müssten Entwicklungsbudgets fokussiert werden. Hinsichtlich der Batteriezellenproduktion wurden in den Fachgesprächen weiter divergierende Ansichten geäußert. Sie reichen von der Forderung nach einem schnellst- und größtmöglichen Einstieg in die **industrielle Zellproduktion** in Deutschland über eine Konzentration auf die **Entwicklung neuer Technologiegenerationen** bis zur Einschätzung, dass auch ein langfristiger **Import der Zellen** keinen Wettbewerbsnachteil für deutsche OEMs und Zulieferer darstellt, solange die Technologie- und Integrationskompetenz vorhanden ist.

Jenseits des antriebstechnologischen Wandels gilt es für die Unternehmen der Branche, neue Geschäftsfelder zu erschließen in einer Welt, in der das Produkt Auto aufgrund gewandelter Kundenanforderungen und eines politischen forcierten ökologischen Wandels gegenüber **Mobilität als Dienstleistung („MaaS“)** an

⁴ Technisch einheitliche Fahrzeugbasis, auf der äußerlich unterschiedliche Fahrzeugmodelle aufgesetzt werden.

Wert verliert. Denkbar sind in diesem Zusammenhang perspektivisch ein sinkender Fahrzeugbestand und ein abnehmender Fahrzeugabsatz. Zudem wurde in den Fachgesprächen die Einschätzung geäußert, dass bei E-Fahrzeugen Alleinstellungsmerkmale schwerer zu realisieren seien, wodurch eventuell die heutige Zahlungsbereitschaft, insbesondere für Premiummarken, nicht mehr gegeben sein könnte. Diesen Entwicklungen können die Fahrzeughersteller und Komponentenlieferanten durch ein **diversifiziertes Leistungsangebot** begegnen. Jedoch bestand auch an dieser Stelle kein Konsens unter den TeilnehmerInnen der Fachgespräche: Es wurde mehrfach die Meinung geäußert, dass Mobilitätsdienstleistungen keine Kernkompetenz der klassischen Automobilindustrie seien und diese sich deshalb weiterhin auf die Fahrzeugproduktion konzentrieren könne und solle. Die Möglichkeit, dass OEMs zu „white-label“-Produzenten und damit zu Zulieferern der Mobilitätsdienstleister würden, wurde weniger als Gefahr gesehen.

Um in Konkurrenz mit den Unternehmen aus der Digitalbranche zu treten, die den Mobilitätsmarkt verändern, wird vielfach ein „**Kulturwandel**“ in den Unternehmen der Automobilindustrie eingefordert: Die Beschäftigten benötigen andere Fähigkeiten als bisher – mehr digitale Kompetenz sowie Verständnis für die neuen Geschäftsfelder anstelle eines klassischen Ingenieurshintergrunds – und eine flexiblere, flachere Führungskultur, welche die Konkurrenzfähigkeit fördere.

Ökologische Aspekte sind nicht der primäre Treiber der Kaufentscheidung von Kunden, sie können jedoch den Markthochlauf elektrischer Fahrzeuge bedeutend stärken. Daneben hilft eine glaubwürdige und konsequente **Nachhaltigkeitsstrategie** möglicherweise die Akzeptanz für soziale Härten, welche den Strukturwandel begleiten werden, zu erhöhen. Insofern stellt die Ökologie das Ziel wie auch den Hebel für die Modernisierung der deutschen und europäischen Automobilindustrie dar.

6.2 Stärkung und zukunftsfähige Aufstellung der Industriestruktur durch die regionalen Akteure

TeilnehmerInnen der Fachgespräche stellten vielfach Anzeichen von *Lock-in* in den regionalen Clustern der deutschen Automobilindustrie fest. Die Vielfalt der Wirtschaftsstruktur sei beispielsweise im vertieft diskutierten südwestdeutschen Schwerpunkt der Industrie gesunken, weil sich tiefgreifende technologische Neuerungen am Antriebsstrang des Automobils in der Vergangenheit schwer durchsetzen konnten. Am Markt belohnt wurden stattdessen inkrementelle Verbesserungen am Verbrennungsmotor und „umweltseitig“ *End-of-Pipe*-Lösungen zur

Abgasreinigung. Die Clusterbildung ist mit ihrer Dichte an Kompetenz und kurzen Wegen in der Vergangenheit oft von Vorteil gewesen. Bei Nachfrageveränderungen oder einem politisch forcierten ökologischen Strukturwandel wird sie zum Risiko. Insbesondere kleine Firmen sind Teil regionaler Verklumpungen in monostrukturell geprägten Regionen. Der soziale Abstieg ganzer Regionen durch die Exnovation aus dem Verbrenner stellt daher eine konkrete Gefahr dar.

Die Untersuchungen in vorgelagerten Arbeitsschritten des Gesamtprojekts haben gezeigt, dass große Unternehmen mit gut ausgestatteten Forschungs- und Entwicklungsabteilungen die besten Ressourcen haben, um diese Situation aufzulösen. Große Zulieferer und OEMs stehen also in der Verantwortung, **klare und progressive Strategien** umzusetzen und die kleineren Zulieferer beim technologischen Wandel „mitzunehmen“. Dabei kann ein „**Zusammenrücken**“ von **OEMs und Zulieferern**, das von vielen Branchenakteuren beobachtet wird, wünschenswert sein. Es ist zu betonen, dass auch viele KMU über ein hohes Innovationspotenzial verfügen und mit ihren Innovationen die Chance bekommen müssen, bei ihren Kunden „durchzudringen“. Unterstützt werden kann die Stärkung der Innovationsfähigkeit des regionalen Netzwerks durch **Kompetenzzentren** für die neuen Kernkompetenzen. Mehrfach wurde gefordert, der Schwerpunkt solle in der anwendungsorientierten Forschung „in der Fläche“ auch jenseits der Universitäten liegen, da sich auch dort viele sogenannte „*Hidden Champions*“ abseits der Ballungszentren befinden, die jedoch nicht über die gleichen Forschungsbudgets und Zugänge zur akademischen Forschung verfügen.

Die durch die Automobilindustrie geprägten Regionen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen deutlich voneinander. Ein „Patentrezept“ kann daher nicht formuliert werden. Die regionale Politik ist gefordert laut der beteiligten Experten, **im Dialog mit der Branche, Gewerkschaften etc. den Wandel zu unterstützen**. Zudem wurde im Fachgespräch für einen **fairen Ausgleich zwischen den betroffenen Regionen** plädiert, um soziale Härten abzufedern, ohne dass dessen Form jedoch weiter konkretisiert wurde.

6.3 Unterstützung von Unternehmen durch die Politik bei Innovationen und klimagerechter Strategiewsetzung

Eine **neue Auslotung der Strategie zur langfristigen Zusammenarbeit, der Rollenverteilung und des Dialogs** zwischen Politik und Wirtschaft ist notwendig – so eine vielfach unterstützte Empfehlung in den Fachgesprächen. Nur auf diese Weise könnten Unternehmen in ihrer Neuausrichtung hin zu nachhaltigen Mobi-

litätslösungen zielgerichtet unterstützt werden. Dabei sollten gemeinsame Strategien formuliert und gleichzeitig ein technologiefreundlicheres Umfeld geschaffen werden. Als konkrete Beispiele dieser neuen Form der Industriepolitik wurde das Format des Automobilgipfels im Kanzleramt sowie der Strategiedialog Automobilwirtschaft in Baden-Württemberg genannt.

Die aus dem Strategiedialog resultierenden Veränderungen sollten jedoch nicht nur die Unternehmen betreffen, sondern auch die Politik. So solle beispielsweise der **Zuschnitt von Ministerien** an Mobilitätswende und Wandel von Industrie- zu Digitalgesellschaft angepasst werden. Es sei hinderlich, dass sich aktuell fünf Bundesministerien mit der Förderung mobilitätsrelevanter Forschung und Entwicklung beschäftigten. Eine erste Verbesserung wird in ressortübergreifenden *Think Tanks* der Bundesministerien gesehen.

Einerseits wird eine klare politische Strategie für die zukünftige Aufstellung der Automobilindustrie gewünscht. Hier wird vor allem auch eine mangelnde Abstimmung einer europäischen Position beklagt, die einen Wettbewerbsnachteil gegenüber Konkurrenten etwa aus China darstellten. Andererseits besteht zum aktuellen Zeitpunkt auch unter den FachexpertInnen kein Konsens, wie diese Strategie inhaltlich ausgestaltet sein soll. Der Forderung nach einer „**Reindustrialisierungsstrategie**“ mit Ansiedlung möglichst der gesamten Wertschöpfungskette innerhalb Europas wird teils entgegengesetzt, dass an einer Produktion bestimmter Komponenten z. B. in Asien nichts auszusetzen sei, solange die **Integrations- und Systemkompetenz** in Deutschland und Europa stark sei. Zudem wird auf den Druck wichtiger Exportmärkte jenseits Europas verwiesen, die zunehmend neben der Produktion auch die Produktentwicklung zur Bedingung für den Fahrzeugabsatz ausländischer Unternehmen machen.

Unternehmensseitig wurden mehrfach „technologiefeindliche“ Rahmenbedingungen beklagt. Dazu zählen auf der einen Seite „klassische“ Themen wie hohe Energie- und Lohnkosten sowie Umweltauflagen und aufwändige Genehmigungsprozesse für Produktionsanlagen, auf der anderen Seite aber auch Hemmnisse bei der Praxiseinführung von innovativen Technologien (z. B. Automatisierung). Ein Ansetzen primär an den erstgenannten Hemmnissen könnte jedoch die ökologische und soziale Glaubwürdigkeit des Strukturwandels gefährden. Ein Fokus muss auf dem Erhalt und der Zukunftsfähigkeit bestehender Standorte liegen. Denn sobald Standortverlagerungen in Erwägung gezogen werden, ist die Gefahr aus Sicht der ExpertInnen groß, dass diese nicht im Inland erfolgt, sondern eine Verlagerung ins Ausland stattfindet. Daher wird für die Akzeptanz des

Wandels in den Betrieben und der Gesellschaft als wichtig erachtet, den notwendigen Technologiewandel nicht mit Standortverlagerungen zu verknüpfen.

„**Technologiefreundliche**“ **Rahmenbedingungen** im Sinne einer vereinfachten Umsetzung innovativer Fahrzeug- und Mobilitätskonzepte, etwa die Schaffung von Experimentierräumen, sollten noch stärker auf die politische Agenda gesetzt werden. Gleichzeitig sollte sowohl in Unternehmen als auch in der Politik die Akzeptanz von Misserfolgen in der Entwicklung neuer Fahrzeug- und Mobilitätslösungen als Teil des Innovationsprozesses gefördert und eine verbesserte „Fehlerkultur“ angestrebt werden. Dazu gehört auch die ehrliche Diskussion und Reflexion vergangener Prozesse sowie die Aufarbeitung von *Lessons Learned*. Beispiele hierfür sind die gescheiterte Markteinführung von batterieelektrischen Fahrzeugen in den 1990er Jahren sowie der seit 30 Jahren ausbleibende Schritt von Brennstoffzellenfahrzeugen hin zur Serienreife.

Innovationsförderung sollte der heutigen Zeit, die durch kurze Innovationszyklen und einem hohen Maß erforderlicher Flexibilität geprägt ist, gerecht werden. Lange Beantragungsprozesse für Fördergelder und ein hoher administrativer Aufwand über die Projektlaufzeit hinweg mit oft eisern an Teiltechnologien gebundenen Förderberechtigungen charakterisieren die Innovationsförderung der Politik aus Sicht der Unternehmen. Eine einfache und vor allem den sich schnell ändernden Technologieansprüchen angemessene, offene Förderung sollte in den Vordergrund treten. Von den FachexpertInnen wurden dabei die „Innovationsgutscheine“ des Landes Baden-Württemberg für KMU hervorgehoben. Ähnliche, unkomplizierte Förderungen für die kurzfristige Finanzierung von kleinen Projekten sollten auch für andere Unternehmensgrößen zugänglich gemacht werden. TeilnehmerInnen der Fachgespräche betonten, dass Deutschland bei Themen wie Robotik, *Cybersecurity* und künstlicher Intelligenz stark sei und diese Kompetenzen durch die Förderung praxisnaher Forschung gestärkt werden sollten.

6.4 Gewährleistung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie im Strukturwandel

Eine zentrale Aufgabe der nationalen und europäischen Politik im ökologischen Strukturwandel der Automobilindustrie stellt eine Handelspolitik dar, die die Umsetzung der Zielsetzung „Dekarbonisierung bis 2050“ mit einer Stützung der Marktposition der einheimischen Fahrzeughersteller verbindet. Denn falls Import-

eure nicht denselben Auflagen hinsichtlich der Klimawirkung ihrer Produkte (inklusive ihrer Vorketten aus der Produktion) unterworfen sind, drohen sich Marktanteile zu Ungunsten der hiesigen Industrie zu verschieben und somit die Wirkung ambitionierter deutscher und europäischer Standards zu verpuffen. Zudem wäre die Folge ein deutlicher Rückgang der Produktionszahlen bei den deutschen Herstellern, verbunden mit einem ungewollten Arbeitsplatzabbau. Denn gleichzeitig wird ein Rückgang der europäischen Exporte erwartet, da sich auch die Bedeutung der Absatzmärkte für Kraftfahrzeuge weiter auf außereuropäische Länder verschieben wird.

Handelsrestriktionen und Protektionismus als mögliche Reaktion wurden in den Fachgesprächen jedoch abgelehnt. Von der Politik erwartet wird vielmehr die Herstellung eines *level playing field*, also eines fairen Markts mit gleichen ökologischen, sozialen und ökonomischen Rahmenbedingungen für einheimische Hersteller und Importeure. Ein konkretes Instrument zur Herstellung eines solchen *level playing field* wären eine *Carbon Adjustment Tax* bzw. **Carbon Border Tax**. Diese würde beim Import von Gütern aus Ländern ohne CO₂-Bepreisung in die EU die mit der Vorkette der Güter verbundenen CO₂-Emissionen in Rechnung stellen und somit dazu dienen, eine Gleichbehandlung mit den innerhalb der EU unter einem Emissionsbepreisungsregime hergestellten Gütern zu gewährleisten. Zudem sind möglichst im globalen Maßstab **einheitliche soziale und ökologische Standards bei der Rohstoffgewinnung** durch Zulieferer erforderlich, beispielsweise im Rahmen der UN-Rohstoffzertifizierung. Wenn unabhängig vom Produktionsland einheitliche Vorgaben zur Transparenz und Einhaltung von Umweltstandards und Arbeitsbedingungen in der Vorkette gelten, ermöglicht dies insbesondere eine faire Konkurrenz um die Standorte der Batterieproduktion. Dasselbe gilt für **Vorgaben zum Fahrzeugrecycling**.

In den Fachgesprächen wurde zudem betont, dass eine progressivere Umsetzung **bindender Klimaschutzinstrumente** wie Quoten für E-Pkw in Märkten wie China die Ansiedlung von Entwicklungskapazitäten im dortigen Markt – also „nah an der Erprobung“ – fördert. Somit fördern indirekt auch verbindliche klimapolitische Maßnahmen die Entwicklung von Innovationen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der einheimischen Industrie auf dem Weltmarkt. Dieses konkrete Beispiel unterstreicht die herausragende Bedeutung der Wechselwirkung von Unternehmensstrategie (siehe Abschnitt 6.1) und der politischen Rahmensetzung (siehe Abschnitt 6.6) für einen gelingenden Strukturwandel.

6.5 Beschäftigungspolitik durch Politik, Gewerkschaften und Unternehmen

Die Einschätzungen der Akteure im Sektor wie auch der einschlägigen Studien (siehe auch Abschnitt 5.2) zur Frage, ob ein ökologischer Strukturwandel hin zu einer dekarbonisierten Mobilität im Jahr 2050 überhaupt umfassende Arbeitsplatzverluste mit sich ziehen wird, divergieren. Weithin unbestritten ist, dass Produktion und Entwicklung des elektrischen Antriebsstrangs weniger Arbeitskräfte erfordern als der Verbrennungsmotor inkl. seiner Abgasreinigung etc. Zumindest mittelfristig wird die Batteriezellenproduktion als wichtiges Element der Wertschöpfungskette nicht in nennenswertem Maßstab in Deutschland angesiedelt sein. Von Seiten der Gewerkschaften wird darin eine Gefahr für die industrielle Leistungsfähigkeit gesehen und entsprechend der Aufbau einer europäischen Batteriezellenproduktion forciert. Insbesondere unter den kleinen und rein auf verbrennungsmotorische Technologien spezialisierten Zulieferern wird auch das Verschwinden ganzer Unternehmen vom Markt erwartet. Inwieweit diese Verluste innerhalb der Automobilindustriebranche oder in neuen Segmenten des Mobilitätsbereichs kompensiert werden können, ist noch in der Diskussion. Die Altersstruktur der Beschäftigten ist, sowohl unter den OEMs als auch den Zulieferern, unterschiedlich und damit auch die Fähigkeit der Unternehmen, den demografischen Wandel mittels Altersteilzeitregelungen o. ä. zur Abfederung etwaiger Beschäftigungsrückgänge zu nutzen.

Als große Herausforderung in dieser Transformation – neben dem grundsätzlichen Rückgang der Beschäftigungsintensität bei der Fertigung des elektrischen Antriebs – wird die **Weiterbildung und Qualifizierung von Beschäftigten** gesehen. Qualifikationsmaßnahmen sind insbesondere für die Felder essenziell, die für neue Antriebstechnologien und Mobilitätsdienstleistungen zentral sind und in denen heute schon ein Fachkräftemangel herrscht, z. B. im IT-Bereich. Die Verantwortung für die Umschulung liegt dabei zunächst bei den Unternehmen, sollte aber **staatliche Unterstützung** erhalten. Speziell gilt dies für **spezialisierte Mittelständler**, die, anders als die OEMs, ggf. ihr Produktangebot weitgehend umstellen müssen und dafür kurzfristig ganz neue Qualifikationen benötigen. Als herausfordernd für die Integration von Umschulungsmaßnahmen in die laufenden Arbeitsprozesse werden insbesondere das parallele Auslaufen der Verbrennungsmotorentwicklung und -produktion und das Hochlaufen der E-Fahrzeugtechnologie beschrieben. Sofern für Arbeitskräfte im Unternehmen selbst keine alternativen Beschäftigungsmöglichkeiten gefunden werden können, kommen auch **außerhalb der Fahrzeugproduktion** Tätigkeiten im Feld Elektromobilität in Frage, so etwa im Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur oder in den

Mobilitätsdienstleistungen. Die Möglichkeiten zur Umschulung von Personal aus der Produktion auf diese Betätigungsfelder wurden aber in den Fachgesprächen skeptisch gesehen, weil Personalabteilungen bislang zu wenige Kompetenzen vorhalten. Damit die Herausforderung der Weiterbildung und Qualifizierung gelingt, sind Personalabteilungen und Betriebsräte gefordert, Qualifikation und Weiterbildung in den Betrieben aktiv zu befördern und Kapazitäten müssen entsprechend aufgebaut werden.

Eine breite Qualifikation und Weiterbildung werden von den zentralen Akteuren immer wieder als Schlüsselkomponenten eines gelingenden Strukturwandels angemahnt. Deren Inhalte und Ausgestaltung bleiben jedoch oft unkonkret. Die vorrangige Aufgabe von Forschung und Politik liegt in der ehrlichen Reflexion und Diskussion von Kenntnislücken zu konkreten und maßgeschneiderten Lösungen bei der Weiterbildung in Schlüsseltechnologien. In einer neuen Mobilitätsindustrie, die über die Fahrzeugproduktion hinausgeht, werden entstehende Arbeitsplätze auch zunehmend im Dienstleistungssegment angesiedelt sein. Die Politik hat die Aufgabe, die Qualität dieser neuen Beschäftigungstypen in einem positiven Zielbild nachhaltiger Mobilität in der gesellschaftlichen Wahrnehmung zu stärken und aktiv zu kommunizieren – es fallen zwar Arbeitsplätze weg, aber neue entstehen.

Für einen erfolgreichen Transfer von Arbeitskräften in die Produktion alternativer Antriebe wird auch eine **Unterstützung der geografischen Mobilität** erforderlich sein. Denn schon heute siedelt sich die Herstellung von Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs teils in Regionen an, in denen die Automobilindustrie bisher eine untergeordnete Rolle spielt. Aktuelle Beispiele sind die Ansiedlung von Batteriezellen- und Elektrofahrzeugfertigungsanlagen in erheblichem Umfang in Thüringen bzw. Brandenburg.

Als eine mögliche staatliche Unterstützungsmaßnahme wurde in den Fachgesprächen ein sogenanntes **Transformationskurzarbeitergeld** genannt. Dieses soll eine Umschulung von Arbeitskräften auf zukunftsfähige Technologien ermöglichen. Die Beschäftigten bleiben in diesem Fall während der Qualifikationsmaßnahmen beim Unternehmen beschäftigt, der Lohn wird jedoch von der Bundesagentur für Arbeit bezuschusst. So könnten OEMs und Zulieferer in Umbruchphasen finanziell unterstützt und Beschäftigung gesichert werden. In den Fachgesprächen wurde gefordert, eine solche Unterstützung der Unternehmen mit sozialen und ökologischen Zielen, wie zum Beispiel der Tarifbindung geförderter Unternehmen, für die Industrie zu koppeln. „Gegenleistungen“ staatlicherseits

könnten verbindliche Ziele beim für den Antriebswechsel erforderlichen Ladeinfrastrukturausbau sein und seitens der Gewerkschaften der mögliche temporäre Verzicht auf Gehaltserhöhungen. Gleichzeitig wurden aber auch Bedenken hinsichtlich der Wirksamkeit der Maßnahme geäußert, da der Veränderungsprozess auch deutlich schneller als die Dauer der Qualifikationsmaßnahmen ablaufen könnte und auch eine – wenn auch gesellschaftlich unerwünschte – Entwicklung hin zu Altersteilzeit und Frühverrentung denkbar ist.

Insgesamt wäre ein **umfassender**, zwischen **allen Beteiligten** – Unternehmen, Beschäftigten, Gewerkschaften, staatlichen Akteuren, Arbeitsagentur, Bildungseinrichtungen – ausgehandelter **Prozess** wünschenswert, der auf gegenseitigen Verpflichtungen zur Unterstützung der Transformation basiert. Dieser Prozess sollte nach Einschätzung der Fachgespräch-TeilnehmerInnen durch einen nationalen Ausschuss oder auch regionale Gremien – „**Strukturwandelräte**“ – getragen werden.

6.6 Politische Steuerung des Mobilitätswandels

Neben den in den Abschnitten 6.2 bis 6.5 erläuterten politischen Strategien, die direkt auf die Industrie wirken, erwarten alle Beteiligten von den politischen Entscheidungsträgern vor allem **Visionen und planbare Rahmenbedingungen** für die Transformation des Mobilitätssektors, eine Funktion als **Moderator**, aber auch **Diskurstreiber** und eine **aktive Kommunikation** des vereinbarten Pfads. Diese Rolle nimmt die Politik bisher nicht ausreichend ein. Industrie, Beschäftigte und Gesellschaft suchen nach Sicherheit im Wandel. Strategische Unternehmensentscheidungen können nur getroffen werden, wenn klar ist, auf welchen externen Bedingungen sie fußen. Ein Mangel an klaren Zielen schränkt nicht nur die Planungsfähigkeit der Unternehmen ein, sondern verunsichert auch Investoren, welche die Transformation finanzieren können. Für die notwendigen unternehmerischen Weichenstellungen sind daher – insbesondere in einer Situation in der die Gefahr eines Lock-in besteht – klare politische Rahmenbedingungen notwendig (siehe auch Abschnitt 6.1)

Aufgabe der Politik ist es, das Ziel der Dekarbonisierung des Verkehrssektors bis 2050 als **zentrales Leitbild zu vermitteln**, es durch regelmäßige verbindliche Etappenziele zu ergänzen sowie darzustellen, wie konkrete Maßnahmen darauf einzahlen und wie sich die konkreten Maßnahmen in das konkrete Lebensumfeld übersetzen. Insgesamt sollte eine positive und proaktive Herangehensweise verbreitet werden, nach dem Motiv „Zukunftsfähigkeit erhalten und nicht anderen den Strukturwandel überlassen“. In diesem Zusammenhang sollten auch die in

Strukturwandelprozessen der Vergangenheit festgestellten insgesamt (auch wirtschaftlich) positiven Wirkungen einer „schöpferischen Zerstörung“ herausgestellt werden.

In den Fachgesprächen ließ sich jedoch ein erkennbarer Dissens nicht auflösen: Wie weit sollen die allseits geforderten klaren politischen Rahmenbedingungen und Zielbilder in Form von technologischen Weichenstellungen konkret werden? Es besteht offensichtlich nach wie vor ein Dilemma zwischen den Forderungen

1. nach **klarer und eindeutiger politischer Kommunikation** der Umweltvorteile von **Batteriefahrzeugen** und einer schwerpunktmäßigen Förderung dieser effizientesten und marktfähigsten Technologie,
2. sowie nach größtmöglicher Technologieoffenheit, die auch andere Technologieoptionen berücksichtigt (v. a. Brennstoffzelle und synthetische Kraftstoffe).

Für den ersten Standpunkt spricht, dass eben dadurch die klaren Rahmenbedingungen geschaffen werden, auf welche die Öffentlichkeit wartet und die Akteure der Branche fordern. Auch sind angesichts des Handlungsdrucks gewisse Vorfestlegungen nötig, wenn nicht stets für alle Antriebsoptionen – batterieelektrisch, Plug-in-Hybride, Wasserstoff-Brennstoffzelle, Verbrennungsmotor mit synthetischen Kraftstoffen – die Infrastruktur parallel aufgebaut werden und der unterschiedlichen Technologiereife Rechnung getragen werden soll.

VertreterInnen des zweiten Standpunkts begründen ihn damit, dass es durch eine zu frühe Festlegung auf die Elektromobilität zu einer neuen Lock-in-Situation kommen könne. Es sei erforderlich, Alternativen zur Elektromobilität gleichberechtigt in Einsatz zu bringen, um einen technologischen Wettbewerb zu ermöglichen, und auch langfristig seien für verschiedene Kontexte – Stadt/Land, Güter-/Personenverkehr etc. – möglicherweise unterschiedliche Technologien im Vorteil.

Dem gegenüber stehen bereits klare Festlegungen von großen OEM auf den batterieelektrischen Antrieb für die Fahrzeugproduktion in den kommenden Jahren. Auch in den (anonymen) Telefoninterviews wurde von den FachexpertInnen durchgängig die Einschätzung geteilt, dass der batterieelektrische Antrieb sich im Pkw-Bereich in den nächsten Jahren zur dominierenden Technologie entwickeln wird.

Nicht nur in Hinblick auf die Antriebstechnologie, sondern auch auf die zukünftige Mobilität im Allgemeinen wird von der Politik eine klare Positionierung erwartet:

Beinhaltet die politische Vision auch das Ziel „Nicht nur andere, sondern weniger Autos“?

Ein konkretes Instrument zur Definition eines verlässlichen Transformationspfads können **für die Hersteller verbindliche Anteile alternativer Antriebe an den Neuzulassungen** sein. Diesbezüglich wird von manchen ExpertInnen China als Positivbeispiel gesehen, da dort kontinuierlich steigende Quoten von Elektrofahrzeugen mit einem Etappenziel von 50 % der Neufahrzeuge im Jahr 2030 existieren. Gleichzeitig wird simultan und verlässlich die Infrastruktur gefördert und bereitgestellt. Eine Möglichkeit, die Verantwortung zur Erreichung einer solchen möglichen Quote auch in Deutschland bzw. Europa nicht alleine den Herstellern aufzuerlegen, wird daher darin gesehen, diese mit der Erreichung von staatlichen Ladeinfrastruktur-Ausbauzielen zu koppeln.

Eine überwiegende Mehrheit der am Projekt beteiligten ExpertInnen hält zudem die **CO₂-Bepreisung** für geeignet, einen verlässlichen Pfad zur Dekarbonisierung zu schaffen. Vorschläge für ein positives Framing dieser Maßnahme aus den Fachgesprächen sind

- der **zweckgebundene Einsatz** der durch die zusätzliche Bepreisung fossiler Kraftstoffe entstandener Einnahmen für Maßnahmen im Mobilitätsbereich (z. B. Aufbau von Ladeinfrastruktur),
- feste Mechanismen zur Anpassung der Höhe der Bepreisung an die Zielerreichung,
- und die **Kompensation von Auswirkungen** der Bepreisung auf Nutzergruppen, die den Umstieg nicht kurzfristig umsetzen können (z. B. Handwerksbetriebe).

Neben der CO₂-Bepreisung von Energieträgern empfehlen sich auch Instrumente, die direkt auf Antriebstechnologien und Verbräuche neu zugelassener Fahrzeuge wirken. Ein existierendes Instrument ist die **europäische Regulierung des CO₂-Ausstoßes von Neufahrzeugen**, die einen Rückgang der durchschnittlichen Flottenemissionen um 37,5 % gegenüber 2021 vorschreibt. Hier bietet die vorgesehene Revision im Jahr 2023 die Möglichkeit zur Nachjustierung.

Darüber hinaus könnte durch Preissignale an die NutzerInnen schon beim Fahrzeugkauf der Erwerb von elektrischen und sonstigen emissionsfreien Fahrzeugen angereizt werden. Eine vielversprechende Option ist ein Bonus-Malus-System bei der Zulassung: Die Förderung von Null-Emissions-Fahrzeugen würde in diesem Modell über eine nach CO₂-Ausstoß gestaffelte Zulassungssteuer (bzw.

eine Erhöhung der Kfz-Steuer im ersten Jahr nach der Zulassung) auf verbrennungsmotorische Autos gegenfinanziert. Der Einstieg in ein solches System bietet perspektivisch auch die Möglichkeit, die Energieeffizienz auch von (teil-)elektrischen Fahrzeugen zu berücksichtigen und so einen Anreiz zur Beschaffung verbrauchsarmer Autos zu geben.

Der Trend zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs ist bisher von außen, u. a. von China, getrieben und steigert grundsätzlich die Nachhaltigkeit des Produktes Automobil. Um die Wirkung zu maximieren, ist eine **globale Zertifizierung von Rohstoffen für Batterien und Elektronik** sowie die schnelle **Weiterentwicklung der Energiewende** unerlässlich. Neben der Dekarbonisierung des Produktes sollte die politische Steuerung daher auch die **nachhaltige Gestaltung des Produktionsprozesses** durch internationale Standards forcieren. Dies betrifft die Beschaffung, Produktionsprozesse sowie Versorgungsketten.

7 Literaturverzeichnis

- Ahlgren, Erik O.; Börjesson Hagberg, Martin & Grahn, Maria (2017). Transport biofuels in global energy-economy modelling - a review of comprehensive energy systems assessment approaches. *GCB Bioenergy* 9 (7), S. 1168–1180.
- Baes, Kurt; Kolk, Michael; Carlot, Florence; Merhaba, Adnan & Ito, Yuma (2018): Future of batteries. Winner takes all? Verfügbar unter https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl_future_of_batteries-min.pdf.
- Bauer, Wilhelm; Riedel, Oliver; Herrmann, Florian; Borrmann, Daniel & Sachs, Carolina (2018): ELAB 2.0. Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland (Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und organisation IAO, Hrsg.), Stuttgart.
- Bloomberg Finance (2017): Electric Vehicle Outlook 2017. Bloomberg New Energy Finance's annual long-term forecast of the world's electric vehicle market. Executive summary.
- BMVI (2019): Automobilindustrie. Verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html>, zuletzt abgerufen am 15.08.2019.
- BMWi (2020): Eckdaten der deutschen Automobilindustrie. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html>, zuletzt abgerufen am 02.10.2020.
- C40 Cities (2019): Fossil Fuel Free Streets Declaration. Verfügbar unter <https://www.c40.org/other/green-and-healthy-streets>, zuletzt abgerufen am 25.10.2019.
- Cambridge Econometrics; Element Energy (2018): Low-carbon cars in Europe: A socio-economic assessment. Final Report.
- Deloitte (2017): The future of the automotive value chain - 2025 and beyond.
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR); IMU Institut & bridging IT (2019): Strukturstudie BWemobil 2019. Transformation durch Elektromobilität und Perspektiven der Digitalisierung (e-mobil BW GmbH, Hrsg.).

- Ernst&Young (EY) (2019): Die Automobilindustrie in Deutschland 2018, EY. Verfügbar unter [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-automobilindustrie-in-deutschland-2019/\\$FILE/ey-automobilindustrie-in-deutschland-2019.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-automobilindustrie-in-deutschland-2019/$FILE/ey-automobilindustrie-in-deutschland-2019.pdf), zuletzt abgerufen am 22.10.2019.
- European Climate Foundation (ECF) (2018): Low-carbon cars in Europe: A socio-economic assessment (Cambridge Econometrics, Hrsg.).
- European Commission (EC) (2016): Commission Staff Working Document Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A European Strategy for Low-Emission Mobility. SWD (2016) 244 final, Brussels.
- Felizeter, Bernhard (2016): Leitfaden für Elektromobilität in China. Verfügbar unter https://china.ahk.de/fileadmin/AHK_China/Services/Building__Environment/EMOChina_Leitfaden_final.pdf.
- Fraunhofer IAO (2018): ELAB 2.0 Wirkungen von Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland. Vorabbericht.
- Fraunhofer IAO; Bauer, Wilhelm; Rothfuss, Florian; Dungs, Jennifer; Hermann, Florian; Cacilo, Andrej; Schmidt, Sarah; Brand, Marius; Klausmann, Florian & Borrmann, Daniel (2015): Strukturstudie BWe Mobil 2015. Elektromobilität in Baden-Württemberg (e-mobil BW GmbH, Hrsg.).
- Gao, Paul; Malorny, Christian; Sha, Sha; Mingyu, Guan; Ting, Wu; Luk, Thomas; Ling, Yang; Lin, Danny & Xiaoqi, Xu (2015): Supercharging the Development of Electric Vehicles in China. McKinsey.
- Heyen, D. A.; Gensch, C.-O.; Gsell, M.; Hacker, F.; Minnich, L.; Scherf, C.-S.; Doll, C.; Grimm, A.; Marschei-der-Weidemann, F.; Sartorius, C. (i.E.): Strukturwandel zu einer Green Economy, Übergreifende und branchenspezifische Analysen und Empfehlungen. Teilbericht zu AP 2 des ReFoPlan-Vorhabens „Strategien und Handlungsempfehlungen für den ökologischen Strukturwandel in Richtung einer Green Economy“ (Umwelt, Innovation, Beschäftigung). Umweltbundesamt. Dessau, 2021.
- Hünecke, K.; Heyen, D. A.; Ostertag, K. (i.E.): Strukturwandel zu einer Green Economy, Screening besonders betroffener Branchen. Teilbericht zu AP 1 des

ReFoPlan-Vorhabens „Strategien und Handlungsempfehlungen für den ökologischen Strukturwandel in Richtung einer Green Economy“ (Umwelt, Innovation, Beschäftigung). Umweltbundesamt. Dessau, 2021.

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) (2018). Elektromobilität 2035: Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen.

International Council on Clean Transportation (ICCT) (2014): The State of Clean Transport Policy. A 2014 Synthesis of Vehicle and Fuel Policy Developments.

International Council on Clean Transportation (ICCT) (2018a). China's New Energy Vehicle Mandate Policy (Final Rule).

International Council on Clean Transportation (ICCT) (2018b): Power play: How governments are spurring the electric vehicle industry.

International Energy Agency (IEA) (2018): Global EV Outlook 2018: OECD.

International Energy Agency (IEA) (2019a): Transport. Tracking clean energy progress, IEA. Verfügbar unter <https://www.iea.org/tcep/transport/>, zuletzt abgerufen am 20.09.2019.

International Energy Agency (IEA) (2019b): Global EV Outlook 2019. Scaling-up the Transition to Electric Mobility.

International Energy Agency (IEA); Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2009): Transport, energy and CO₂. Moving toward sustainability. Paris. Verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10355605>.

International Energy Agency (IEA); Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2017): Energy Technology Perspectives 2017. Catalysing Energy Technology Transformations Together (IEA Publications).

International Institute for Environment and Development (2017): Energy Technology Perspectives 2017: OECD.

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) (2019): Sales Statistics. Verfügbar unter <http://www.oica.net/category/sales-statistics/>, zuletzt abgerufen am 25.10.2019.

- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2015): Renewable Energy Target Setting. Verfügbar unter https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_RE_Target_Setting_2015.pdf.
- Kuhnert, Felix; Stürmer, Christoph & Koster, Alex (2017): eascy - Die fünf Dimensionen der Transformation der Automobilindustrie (PricewaterhouseCoopers, Hrsg.).
- McKinsey & Company (2016a): Automotive revolution – perspective towards 2030. How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry (Advanced Industries).
- McKinsey & Company (2019): Elektromobilität: Boom in China, Europa wartet ab. Ergebnisse des aktuellen Electric Vehicle Index (März 2019) von McKinsey. Verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/de/branchen/automobil-zulieferer/electric-vehicle-index>.
- McKinsey&Company (2016b): Automotive Revolution - Perspective Towards 2030. How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry (Nr. 4).
- PricewaterhouseCoopers (PwC) (2018): The Opening-up of Chinese Automotive Industry and its Impact. Verfügbar unter <https://www.pwccn.com/en/automotive/chinese-automotive-industry-opening-up-impact.pdf>, zuletzt abgerufen am 08.08.2019.
- PwC (2017): eascy - Die fünf Dimensionen der Transformation der Automobilindustrie.
- RWTH (2016): Modellierung der zukünftigen elektromobilen Wertschöpfungskette und Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Stärkung des Elektromobilitätsstandortes NRW.
- Sachs, Andreas (2018). Wertschöpfungsnetzwerke am Beispiel der deutschen Automobilindustrie.
- Schade, Wolfgang; Zanker, Christoph; Kühn, André & Hettesheimer, Tim (2014): Sieben Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie. Strategische Antworten im Spannungsfeld von Globalisierung, Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bis 2030. Verfügbar unter <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/buecher/schade-et-al-2014-152.pdf>.

- Schade, Wolfgang; Zanker, Christoph; Kühn, André; Kinkel, Steffen; Jäger, Angela; Hettesheimer, Tim & Schmall, Thomas (2012): Zukunft der Automobilindustrie (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.).
- Seiberth, Gabriel (2015). Wie verändern digitale Plattformen die Automobilwirtschaft? Kompendium Industrie 4.0. Verfügbar unter <http://plattform-markte.de/wp-content/uploads/2015/10/Gabriel-Seiberth-Accenture.pdf>.
- Sims, Ralph; Schaeffer, Roberto; Creutzig, Felix; Cruz-Núñez, Xochitl; D'Agosto, Marcio; Dimitriu, Delia; Figueroa Meza, Maria J.; Fulton, Lew; Kobayashi, Shigeki; Lah, Oliver; McKinnon, Alan; Newman, Peter; Ouyang, Minggao; Schauer, James J.; Sperling, Daniel & Tiwari, Geetam (2014). Transport. In IPCC (Hrsg.), Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (S. 599–670). Cambridge: Cambridge University Press.
- Spath, Dieter; Bauer, Wilhelm; Voigt, Simon; Borrmann, Daniel; Herrmann, Florian; Brand, Marius; Rally, Peter; Rothfuss, Florian; Sachs, Carolina; Frieske, Benjamin; Propfe, Bernd; Redelbach, Martin; Schmid, Stephan & Dispan, Jürgen (2012): Elektromobilität und Beschäftigung. Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB) (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - Institut für Fahrzeugkonzepte (DLR-FK) & IMU Institut, Hrsg.), Stuttgart. Verfügbar unter <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/muse/de/documents/AbgeschlosseneProjekte/elab-abschlussbericht.pdf>.
- Statistisches Bundesamt (2019a): Automobilindustrie: Deutschlands wichtigster Industriezweig mit Produktionsrückgang um 7,1 % im 2. Halbjahr 2018. Pressemitteilung Nr. 139. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/04/PD19_139_811.html.
- Statistisches Bundesamt (2019b): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Beschäftigtengrößenklassen, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-/3-/4-Steller), zuletzt abgerufen am 15.08.2019.
- Statistisches Bundesamt (2019c): Unternehmen, Beschäftigte, Umsatz und weitere betriebs- und volkswirtschaftliche Kennzahlen im Handel: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige, zuletzt abgerufen am 15.08.2019.

- Statistisches Bundesamt (2020): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Inlandsproduktberechnung (Fachserie 18 Reihe 1.4).
- Timmer, Marcel P.; Dietzenbacher, Erik; Los, Bart; Stehrer, Robert & Vries, Gaaitzen J. de (2015). An Illustrated User Guide to the World Input-Output Database. The Case of Global Automotive Production. *Review of International Economics* 23 (3), S. 575–605.
- UBS (2017): UBS Evidence Lab Electric Car Teardown - Disruption Ahead?
- Umweltbundesamt (UBA) (2019): Wirtschaft und Umwelt. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt>, zuletzt abgerufen am 02.10.2020.
- United Nations (UN) (2015): Paris Agreement.
- Verband der Automobilindustrie (VDA) (2019a): Neuzulassungen. Verfügbar unter <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/neuzulassungen.html>, zuletzt abgerufen am 12.08.2019.
- Verband der Automobilindustrie (VDA) (2019b): Automobilproduktion. Verfügbar unter <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html>, zuletzt abgerufen am 12.08.2019.
- Verband der Automobilindustrie (VDA) (2019c): Produktionsstatistik. Verfügbar unter <https://www.vda.de/de/themen/automobilindustrie-und-maerkte/produktion/entwicklungen-in-der-produktion.html>, zuletzt abgerufen am 15.08.2019.
- Verband der Automobilindustrie (VDA) (2019d): Markt Zulieferindustrie. Verfügbar unter <https://www.vda.de/de/themen/automobilindustrie-und-maerkte/markt-zulieferindustrie/situation-der-zulieferindustrie.html>, zuletzt abgerufen am 15.08.2019.
- Wietschel, Martin; Thielmann, Axel; Plötz, Patrick; Gnann, Till; Sievers, Luisa; Breitschopf, Barbara; Doll, Claus & Moll, Cornelius (2017): Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität (Fraunhofer ISI, Hrsg.).



Autoren

Anna Grimm, Claus Doll

Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Florian Hacker, Lukas Minnich

Öko-Institut e.V., Berlin/Darmstadt

Kontakt: Anna Grimm

Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)

Breslauer Straße 48

76139 Karlsruhe

Phone: +49 721 6809-485

E-Mail: anna.grimm@isi.fraunhofer.de

www.isi.fraunhofer.de

Karlsruhe 2020