



Mobilitätswende - Die deutsche Automobilindustrie im Umbruch

Werkbericht Nr. 8

Ulrich Petschow
Christian Uhle
Heinrich Böing

Februar 2018

Vorbemerkung:

Die vorliegende Studie fügt sich in einen längerfristigen Diskussionsprozess im *Denkwerk Demokratie* ein. Es geht dabei um Fragen einer nachhaltigen Wirtschaftspolitik und Instrumente einer nachhaltigen Strukturpolitik. Der Werkbericht Nr. 1 befasste sich mit einer Landkarte politischer Diskurse zu Wirtschaft, Wachstum und Gesellschaft. Die Werkberichte Nr. 2, Nr. 4 und Nr. 7 stellten Ziele einer nachhaltigen Wirtschaftspolitik in Form eines neuen Stabilitäts- und Wachstumsgesetzes vor (Neues Magisches Viereck).

Die Problematik eines ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Entwicklungspfades der Wirtschaft und die Rolle der Politik bei solchen Transformationsprozessen werden im vorliegenden Werkbericht Nr.8 am Beispiel des Mobilitätssystems und der Automobilindustrie beleuchtet. Die Studie wurde im Auftrag des *Denkwerk Demokratie* vom *Institut für ökologische Wirtschaftsforschung*, Berlin, erstellt.

Inhalt

1.	Hinführung und Überblick.....	7
2.	Neue Anforderungen an den Verkehrssektor	9
2.1.	Umweltbelastungen – Global und lokal	9
2.2.	Digitalisierung und automatisiertes Fahren	17
3.	Grundsätzliche Strategien für eine Mobilitätswende	20
3.1.	Der technische Pfad.....	22
3.2.	Der strukturelle Pfad.....	23
3.3.	Zusammenführung.....	23
4.	Strukturwandelsprozesse.....	26
4.1.	Erforderliche Gestaltung von Strukturwandelsprozessen.....	26
4.2.	Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Strukturwandelsprozessen.....	27
4.3.	Strukturwandel und die Automobilindustrie	28
5.	Automobilindustrie im Wandel.....	30
5.1.	Die Automobilindustrie im Status Quo.....	30
5.2.	Neue Antriebskonzepte – Elektromobilität	32
5.2.1.	Veränderung der Wertschöpfungskomponenten.....	32
5.2.2.	Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte	35
5.2.3.	Zwischenfazit.....	37
5.3.	Digitalisierung und automatisiertes Fahren	37
5.4.	Szenarien für die Automobilindustrie	40
5.4.1.	Szenario 1: Antriebswende – Durchsetzung der Elektromobilität.....	41
5.4.2.	Szenario 2: Disruption – Transport als Service als neues Geschäftsmodell	43
5.5.	Neues Selbstverständnis der Automobilindustrie – Aktuelle Anpassungsmaßnahmen	44
5.6.	Zwischenfazit.....	46
6.	Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen.....	48
6.1.	Eine umfassende Mobilitätswende ist notwendig	48
6.2.	Das Mobilitätssystem gerät stärker unter Druck	49
6.3.	Herausforderungen für die Automobilindustrie.....	49
	Elektromobilität.....	50
	Digitalisierung.....	50
	Autonome Fahrzeuge.....	51
6.4.	Herausforderungen für die Politik.....	51
	Mobilitätswende.....	51
	Transformation der Automobilindustrie.....	52
	Strukturwandel.....	53
6.5.	Fazit	54
7.	Literaturverzeichnis	55

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	PKW-Bestand in verschiedenen Szenarien.....	12
Abb. 2-2:	Einfluss der Verkehrs- und der Energiewende auf die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor.....	14
Abb. 2-3:	Prognose zur Entwicklung der Verkehrsleistung in Deutschland bis 2050 in verschiedenen Studien und Szenarien.....	15
Abb. 2-4:	Zunehmende Komplexität der Wettbewerbslandschaft. Eintritt neuer (branchenfremder) Unternehmen erhöht die Wettbewerbsintensität.....	18
Abb. 3-1:	Transition des Mobilitätssystems im Rahmen der Multi-Level-Perspektive.....	21
Abb. 3-2:	Wirkungsfelder von Maßnahmen im Rahmen einer Verkehrs- und Energiewende im Verkehrssektor.....	25
Abb. 5-1:	Die bedeutendsten Export-Branchen im Jahr 2016.....	30
Abb. 5-2:	Aufschlüsselung der Kostenanteile der Automobilhersteller sowie verschiedener Branchen von Zulieferern bei elektrisch und durch Verbrennungsmotoren angetriebenen Fahrzeugen.....	33
Abb. 5-3:	Tech-Unternehmen haben weniger Angestellte und mehr Softwareentwickler. Sie sind in einer besseren Position hochqualifizierte Ingenieure zu binden.....	39
Abb. 5-4:	Prognose zu den Anteilen der Elektromobilität nach Weltregionen.....	42

Zusammenfassung

Zielstellung der Kurzstudie

In der vorliegenden Kurzstudie werden mit Fokus auf den Personenverkehr aktuelle Entwicklungen beschrieben, die das bestehende Verkehrssystem unter Anpassungsdruck setzen. Davon ausgehend werden Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie wie auch unternehmerische und regulatorische Gestaltungsansätze für einen erfolgreichen Wandel identifiziert.

Klimaziele und Digitalisierung stoßen den Wandel an

Die Notwendigkeit einer Dekarbonisierung des Personenverkehrs, die fortschreitende Digitalisierung, speziell die Möglichkeit autonomen Fahrens, und eine veränderte Wettbewerbslandschaft wirken auf das Mobilitätssystem. Elektromobilität wie auch neue Mobilitätskonzepte und Geschäftsmodelle prägen das Mobilitätssystem von Morgen.

Digitalisierung und Nachhaltigkeit müssen zusammengedacht werden

Es ist eine fundamentale Herausforderung für Politik, Gesellschaft und Wirtschaft, die beiden Transformationen der Gegenwart – die „große“ ökologische Transformation und die digitale Transformation – miteinander in Einklang zu bringen. Vor diesem Hintergrund muss die Mobilität 4.0 konzeptuell eingebettet werden in eine umfassende Mobilitätswende. Hierfür müssen technologische mit sozialen Innovationen sowie strukturellen Veränderungen verzahnt werden. Eine Antriebswende und die Verlagerung vom privaten Automobil hin zur Nutzung von Mobilitätsdienstleistungen, etwa in Form von Car- und Ride-Sharing, müssen einhergehen mit Strategien zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens, unter anderem durch eine Förderung des ÖPNV.

Wertschöpfung und Kompetenzanforderungen verändern sich

Zum einen werden mit dem Übergang zur Elektromobilität Kompetenzvorteile der deutschen Industrie im Bereich Antriebstechnologie deutlich reduziert. Gefragt sind nun Kompetenzen für die Fertigung hochwertiger und kostengünstiger Elektromotoren und Batterien. In diese Bereiche verlagert sich auch die Wertschöpfung. Zum anderen werden durch die Digitalisierung Kompetenzen im Bereich Datenverarbeitung und der Bereitstellung digitaler Dienstleistungen wichtiger. Hier wird künftig ein großer Teil des Wachstums der Wertschöpfung stattfinden.

Die deutsche Automobilindustrie hat Aufholbedarf

Das Wissen um eine tiefgreifende Transformation des Mobilitätssystems ist in der Automobilindustrie angekommen. Anstrengungen zum Aufbau von Kompetenzen in den Bereichen Elektromobilität, digitale Mobilitätsdienstleistungen und autonomes Fahren werden unternommen. Die Umsetzung und eine grundlegende Neuausrichtung erfolgen jedoch zögerlich. Unternehmen aus den Bereichen Elektroantriebs- und Batterietechnologie sowie Informations- und Kommunikationstechnologie haben einen deutlichen Kompetenzvorsprung. Dies sind insbesondere Unternehmen, die in den USA oder dem asiatischen Raum angesiedelt sind.

Gelingt eine Transformation nicht, hat dies negative Effekte auf Wirtschaft und Beschäftigung

Werden die Transformationen hin zur Elektromobilität und (digitalen) Mobilitätsdienstleistungen nicht proaktiv und entschieden vorangetrieben, verlieren deutsche Hersteller ihre derzeit sehr gute Wettbewerbsposition. Es besteht dann die Gefahr, dass die Automobilindustrie nur noch als Gerätezulieferer für die Mobilitätsdienstleister der IKT-Branche fungiert. Entsprechende Wertschöpfungsverluste hätten negative Effekte auf den Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland ebenso wie auf Beschäftigungsverhältnisse.

Der Strukturwandel muss politisch begleitet werden

Es ist eine Aufgabe der Politik, partielle Unternehmensstrategien zu einer Gesamtstrategie für den Strukturwandel der Automobilindustrie zu bündeln. Erste Ansätze hin zu einer Antriebswende und der Nutzung digitaler Mobilitätsdienstleistungen müssen entschieden unterstützt werden, damit die Transformation gelingt und der Mobilitätsstandort Deutschland seine Position behaupten kann. Es müssen Strategien entwickelt und umgesetzt werden, um eine zukunftsfähige Mobilitätswende und eine Reduzierung von Fahrzeugbestand und Verkehrsaufkommen zu ermöglichen. Dies erfordert auch die Förderung neuer Mobilitätsleitbilder. Entscheidend ist, dass industriepolitische, innovationspolitische und regionalpolitische Maßnahmen ergriffen werden.

1. Hinführung und Überblick

Dem Verkehrssystem kommt in Privatleben, Gesellschaft und Volkswirtschaft eine Schlüsselrolle zu. Fortbewegungsmittel und Infrastrukturen sind Taktgeber des Alltags. Schienen, Straßen, Wasser und Luft sind die Adern der produzierenden Wirtschaft. In den letzten Jahrzehnten war dieses Verkehrssystem fast ausschließlich von inkrementellen Innovationen geprägt: Menschen und Güter werden heute schneller, bequemer, sicherer und effizienter bewegt als vor beispielsweise fünfzig Jahren – aber nicht grundsätzlich anders. Dies könnte sich nun ändern. Grundlegende Veränderungsprozesse wie die Digitalisierung (Stichwort: digitale Transformation), die Möglichkeiten autonomen Fahrens, neue Antriebskonzepte, insbesondere der Elektromobilität, und vor allem auch die Herausforderungen des Klimawandels („große Transformation“, siehe WBGU 2011) entfalten gegenwärtig einen massiven Einfluss auf das Mobilitätssystem und gerade auch auf die Automobilindustrie. Die Herausforderungen resultierender Verschiebungen betreffen dabei letztlich alle Sektoren von Wirtschaft und Gesellschaft und erfordern, zum Gelingen der mit einer Transformation verbundenen Strukturwandelsprozesse, auch der politischen Gestaltung und der gesellschaftlichen Akzeptanz. Weitere Entwicklungen, wie der Aufstieg von Schwellenländern und das Erstarken dortiger Absatzmärkte, bieten Chancen wie Risiken für die deutsche Automobilindustrie. Aufgrund der Bedeutung der Automobilindustrie für den Wirtschaftsstandort Deutschland sind diese Entwicklungen von potenziell hoher gesellschaftlicher Relevanz. In der vorliegenden Kurzstudie werden die veränderten Rahmenbedingungen des Verkehrssystems, die Notwendigkeit einer umfassenden Verkehrswende und Implikationen für die Automobilindustrie analysiert. Dynamiken, welche auf das Verkehrssystem wirken, können einen weitreichenden Strukturwandel bewirken und sollten durch wirtschafts- und strukturpolitische Maßnahmen begleitet werden, um ökonomisch, sozial und ökologisch nachhaltige Transitionspfade zu ermöglichen. Zudem kommt der Ausgestaltung der konkreten Verkehrs-, Industrie- und Umweltpolitik für die Gestaltung einer Verkehrswende eine wichtige Rolle zu. Entsprechender Handlungsbedarf wird in der Studie identifiziert. Der Fokus wird dabei auf den Personenverkehr gelegt.

Verkehr bzw. Mobilität sind Ergebnis der Herausbildung eines sozio-technischen Systems: Verschiedene Technologien bilden im Zusammenspiel mit gesellschaftlichen Institutionen, rechtlichen Rahmenbedingungen, sozialen Praktiken etc. ein sozio-technisches System, in dem sich die soziale Organisation von Produktion und Konsum widerspiegelt. Mobilität kann nicht hinreichend verstanden werden, wenn nur entsprechende Technologien (Straßeninfrastruktur, Antriebstechnologie etc.) betrachtet werden. Vielmehr muss auch die institutionelle und sozio-kulturelle Umgebung in ihrem Einfluss auf die Ausprägung und Nutzung der Mobilitätstechnologien in den Blick genommen werden. Denn die verschiedenen Elemente des sozio-technischen Systems beeinflussen einander gegenseitig (Geels 2012).

Verschiedene Entwicklungen und Herausforderungen (Digitalisierung, automatisiertes Fahren, Klimawandel) setzen das tradierte sozio-technische Mobilitätssystem verstärkt unter Druck und machen eine Anpassung an die veränderten Rahmenbedingungen notwendig. Während Entwicklungen wie das automatisierte Fahren ihre Wirkungen erst noch entfalten werden, hat die Diskussion um die Umweltrelevanz des Verkehrs bereits seit spätestens den achtziger und neunziger Jahren erheblich an Intensität gewonnen. In Anlehnung an die Diskussionen um eine „Energiewende“ wurde in diesem Kontext auch die Forderung nach einer „Verkehrswende“ erhoben (Hesse 1995). Für eine solche Verkehrswende sind sowohl technische Transformationen, unter anderem zur Steigerung der Energieeffizienz, entscheidend als auch Maßnahmen der Verkehrsvermeidung und die Bewältigung des

Verkehrsaufkommens auf umweltfreundlicheren Verkehrsträgern. Im Rahmen dieser auch im Umweltbereich geführten Diskussionen wurde deutlich, dass es sich um ein „wicked“ Problem handelt, das sich einfachen Lösungsansätzen entzieht. Ersichtlich wurde, dass es für eine Verkehrswende notwendig ist, Mobilität weniger durch die Bereitstellung von Fahrzeugen zu ermöglichen, sondern durch die Bereitstellung von Mobilitäts*dienstleistungen*. Heute erleben entsprechende Diskurse eine Renaissance. Denn mit Blick auf Zukunftsszenarien der Digitalisierung und des automatisierten Verkehrs rücken entsprechende Dienstleistungskonzepte in den Vordergrund. Diese Zukunftsszenarien beeinflussen als „gegenwärtige Zukünfte“ bereits heute Aktivitäten und Strategien der Akteure. So ist beispielsweise Car-Sharing in vielen größeren Städten ein alltäglicher Anblick. Gleichzeitig kann davon ausgegangen werden, dass entsprechende Entwicklungen erst am Anfang stehen und sich das Mobilitätssystem derzeit in einer Phase massiver Umbrüche befindet – mit entsprechenden Auswirkungen auf Gesellschaft, Automobilindustrie und den Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland. Die vorliegende Studie soll daher grundlegende Strategieelemente für eine erfolgreiche Verkehrswende und die Rolle der Automobilindustrie in einer solchen Verkehrswende darstellen.

2. Neue Anforderungen an den Verkehrssektor

Eine Reihe von Entwicklungen setzt das bestehende Mobilitätssystem unter Druck. Besonders zentral sind der fortschreitende Klimawandel, die zunehmende Urbanisierung, der demographische Wandel und eine steigende Sensibilisierung für die steigende Schadstoffbelastung gerade im urbanen Raum. Unter diesen Entwicklungen nimmt der Klimawandel aufgrund seiner globalen und dramatischen Auswirkungen eine besondere Rolle ein. Hinzu kommt die rasante Entwicklung im Bereich Digitalisierung und damit einhergehend auch die Möglichkeit automatisierten Fahrens. Um die sich ergebenden Anforderungen besser einordnen zu können, werden die genannten Entwicklungen im Folgenden eingehender dargestellt.

2.1. Umweltbelastungen – Global und lokal

Die negativen Umweltbelastungen, die sich aus der Nutzung von fossilen Antriebstechnologien ergeben, erfordern neue Antriebskonzepte. Sowohl die globalen Umweltbelastungen (Klimawandel und Klimaziele) als auch die lokalen Belastungen werden nachfolgend dargestellt. Für die Automobilindustrie ist jedoch auch die damit einhergehende Regulierung von entscheidender Bedeutung. Dies wird am Ende des Kapitels am Beispiel eines Verbots von fossilen Verbrennungsmotoren untersucht.

Klimawandel und Klimaziele

Der Klimawandel und die sich daraus ergebenden Anforderungen werden Mobilität in Zukunft stark verändern. Von besonderer Bedeutung sind die neuen klimapolitischen Anforderungen durch die Beschlüsse von Paris im Jahr 2015¹. Deutschland hat in diesem Zusammenhang – im Rahmen des sogenannten Klimaschutzplans – als länderspezifisches Minderungsziel der Treibhausgase einen Zielkorridor für den Verkehrssektor von 95 bis 98 Mio. t CO₂-Äquivalenten bis 2030 veranschlagt (BMUB 2016: 50). Für den Zeithorizont 2050 wurde das Leitbild eines nahezu vollständig dekarbonisierten und damit treibhausgasneutralen Verkehrs vorgegeben (ebd.: 51).² Diese Anforderungen der Klimapolitik erfordern einen Umstieg vom fossilen Verbrennungsmotor zu alternativen, regenerativen Antriebskonzepten.³ Die Mehrzahl der derzeit diskutierten Zukunftsentwürfe geht dabei von einer zunehmenden Bedeutung des Energieträgers Strom aus. Dieses, häufig unter dem Begriff *Sektorkopplung* diskutierte Konzept beschreibt die Elektrifizierung des Verkehrs und damit das Vernetzen und Zusammenwachsen der Sektoren Energie und Verkehr.⁴

¹ United Nations Framework Convention on Climate Change, 21st Conference of the Parties (COP 21).

² Wortlaut des Klimaschutzplans: „Das Verkehrssystem in Deutschland wird im Jahr 2050 nahezu unabhängig von Kraftstoffen mit fossilem Kohlenstoff („dekarbonisiert“) und somit weitgehend treibhausgasneutral sein.“ (BMUB 2016: 51).

³ Der Begriff alternative, regenerative Antriebskonzepte umfasst dabei alle mit regenerativen Energieträgern betriebenen Technologien.

⁴ Der Begriff „Sektorkopplung“ umfasst aber nicht nur die Vernetzung von Verkehr und Energiesektor, sondern auch die von Wärme- und Energiesektor. Ein wichtiges Stichwort in diesem Zusammenhang ist das der „All-Electric-Society“ (BDEW et al 2016). Gemäß dieses Konzepts, werden strombasierte Technologien wie Wärmepumpen und

Die Fokussierung auf den Energieträger Strom ergibt sich vor allem durch den Umstand, dass (nachhaltige) Biomasse nur einen kleineren Anteil zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors beitragen kann (UBA 2017: 18). Neben Biomasse liefern die anderen regenerativen Primärenergieträger wie Wind, Sonne und Wasser bei ihrer energetischen Nutzung zunächst Strom als Energieträger, der durch entsprechende Technologien im Verkehrssektor verwendet werden kann (Nicholson 2004: 67). Dabei ist die direkte Nutzung des Stroms in batteriebetriebenen Fahrzeugen (klassische Elektromobilität) von Power-to-X-Technologien,⁵ die strombasierte Kraftstoffe erzeugen, zu unterscheiden.

Vor allem die Elektromobilität im Bereich PKW und leichte Nutzfahrzeuge ist derzeit im Fokus, da sie vielfältige Vorteile gegenüber Power-to-X-Technologien aufweisen (UBA 2017: 17; UBA 2016b: 105). Zum einen ist der höhere Wirkungsgrad einer direkten Nutzung von (regenerativem) Strom zu nennen (UBA 2016b). Ein entscheidender Aspekt bei der Umstellung des Verkehrssektors auf Strom aus Erneuerbaren Energien (EE) ist der damit einhergehende starke Anstieg des Stromverbrauchs. Quaschnig (2016) zeigt beispielsweise auf, dass der zusätzliche Stromverbrauch, je nach gewählter Technologie (Elektromobilität oder Power-to-X) und Effizienzgrad, zwischen 377 und 1002 TWh liegt, die heutige Gesamt-Stromerzeugung beträgt 628 TWh (2014).⁶ Quaschnig (2016) und andere, beispielsweise Nitsch (2016), zeigen auch auf, dass diese Strommengen bei den derzeitigen, im EEG festgelegten Ausbauzielen, im Stromsektor nicht durch erneuerbare Energie (EE) bereitgestellt werden können. Die Effizienz der Antriebstechnologien ist also von immenser Bedeutung.⁷ Weiterhin sind Vorteile der Elektromobilität im Vergleich zu Power-to-X-Technologien in Bezug auf die (volkswirtschaftlichen) Kosten zu nennen. Eine Studie zu den volkswirtschaftlichen Kosten der verschiedenen technologischen Optionen im Verkehrssektor (z.B. direkte Elektromobilität, Power-to-Gas, Power-to-Liquid) hat ergeben, dass die direkte Nutzung von Strom, soweit es technisch möglich ist, die günstigste Variante darstellt (UBA 2016a). Ein weiterer entscheidender Aspekt ist zudem die höhere technologische Reife der Elektromobilität. Insbesondere in der kurzen Frist bis 2030 sind umfassende Treibhausgaseinsparungen wichtig, um das Gesamtbudget der Treibhausgasemissionen nicht zu überschreiten (UBA 2017: 17). PtX-Technologien sind nach Expertenmeinung keine kurz- und mittelfristigen Optionen, sondern eher langfristig im Horizont 2050 zu betrachten, um aufwendig dekarbonisierbare Bereiche des Verkehrs wie den (internationalen) Güter- und Flugverkehr auf erneuerbare Energieträger umzustellen (UBA 2016d: 10).

Mit dem Elektroantrieb sind im Vergleich zu Verbrennungsmotoren deutliche Vorteile in den Bereichen lokale Schadstoffemissionen und Lärmemissionen verbunden (ifeu 2011). Insbesondere innerstädtische Emissionen von Stickoxiden und Feinstaub entfallen dabei. Dies steht jedoch unter dem Vorbehalt, dass die Emissionen nicht nur auf die (nicht innerstädtische) Stromerzeugung verlagert werden, sondern der Strombedarf durch regenerative Quellen gedeckt wird.

Elektroautos beispielsweise die klassische Gasheizung und den klassischen Verbrennungsmotor zum großen Teil ersetzen (müssen). Die Kopplung kann dabei auch bidirektional erfolgen, indem neben der Nutzung von Strom im Verkehrssektor z.B. die Batterien von PKWs zum Abpuffern von Leistungsspitzen im Stromnetz genutzt werden (Vehicle-to-Grid) (Leitinger et al., 2010).

⁵ Diese Verfahren umfassen mit (regenerativem) Strom als Energiequelle hergestellte chemische Energieträger wie die Wasserstoffherzeugung durch Elektrolyse (Power-to-Hydrogen) bzw. die Weiterverarbeitung dieses Wasserstoffs zu Methan (Power-to-Gas) oder Flüssiggas und andere Flüssigkraftstoffe (Power-to-Liquid). Power-to-Gas und Power-to-Liquid Verfahren erlauben eine Weiternutzung der bisherigen Verbrennungsmotoren-Technologien. Elektromobilität beschreibt in dieser Studie jedoch exklusiv die batteriebetriebenen Fahrzeuge und nicht PtX-Technologien.

⁶ Dem liegt eine fast vollständige Dekarbonisierung des Verkehrssektors im Sinne der Pariser Klimaziele zugrunde.

⁷ In einigen Studien wird daher, wie z.B. in Quaschnig (2016), bei einer starken Nutzung von PtX-Technologien davon ausgegangen, dass große Teile der Kraftstoffmengen importiert werden. Eine ausschließliche Herstellung ist aufgrund der benötigten Strommengen nur schwer vorstellbar.

Dem PKW-Bereich kommt bei der Umstellung zu regenerativen Antrieben eine Vorreiterrolle zu, da der Güter-, Schiffs- und Flugverkehr aufgrund der hohen benötigten Energiemengen pro Fahrzeug nur mit deutlich größerem technischen Aufwand auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden kann.⁸ Bereits zum Erreichen einer 80%igen Treibhausgas-Reduzierung sollte der PKW-Bestand zum großen Teil mit batteriebetriebenen oder hybriden, sowohl mit Verbrennungsmotor als auch elektrischem Akkumulatoren ausgestatteten, Fahrzeugen ersetzt werden (Öko-Institut et al. 2016). Dies wird auch in **Abb. 2-1** (S.12) deutlich. Alle vom Öko-Institut untersuchten Szenarien sehen eine klare Dominanz von elektrischen (BEV) bzw. Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen (PHEV) vor. Im Fall des Szenarios mit 95%iger Treibhausgasreduzierung (KSZ – KS95) liegt der Anteil der rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge sogar bei knapp 70%. Nach derzeitigem Wissensstand ist also absehbar, dass, wenn die Klimaziele von Paris im Zeithorizont 2050 erreicht werden sollen („treibhausgasneutraler Verkehr“), der rein elektrische Antrieb im PKW-Verkehr die dominierende Antriebstechnologie werden sollte. Hybride Konzepte können im Jahr 2050 nur noch eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Davon ist die Bedeutung der hybriden Fahrzeuge als Übergangstechnologie ausgenommen. Hybride Fahrzeuge könnten im Übergang zum vollständig klimaneutralen Verkehr eine bedeutende Rolle spielen. Ob die Elektromobilität im Zeithorizont 2030 vor allem reine Elektroautos oder auch Hybride (wie PHEV) umfasst, kommt auch auf die Fortschritte in den anderen Verkehrsbereichen an. Wenn in den anderen Bereichen bereits umfangreiche Emissions-Einsparungen erzielt worden sind, ist es vorstellbar, dass auch Hybride noch einen wesentlichen Anteil an der Fahrzeugflotte stellen können. Einen ebenso großen Einfluss hat der Erfolg der Energiewende im Stromsektor. Der Strommix ist der wesentliche Einflussfaktor auf potentielle Emissions-Einsparungen (siehe nächsten Absatz), die mit der Elektromobilität erzielt werden können. Wenn die Ausbauraten der Erneuerbaren Energien im Stromsektor deutlich zunehmen (über die bisherigen Planungen hinaus), verbessern sich auch die Emissionseinsparpotentiale von hybriden Antrieben. Diese Entwicklungen sind bislang noch mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. Die zukünftige Bedeutung der hybriden Antriebstechnologien lässt sich daher noch nicht abschließend abschätzen. Deutliche Emissions-Einsparungen in anderen Verkehrsbereichen und eine deutliche Anpassung der Ausbauraten der EE im Stromsektor sind nach heutigem Stand als eher unwahrscheinlich einzuschätzen. Die Bedeutung der hybriden Antriebstechnologien für eine erfolgreiche Verkehrswende sollte daher nicht überschätzt werden. Der Fokus liegt in dieser Studie daher vor allem auf der reinen Elektromobilität.

⁸ Die Vermeidungskosten pro eingesparter Treibhausgasmenge sind deutlich höher und die benötigte Energiedichte (aufgrund des Gewichts und der zurückgelegten Strecke) nur schwer mit Batterien bereitstellbar (UBA 2016a).

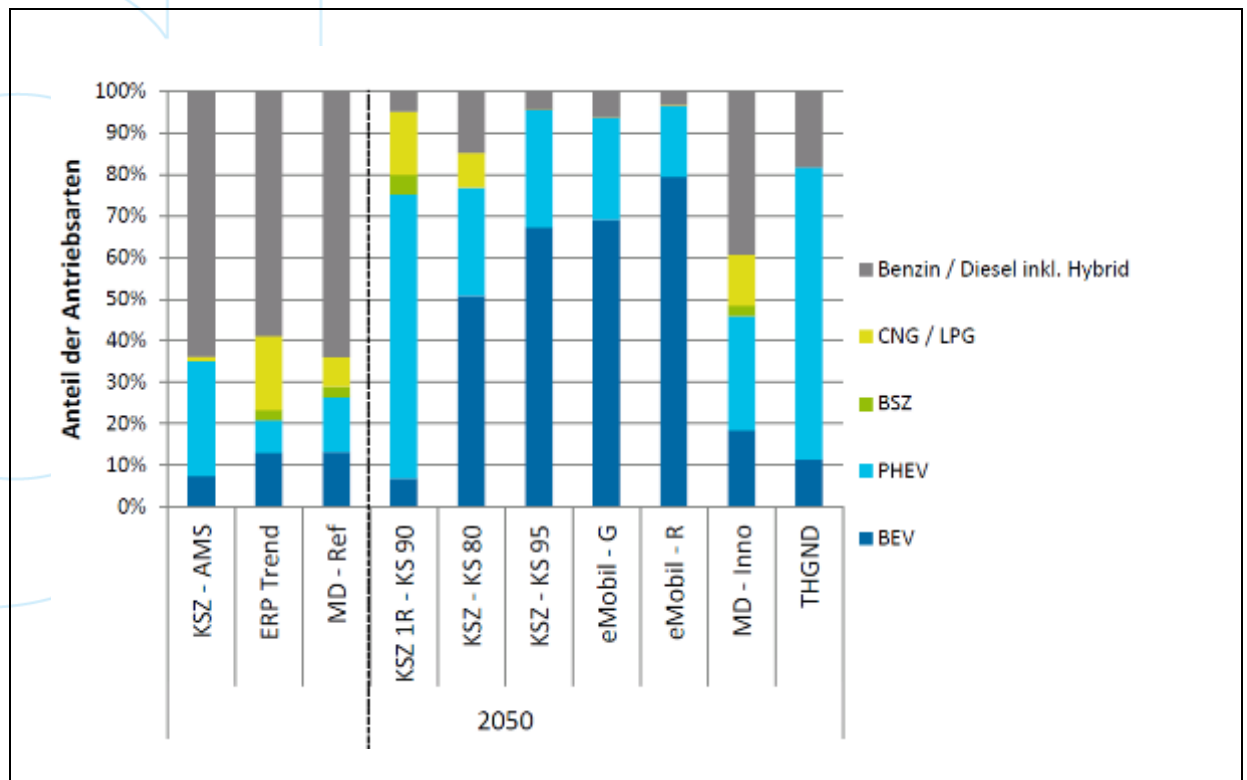


Abb. 2-1: PKW-Bestand in verschiedenen Szenarien.

Quelle: Öko-Institut et al. 2016.

BEV: Batteriebetriebene Fahrzeuge, PHEV: Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge, BSZ: Brennstoffzellen, CNG / LPG: (Erd-) Gasbetriebene Fahrzeuge.

Am Ansatz der batteriebetriebenen Elektromobilität wird teilweise kritisiert, dass die Treibhausgasersparungen von Fahrzeugen mit Elektroantrieb und umfangreichen Batteriekapazitäten durch den aufwendigen Herstellungsprozess nur minimal bzw. erst nach einer langen Nutzungsdauer zu verzeichnen sind (Romare, Dahlhöf 2017). Bei der Nutzung des aktuellen Strommixes entspricht die Klimawirkung von Fahrzeugen mit Elektroantrieb dem von Benzin- und Dieselfahrzeugen (ifeu 2011: 16). Die Herstellungsaufwendungen tragen einen kleineren Teil (rund 30%) zur Klimawirkung bei, sind jedoch noch deutlich größer als bei Benzin- und Dieselfahrzeugen (ebd.: 16f). Aktuelle Untersuchungen prognostizieren jedoch, dass die Einsparungen in Zukunft deutlich stärker ausfallen bzw. bereits nach kürzeren Nutzungsdauern auftreten, da die Produktions- und insbesondere auch die Recyclingprozesse der Batterien verbessert werden und der Energiemix der Stromerzeugung deutlich höhere Anteile von EE aufweisen wird (UBA 2016c, ifeu 2016).

Ein weiterer kritischer Aspekt der Elektromobilität ist deren Abhängigkeit von Metallen (z.B. seltenen Erden), die bereits heute zum Teil durch Versorgungsengpässe gekennzeichnet sind (Buchert, Ditttrich 2012). Um die Versorgungslage mit kritischen Metallen zu entlasten, aber auch um die Umweltbelastungen zu senken, wird ein Recycling im Bereich der elektromobilen Anwendungen, insbesondere der verwendeten Batterien, immer wichtiger (Hanisch et al 2012). Von zusätzlicher Bedeutung ist, dass sich bei einer Umstellung hin zur Elektromobilität im (PKW-)Verkehr viele neue Anforderungen an die Energieinfrastrukturen des Verkehrs stellen.

Wenn sich elektromobile Anwendungen als wichtigste Antriebstechnologie durchsetzen, macht dies den Aufbau von mehreren Millionen von Ladestationen notwendig und gleichzeitig einen Großteil der derzeitigen (Tankstellen-)Infrastruktur überflüssig (UBA 2016a, 45ff.).

Daneben wird auch die Energiewende im Stromsektor durch einen breiten Ausbau der Elektromobilität maßgeblich beeinflusst. Der zusätzliche Stromverbrauch der elektromobilen Anwendungen macht einen erheblichen, zusätzlichen Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor notwendig (Quaschnig 2016). Die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Elektrizitätsinfrastruktur sind immens. Eventuell auftretende negative Umweltaspekte sowie hohe Ressourcenaufwendungen und Kosten müssen bei einem umfangreichen Ausbau der Elektromobilität beachtet werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Klimaziele, vor allem nach dem Pariser Abkommen, eine Abkehr vom klassischen, fossilen Verbrennungsmotor als dominantes Antriebskonzept im Verkehrssektor erfordern. Es ist absehbar, dass im Bereich der PKW und leichten Nutzfahrzeuge die Elektromobilität eine Vorreiterrolle bei der Umstellung hin zu regenerativen Antriebstechnologien spielen wird. Es ist daher eine Antriebswende notwendig, die weitreichende Folgen für die deutsche Automobilindustrie haben wird (siehe dazu Kapitel 5.2).

Verkehrswende über die Energiewende hinaus

Neben der technischen Umstellung der Antriebstechnologien auf alternative, erneuerbare Konzepte, wie in den vorherigen Absätzen vor allem am Beispiel der Elektromobilität beschrieben (Energiewende im Verkehr), ist auch eine Verkehrswende im Sinne von Verkehrsvermeidung und -verlagerung sowie der Verbesserung der Effizienz notwendig. Die Abbildung (Abb. 2-2) zeigt die Bedeutung dieser Aspekte der Verkehrswende für die Emissionsminderungen im Verkehrssektor auf. Aufgrund der bereits aufgeführten potentiellen Nachteile, die mit erneuerbaren Antriebskonzepten einhergehen könnten, insbesondere dem hohen Strombedarf und hoher volkswirtschaftlicher Kosten, sind die Konzepte von Vermeidung, Verlagerung und Effizienz ebenfalls einzubeziehen, um eine umweltverträglichere und volkswirtschaftlich kostengünstigere Verkehrswende zu gestalten.

Der Aspekt der Effizienz setzt bei der technischen Ausgestaltung der Energie- und Fahrzeugeffizienz an. Vor allem durch technische Vorgaben können so der Energieverbrauch und damit auch die Treibhausgaseffekte von Fahrzeugen gesenkt werden.

Den vordergründig technischen Maßnahmen der Verkehrswende, klimafreundliche Antriebe und Effizienzverbesserungen, stehen die strukturelle Maßnahmen, Verkehrsverlagerung und -vermeidung gegenüber (siehe Kapitel 3). Die Verkehrsverlagerung beschreibt dabei eine Änderung der Anteile der verschiedenen Verkehrsträger (Modal Split) hin zu Verkehrsträgern, die umweltverträglicher sind. Dies umfasst Maßnahmen wie eine Förderung des ÖPNV, des Fahrrad- und Fußverkehrs im Personen- sowie eine Stärkung der Verkehrsträger Wasser und Schiene im Güterverkehr (UBA 2013; BMUB 2016: 70 ff.).

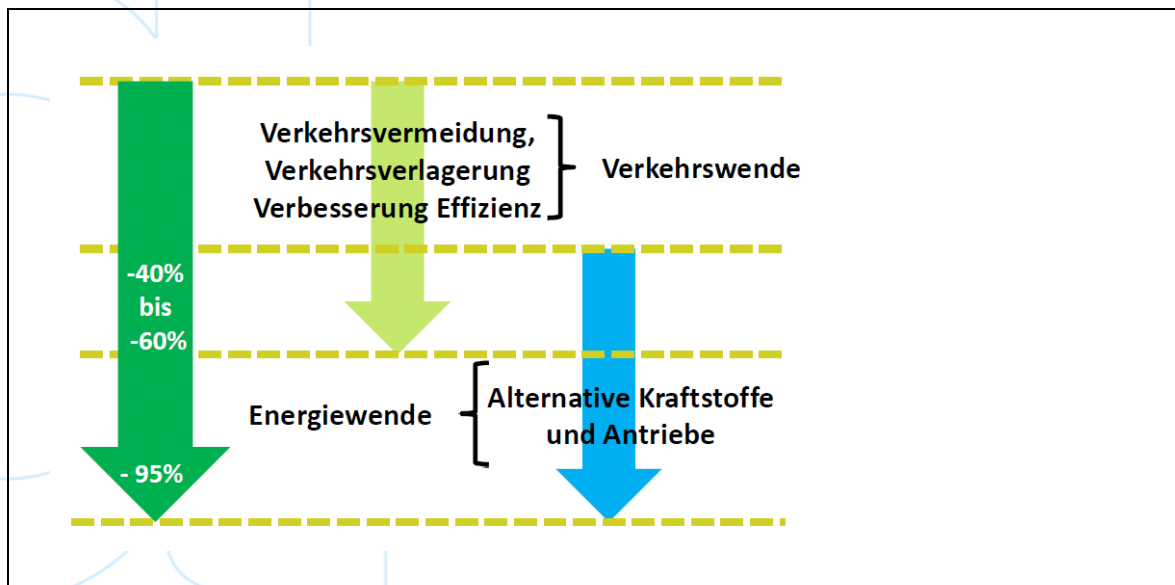


Abb. 2-2: Einfluss der Verkehrs- und der Energiewende auf die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor.

Quelle: Lambrecht 2017:4.

In Zusammenhang mit der Verkehrsvermeidung ist die Nachfrage nach Mobilität bzw. Verkehr ein wichtiger Einflussfaktor auf die Gestaltung der Verkehrswende, da die Verkehrsnachfrage direkt den Umfang von Maßnahmenpaketen und damit auch die damit zusammenhängenden Herausforderungen (wie z.B. die Bereitstellung von erneuerbarem Strom) bestimmt. Zahlreiche Experten erwarten einen Anstieg der Verkehrsleistung vor allem im Güter- aber auch teilweise im Personenverkehr. Die **Abb. 2-3** (S.15) stellt die Prognosen des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) für 2030 und 2050 dar (BMVI 2016). Den Prognosen für 2050 werden, aufgrund der hohen Unsicherheit, auch Annahmen in Szenarien verschiedener Klimaschutz-Studien gegenübergestellt.

Das BMVI prognostiziert im BVWP eine Zunahme der Personenverkehrsleistung von heute 1117,3 auf 1261,7 Mrd. Pkm in 2030 sowie eine Zunahme der Güterverkehrsleistung von 607,1 auf 837,6 Mrd. tkm. Es wurde jedoch davon ausgegangen, dass aufgrund der demographischen Entwicklung (Rückgang der Bevölkerung um 6 %) bis 2050 eine Abnahme der Personenverkehrsleistung um 10 % zu verzeichnen sein wird, während pauschal angenommen wird, dass die Güterverkehrsleistung konstant bleibt (BMVI 2016). Durch vergangene und eventuell auch zukünftige Zuwanderungsströme könnte diese Annahme jedoch überholt sein. Andere Studien prognostizieren eine Personenverkehrsleistung in der Spanne von rund 1.000 bis über 1.500 Mrd. Pkm im Jahr 2050. Im Szenario „Treibhausgasneutraler Verkehr (THGNV) des UBA wird beispielsweise von einer Personenverkehrsleistung von 1.566 Pkm und einer Güterverkehrsleistung von 1.143 tkm ausgegangen, was deutlich über den Erwartungen in anderen Szenarien liegt. Würde die Verkehrsnachfrage, wie in einigen Studien prognostiziert, weiter deutlich steigen, verschärfen sich so die Herausforderungen und Anpassungsprobleme im Verkehrssektor. Zur Senkung der Verkehrsnachfrage werden daher Maßnahmen wie eine Stärkung der regionalen Wirtschaftskreisläufe und Konzepte wie die „Stadt der kurzen Wege“ diskutiert (BMUB 2016: 70ff.; UBA 2013: 25ff..

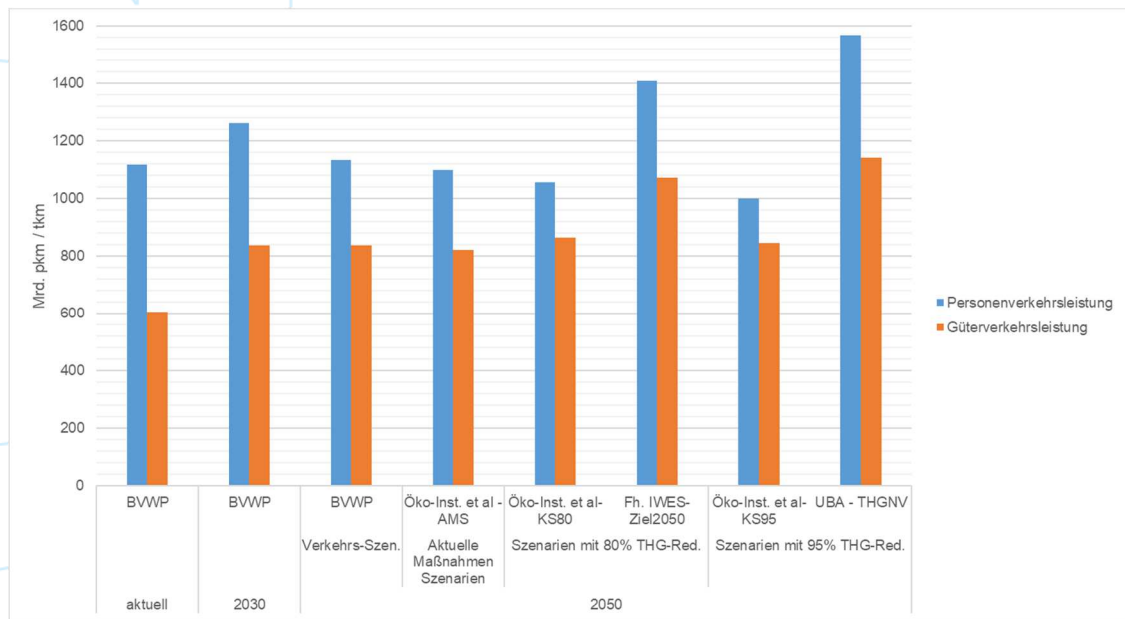


Abb. 2-3: Prognose zur Entwicklung der Verkehrsleistung in Deutschland bis 2050 in verschiedenen Studien und Szenarien.

Quelle: Eigene Darstellung nach BMVI 2016, Öko-Institut et al 2015, UBA 2014, Fraunhofer IWES 2015.

Lokale (Umwelt-)Belastungen im urbanen Raum

Neben den reinen Treibhausgasemissionen sind auch andere Umwelt- und auch städtebauliche Effekte im Rahmen einer Mobilitätswende vor allem im urbanen Raum von Interesse. Als Umwelteffekte stehen insbesondere lokale Lärm-, Feinstaub- und Stickoxidemissionen im Fokus. Eine Verminderung dieser Emissionen sollte ebenfalls, insbesondere aufgrund von gesundheitlichen Risiken, bei der Bewertung von Antriebstechnologien beachtet werden. Die Art der Antriebstechnologie hat einen entscheidenden Einfluss auf diese Emissionen. Mit rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen sind dabei Vorteile im Bereich der innerstädtischen Emissionen und einer geringeren Lärmbelastung, im Vergleich zu Verbrennungsmotoren, verbunden (ifeu 2011). Insbesondere die innerstädtischen Emissionen von Stickoxiden und Feinstaub entfallen dabei. Die gesamte Vorteilhaftigkeit steht jedoch unter dem Vorbehalt, dass die Emissionen nicht nur auf die (nicht innerstädtische) Stromerzeugung verlagert werden, sondern der Strombedarf durch regenerative Quellen gedeckt wird. Weiterhin wird am derzeitigen Leitbild des motorisierten Individualverkehrs kritisiert, dass dem Automobilverkehr im urbanen Städtebau sehr viel Raum zugedacht wird und die Stadtstrukturen auf das Automobil ausgerichtet sind. Vor allem der benötigte Parkraum, aber auch die vornehmliche Ausrichtung des urbanen Straßenverkehrs auf das Automobil, werden als negativ betrachtet. Neue Mobilitätskonzepte im Rahmen einer Verkehrswende können hier Vorteile bringen (Kap. 3).

Politische Diskussionen um den Übergang zur emissionsfreien Automobilität / Verbot des Verbrennungsmotors allgemein und im städtischen Raum

Die Bedeutung von politischen Maßnahmen für den Wandel darf nicht unterschätzt werden, da der Wandel nicht allein marktgetrieben erfolgen wird. Der Übergang zu emissionsfreien Antriebskonzepten wird national und international dabei durchaus kontrovers diskutiert. In Deutschland haben Bündnis 90/Die Grünen ein Zulassungsverbot des Verbrennungsmotors im Jahre 2030 gefordert. Politische Unterstützung erhielten die Ausstiegspläne durch den deutschen Bundesrat, der in einem Beschluss im September 2016 eine Umstellung der „bisherigen Steuer- und Abgabenpraktiken der Mitgliedstaaten [forderte, ...] damit spätestens ab dem Jahr 2030 unionsweit nur noch emissionsfreie PKW zugelassen werden“ (Bundesrat 2016). Auch Kanzlerin Merkel hat sich aktuell für ein Verbot von Verbrennungsmotoren ausgesprochen, ohne sich jedoch auf ein konkretes Datum festzulegen (FAZ 2017).

International wird insbesondere auf Norwegen verwiesen, wo ab 2025 keine Zulassungen von fossilen Verbrennungsmotoren mehr genehmigt werden sollen. In Frankreich wurde der Zulassungstop für 2040 festgesetzt, wobei der Verkehr im Jahr 2050 klimaneutral sein soll. Dies geschieht vor allem mit Blick auf die Umsetzung des Pariser Klimaabkommens. In England wird ebenfalls ab 2040 das Verbot reiner Verbrennungsmotoren angestrebt. Ziel ist es hier vor allem die Luftqualität in den Städten zu verbessern. Allerdings werden dabei Hybride und Plug-In-Hybride ausgenommen (DEFRA 2017). Die Niederlande gehören im Hinblick auf Marktanteile von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und Plug-In-Hybridfahrzeugen (PHEV) zu den führenden europäischen Ländern. Sie haben sich zum Ziel gesetzt in 2050 über einen Bestand von vollständig klimaneutralen Fahrzeugen zu verfügen. Die „zero-emission alliance“, der auch die Bundesrepublik Deutschland beigetreten ist, möchte das Ziel emissionsfreien Verkehrs bis zum Jahre 2050 erreicht haben.⁹

Auch Automobilunternehmen kündigen den Abschied vom Verbrennungsmotor an, allerdings ist damit nicht ein vollständiger Abschied vom Verbrennungsmotor angestrebt, sondern es sollen zunächst hybride Antriebskonzepte weitergebaut werden (vgl. beispielsweise die Ankündigung von Volvo¹⁰). Neben den Verbotsbemühungen der Nationalstaaten geben eine zunehmende Anzahl von Städten an, dass Verbrennungsmotoren keine Zufahrt mehr in die Städte erhalten sollen, beispielsweise die Städteallianz Paris, Barcelona, Athen und Mexiko City.¹¹

Mithin wird deutlich, dass sowohl die klimarelevanten CO₂-Emissionen als auch die lokalen durch den MIV verursachten Emissionen zunehmend zu politischen Aktionen und Regulierungen führen, die den Druck auf die Automobilindustrie kontinuierlich verstärken werden. Allerdings bleibt anzumerken, dass einerseits der zeitliche Horizont, aber auch die konkrete Form der Regulierung (z.B. welche Antriebe betroffen sein werden) bislang noch offen ist.

⁹ Unter emissionsfreien Antrieben werden dabei „electric, plug-in hybrid, and fuel cell vehicles“ gefasst. Mitglieder sind u.a.: Großbritannien, Niederlande, Norwegen, acht US-Bundesstaaten (u. a. Kalifornien) sowie die kanadische Provinz Quebec. [http://climateinitiativesplatform.org/index.php/International_Zero-Emission_Vehicle_Alliance_\(ZEV_Alliance\)](http://climateinitiativesplatform.org/index.php/International_Zero-Emission_Vehicle_Alliance_(ZEV_Alliance))

¹⁰ Volvo plant ab 2019 nur noch Fahrzeuge zu verkaufen, die einen Elektromotor an Bord haben. Ein vollständiger Abschied von der Verbrennungsmotortechnologie ist nicht geplant. Der Elektromotor soll vor allem als Ergänzung dienen. Siehe <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/samuelssons-kluger-verkaufstrick-um-volvo-auf-elektroauto-zu-trimmen-a-1156116.html>.

¹¹ Die Städte planen ab 2025 Diesel-Fahrzeugen die Zufahrt ins Stadtgebiet zu verbieten. Siehe dazu <https://www.theguardian.com/environment/2016/dec/02/four-of-worlds-biggest-cities-to-ban-diesel-cars-from-their-centres>.

2.2. Digitalisierung und automatisiertes Fahren

Die fortschreitende Digitalisierung verändert soziale Institutionen, ökonomische Märkte und Privatleben mit beispielloser Geschwindigkeit, Komplexität und Reichweite. Um Technologien, die bis vor Kurzem noch wie Science-Fiction anmuteten, etwa das Smartphone, Heimroboter oder vollautomatische Logistikzentren, formieren sich neue soziale Praktiken und sozio-ökonomische Gefüge. Es besteht aller Grund zu der Annahme, dass die rasanten Veränderungen der letzten Jahrzehnte erst den Beginn der digitalen Transformation darstellen. Betroffen von dieser Transformation ist auch das Mobilitätssystem. Auf Herstellungsseite wirkt die als „Industrie 4.0“ bezeichnete Digitalisierung der Produktion disruptiv auf bestehende Strukturen. Auf Nutzungsseite gewinnen die Vernetzung von Fahrzeugen an Bedeutung und neue Mobilitätskonzepte rund um Car- und Ride-Sharing, on-demand-services, nahtlose intermodale Reiseketten und perspektivisch um das autonome Auto (Canzler, Knie 2016).

Die Abbildung (**Abb. 2-4**) verdeutlicht die erwarteten Veränderungen der Wettbewerbssituation im Bereich der (Auto-)Mobilität. Es werden die Kontexte der Automobilindustrie heute (linke Seite) und die Erwartungen für das Jahr 2030 (rechte Seite) dargestellt. Die Hardware erweist sich gegenwärtig als zentrales Wertschöpfungselement. Dies verändert sich jedoch bis zum Jahr 2030 deutlich: durch die Digitalisierung aber auch weitere neue Technologien werden sich die möglichen Wertschöpfungselemente deutlich ausdifferenzieren. Auf der rechten Seite der Abbildung wird darauf abgeho- ben, dass die IT-Unternehmen mit Softwareangeboten, darunter auch Unterhaltungsangeboten, die mit Mobilität verbundenen Wertschöpfungspotenziale erschließen können. Es wird von neuen Wettbewerbern ausgegangen, die einerseits in den neuen Wachstumsmärkten entstehen und andererseits mit spezifischen Angeboten (Elektromobilität) in die Märkte eindringen, wobei auch von einer stärkeren Segmentierung der Märkte auszugehen ist. Schließlich wird davon ausgegangen, dass die Rolle von ausdifferenzierten Mobilitätsdienstleistungen ganz erheblich zunehmen wird. Dies bedeutet auch, dass zunehmend Mobilitätsdienstleistungen und weitere Services in den Fokus geraten, die nach ganz anderen Gesetzen funktionieren als die Geschäftsfelder mit dem die Automobilhersteller bislang zu tun hatten.

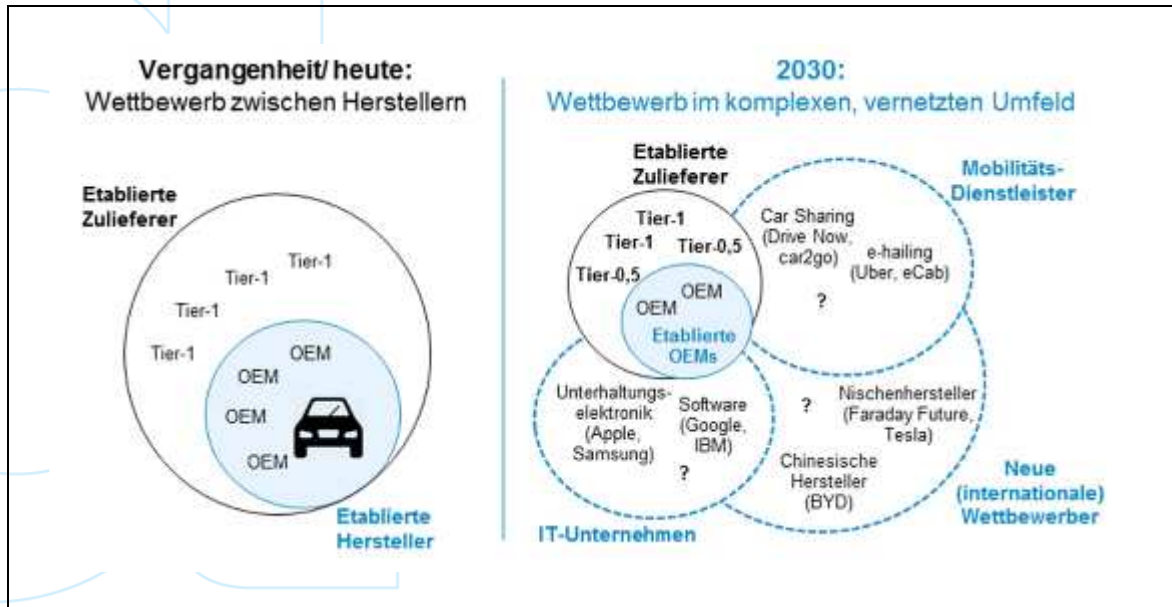


Abb. 2-4: Zunehmende Komplexität der Wettbewerbslandschaft. Eintritt neuer (branchenfremder) Unternehmen erhöht die Wettbewerbsintensität.

Quelle: Bayern LB 2017: 5.

Mithin ist festzustellen, dass die Digitalisierung mit Blick auf die Nachfrage nach Mobilität bzw. Mobilitätsdienstleistungen ganz erhebliche Dynamiken auslöst, die vielfältige neue Wertschöpfungskomponenten entstehen lassen. Entscheidend wird es in der Folge sein, welche Anbieter in der Lage sind, die neuen Wertschöpfungselemente in angepasste Geschäftsmodelle einfließen zu lassen. Inwieweit die deutschen „Hardwarehersteller“ dazu in der Lage sein werden, ist gegenwärtig noch offen, es existieren vielfältige Initiativen auch bei den Zulieferern und vielfältige Kooperationen mit Softwareunternehmen.

Automatisiertes Fahren

Dem automatisierten Fahren als Ausprägung der fortschreitenden Digitalisierung im Verkehrsbereich kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Vollautomatisierte Fahrzeuge, die gar nicht mehr mit der Möglichkeit einer Steuerung durch den Fahrer ausgestattet wären, würden einen Bruch mit dem tradierten Konzept des Automobils darstellen. Bisher zentrale Imaginationen vor allem rund um hochmotorisierte Fahrzeuge, mit denen Gefühle von Freiheit, Stärke, Selbstwirksamkeit, Abenteuer und Status verbunden werden, könnten unwichtiger werden. Wichtiger als PS-starke Antriebe könnte bei selbstfahrenden Autos die Innenausstattung werden. Fahrer könnten während der Fahrt arbeiten, konsumieren, kommunizieren oder sich entspannen. In Folge dessen werden neue Möglichkeiten der Wertschöpfung auch in der Nutzungsphase von Automobilen eröffnet, vor allem durch die Bereitstellung entsprechender Services, beispielsweise durch das Angebot fahrender Büros, Entertainment-Zentren etc. Es ist derzeit unklar, welche Formen die Technologie des automatisierten Fahrens annimmt (Fraedrich et al. 2015). Aufgrund der intensiven Entwicklungsanstrengungen aller großen Automobilhersteller und zahlreicher Tech-Unternehmen kann eine Einführung grundsätzlich aber als wahrscheinlich angenommen werden.

In der Forschung herrscht weitgehender Konsens darüber, dass eine mögliche Diffusion von sogenannten „autonomous vehicles“ (AV) mit deutlichen Effizienz-Chancen hinsichtlich der Verkehrsleistung des Automobilverkehrs verbunden ist (Hörl et al. 2016; Alessandrini et al. 2015). Diese resultieren vor allem aus der angenommenen Reduktion von Verkehrsunfällen, der Möglichkeit dichter Fahrzeugfolgen („Platooning“) und der IKT-gestützten, automatisierten Koordination zwischen den Fahrzeugen, welche Ampelsysteme etc. überflüssig machen könnte (Litman 2017). Erhöht werden könnte die Effizienz des Automobilverkehrs auch aus Nutzersicht, weil der Aufwand für die Nutzung eines AV sehr gering sein könnte. Die Effizienzsteigerungen sind jedoch mit Rebound-Risiken verbunden. So könnte eine steigende Attraktivität von Automobilität (stressfreier, Reisezeit ist Nutzzeit) modale Verlagerungen bedingen. Teilweise wird das Ende des ÖPNV prognostiziert (Gruel, Stanford 2016) oder sogar ein weitgehendes Verschwinden des Fußverkehrs. Auch wird die Gefahr von Zersiedelungstendenzen und somit längeren Wegen zum Arbeitsplatz diskutiert. Weiterhin würde zusätzliches Verkehrsaufkommen durch Leerfahrten generiert. Das selbstfahrende Auto bietet mit Blick auf das Ziel einer Mobilitätswende jedoch den Vorteil, auch für körperlich eingeschränkte Personen, etwa Alte, Mobilitätsmöglichkeiten und Autonomie zu verbessern. Zudem würden bei einer Überwindung des Privateigentums an Autos und einer Durchsetzung geteilter Fahrzeuge sehr viel weniger Autos in der Stadt benötigt. Für Berlin beispielsweise wurde berechnet, dass der Autobestand um 90 % reduziert werden könnte (Bischoff, Maciejewski 2016). In der Summe kann die Technologie selbstfahrender Fahrzeuge nur dann zu Umweltentlastungen führen, wenn diese geteilt werden und durch Verzahnung mit anderen Verkehrsträgern einer Stärkung des ÖV dienen (Thomopoulos, Givoni 2015; Wadud et al 2016). Insbesondere werden beträchtliche Potenziale für eine Entlastung von Umwelt und Menschen gesehen, wenn sich selbstfahrende Kleinbusse und damit der öffentliche Nahverkehr im Mobilitätssystem durchsetzen.

3. Grundsätzliche Strategien für eine Mobilitätswende

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Verkehrsbelastung insbesondere urbaner Räume ist eine umfassende Verkehrswende notwendig. Das sozio-technische System Mobilität wird, legt man als Heuristik eine Multi-Level-Perspektive an, auf der einen Seite „von unten“ durch soziale oder technische Nischen herausgefordert und auf der anderen Seite „von oben“ durch die Veränderung gesellschaftlicher Leitbilder, Ideen und fundamentaler Trends wie beispielsweise dem Klimawandel oder der Demographie. Weil das Verkehrssystem in vielfältiger Art und Weise mit anderen Systemen verbunden ist, beispielsweise Produktionssystem und Raumsystem, impliziert eine Veränderung des Verkehrs erhebliche Herausforderungen.

Steuerungsresistenz des Verkehrssektors

Eine Herausforderung ist die relativ hohe Steuerungsresistenz des Verkehrsbereichs. Grund hierfür ist die vielseitige Interdependenz des sozio-technischen Regimes mit anderen Gesellschaftsbereichen. Die Herausbildung des Fordismus (einer spezifischen Phase des Kapitalismus) war eng mit einem Fortschrittsversprechen verbunden (Leitbild), nämlich dem der Industrialisierung, der Massenproduktion und -konsum und der Erschließung von Skaleneffekten (Hirsch, Roth 1986). Eine Bedingung war die Entwicklung von Infrastrukturen und eine zunehmend arbeitsteilige Gesellschaft. Verbesserte Infrastrukturen führten zu einer Reduktion von Distanzkosten und machten dadurch den motorisierten Verkehr unmittelbar attraktiver und regten mittelbar über eine erhöhte Wirtschaftsleistung den Verkehr an. Die Erweiterung der Mobilitätsoptionen war und ist auf diese Weise eng mit dem Versprechen von Wohlfahrtszuwächsen verbunden. Die industrielle und im Besonderen die automobile Entwicklung verschränkten sich eng mit Konsumgewohnheiten. Das von Julius Leber, einem ehemaligen Verkehrsminister, gegebene Versprechen, kein Ort solle weniger als 20 Kilometer von der nächsten Autoauffahrt entfernt sein, verdeutlicht diese Verquickung. Das deutsche Wirtschaftswunder, üblicherweise eng verknüpft mit dem VW-Käfer als Symbol des Wirtschaftswunders, setzte sich so in Szene. Diese Entwicklungsvorstellungen haben tiefe Spuren im gesellschaftlichen Gefüge hinterlassen. Seither sind die skizzierten Mobilitätsvorstellungen tief in gesellschaftlichen Leitbildern, Institutionen und Regularien verwurzelt. Räume werden auf Grundlage des automobilistischen Paradigmas strukturiert, etwa durch Shopping Malls am Stadtrand, das Pendeln zur Arbeitsstelle ist selbstverständlicher Bestandteil der sozialen Organisation, die Infrastruktur für den motorisierten Individualverkehr ist vorhanden und funktional. Aufgrund solcher Faktoren erweist sich das am privat besessenen Automobil ausgerichtete sozio-technische Mobilitätsregime als in hohem Maße persistent und ist trotz aller damit einhergehenden (Umwelt-)Probleme weiterhin handlungsleitend. Gegenwärtig durch Klimawandel, Schadstoffbelastungen in Innenstädten und Digitalisierung unter Druck gesetzt, zeichnen sich dennoch beträchtliche Möglichkeiten für eine Umgestaltung des sozio-technischen Mobilitätsregimes ab. Dabei wird immer deutlicher, dass eine rein technische Lösung durch Elektromobilität, Sharing-Angebote etc. mit Blick auf die zu erreichenden Klimaziele nicht hinreichend sein wird.

Der Wandel sozio-technischer Regime (synonym: ‚Systeme‘) wird in der Forschung vielfach auf der Basis der Multi-Level-Perspektive (MLP) beschrieben und erklärt. Das bestehende sozio-technische (Mobilitäts-)Regime stellt die mittlere Ebene dar und wird „von oben“ durch die Landschaft des Regimes und „von unten“ durch die Nischen des Regimes herausgefordert. Die Ebene der Landschaft

umfasst externe Rahmenbedingungen wie den fortschreitenden demographischen Wandel und Klimawandel. Die Ebene der Nischen umfasst neue, innovative Mobilitätskonzepte wie etwa Car-Sharing. Das sozio-technische Regime, hier dargestellt als Fünfeck (Industrie, Markt, Politik und Regulierung, Forschung und Gesellschaft) verdeutlicht die Verzahnung unterschiedlicher Bereiche und deren Interdependenzen. So prägt das sozio-technische Mobilitätsregime andere gesellschaftliche Subsysteme und vice versa. Aufgrund der Komplexität und Interdependenzen, weisen sozio-technische Regime in der Regel eine gewisse Starrheit auf und wandeln sich nur, wenn Änderungen in Landschaft und Nischen das Regime hinreichend unter Druck setzen. Gegenwärtig ist dies der Fall und der Beginn einer Transition des Mobilitätssystems ist feststellbar. Sowohl die ökologisch motivierte Transformation als auch die digitale Transformation üben einen erheblichen Veränderungsdruck auf das bestehende Regime aus. In Abbildung **Abb. 3-1** wird die Transition des Mobilitätssystems dargestellt.

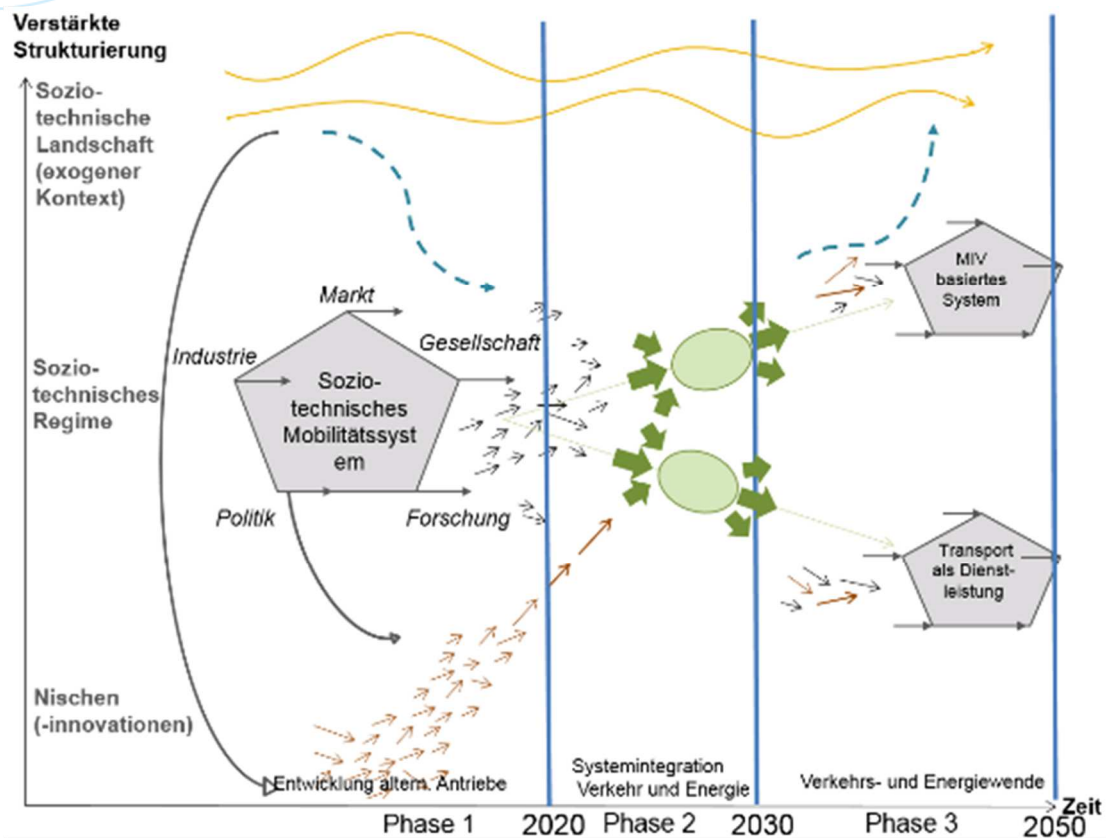


Abb. 3-1: Transition des Mobilitätssystems im Rahmen der Multi-Level-Perspektive.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Geels 2012

Mithilfe der MLP kann dargestellt werden, wie eine Nischentechnologie das sozio-technische System transformieren kann. Die Bedeutung dieses Upscaling für das Gesamtsystem wird in der Innovationsforschung bisher vor allem dahingehend betrachtet, dass Akteure auf Level des Regimes (Incumbents) auf die Newcomer reagieren, u.a. durch neue Geschäftsmodelle im Rahmen eines ‚Strategic Niche Managements‘ (Kemp et al. 1998).

Vor dem Hintergrund der Langfristigkeit des Umbauprozesses des Mobilitätssystems ist die MLP geeignet, sowohl die Grobstrukturen der Veränderung des Systems als auch eine Abschätzung des Entwicklungspfades des Mobilitätssystems in Richtung auf mehr Nachhaltigkeit darzustellen.

Die Abbildung **Abb. 3-1** verdeutlicht, dass das sozio-technische Mobilitätsregime des Jahres 2050 in seiner Ausprägung nicht determiniert ist, sondern von den Interaktionen unterschiedlichster Akteure abhängt und vor allem auch von gestaltenden Politiken. In der Abbildung wird typisierend angenommen, dass zwei Ausprägungen denkbar sind: Erstens „Transport als Dienstleistung“ mit einem nur geringen Anteil an MIV und zweitens ein Verkehrssystem, das überwiegend MIV-basiert ist. Welche Ausprägung realisiert wird, hängt auch ab von Unternehmensstrategien und Politikgestaltung. Im günstigsten Fall gelingen die Transformationsprozesse auch mit Blick auf Wertschöpfung und Arbeitsplätze. Im nächsten Kapitel werden Ansätze einer erfolgreichen Transition diskutiert, bezeichnet als ‚Mobilitätswende‘.

Im Grundsatz sind zwei, prinzipiell miteinander kombinierbare, Ansätze denkbar:

- Der eine Pfad zielt darauf ab, dass über technologische Lösungen einerseits Effizienzpotenziale erschlossen werden und andererseits alte Technologien durch neue, weniger umweltbelastende, Technologien substituiert werden.
- Der andere Pfad zielt darauf ab, dass strukturell weniger Verkehr verursacht wird, beispielsweise durch geeignete und verkehrssparende Siedlungsstrukturen oder alternative Mobilitätskonzepte wie das Ride-Sharing. Ebenso geht es darum, umweltfreundliche Mobilitätsformen zu fördern, beispielsweise durch Ausbau und Verbesserung des ÖPNV oder Schaffung geeigneter Infrastrukturen für den Fahrradverkehr. Angestrebt wird also eine Vermeidung und modale Verlagerung des Verkehrs.

3.1. Der technische Pfad

Der Fokus dieses Pfades liegt vorrangig darin, durch technische Maßnahmen den Verkehr umweltfreundlicher zu machen. Dabei lassen sich die Konzepte der Effizienz und der Substitution unterscheiden. Zum einen können durch eine steigende Energie- bzw. Fahrzeugeffizienz positive Umwelteffekte erzielt werden. Zum anderen können klimafreundliche Antriebstechnologien und Kraftstoffe zur Substitution der fossilen Verbrennungsmotoren genutzt werden. In der Vergangenheit waren vor allem Bestrebungen zu beobachten, die Effizienz der Fahrzeuge zu verbessern. Im Ergebnis bereits erfolgter Anstrengungen wurden durchaus einige Erfolge erzielt, so sind die Fahrzeuge effizienter geworden und die Luftschadstoffe konnten durch entsprechende Add-On-Technologien (Katalysator) gemindert werden. Gleichwohl ist festzustellen, dass die Maßnahmen der Effizienz und der Rückhaltetechnologien letztlich bislang nur begrenzte Wirkung zeigten, unter anderem auch deshalb, weil die Effizienzvorteile durch Reboundeffekte wieder aufgehoben wurden: Effizienzgewinne wurden genutzt für Steigerungen der Motorenleistung und führten zu zusätzlichem Verkehrsaufkommen statt Verbrauchsreduktionen. In der Konsequenz stehen weiterhin die Schadstoffemissionen des Verkehrs im Fokus der Diskussion (AEE 2017). Entlastungen sind zwar realisiert worden, waren aber einerseits nicht hinreichend und konnten andererseits an Grundproblemen nicht ansetzen, wie der Emission von Klimagasen. Dennoch ist der technische Pfad ein wichtiger Bestandteil gestaltender Umweltpolitik, wie auch anhand des in der Forschung als „California Effekt“ bezeichneten Beispiels deutlich wird: Bereits in den sechziger Jahren zeigten sich in Kalifornien die Probleme

eines Verkehrssystems, welches primär auf MIV basierte, sehr deutlich (Vogel 1997). Die Bevölkerungszunahme in Verbindung mit der Zunahme von Bestand und Verkehrsleistung von PKW ging mit einer erheblichen Luftverschmutzung einher (Smog). In der Folge wurden Regulierungen eingeführt, die unter anderem auch dazu führten, dass Katalysatoren in die Automobile eingebaut werden mussten. Unternehmen, die in Kalifornien Autos verkaufen wollten, mussten Emissionsstandards einhalten. Hiervon ausgehend wurden im Rest der USA und in Deutschland entsprechende Regulierungen später ebenfalls eingeführt.

3.2. Der strukturelle Pfad

Verkehr und Verkehrsvermeidung werden bei diesem Pfad als Herausforderung an die soziale und wirtschaftliche Organisation gesehen. Durch die Entwicklung des ÖPNV und die Bereitstellung von Infrastrukturen für den Radverkehr werden die Möglichkeiten gestärkt, auch abseits des motorisierten Individualverkehrs mobil zu sein. Durch die aktive Gestaltung räumlicher Strukturen kann zudem Verkehr vermieden werden. Die Reichweite und die Instrumentierung entsprechender Zugänge ist bislang noch immer sehr begrenzt und ist überwiegend auf Modellprojekte, wie beispielsweise autofreie Wohngebiete, begrenzt. In Städten sind entlang dieses Pfades vielfältige Strategien vorangebracht worden. In der Folge sind zwischen Städten deutliche Differenzen des Anteils von ÖPNV oder nicht motorisiertem Individualverkehr am Modalsplit festzustellen (Greenpeace 2017).

3.3. Zusammenführung

Um den aus dem gegenwärtigen Mobilitätsregime resultierenden Problemen zu begegnen, müssen beide Pfade miteinander verzahnt und vorangetrieben werden. Hierzu bedarf es entschiedenerer Maßnahmen als bisher. Denn ein weitreichender Umbau des Mobilitätssystems konnte trotz erheblichen und weiter steigenden Problemdrucks bisher nicht realisiert werden. Effizienzmaßnahmen und Add-on Technologien bestimmen das Bild der Verkehrspolitik und der verkehrsbezogenen Umweltpolitik. Ein Umdenken zeichnet sich auch nicht in den aktuell diskutierten Strategien ab, die überwiegend darauf fokussieren, neue Antriebskonzepte (Elektromobilität) zu fördern. Dies ordnet sich in die insbesondere im Verkehrsbereich tradierten, technischen (add-on) Lösungsstrategien ein. Beispiele wie Kopenhagen zeigen, dass eine innerstädtische Mobilitätswende und deutliche Veränderungen im Modal-Split, vielfach nicht von neuen Technologien, sondern dem Gestaltungswillen in den jeweiligen Kommunen abhängen (Næss et al 2009). Vielfach handelt es sich bei Verkehrsproblemen weniger um technische, als vielmehr um Probleme der sozialen Organisation.

Die Minderung der Belastungen des MIV erfordert, dass eine Vielzahl von Rahmenbedingungen geändert werden:

- Auf der Ebene der Leitbilder und Ideen wird es darum gehen, neue Mobilitätsleitbilder zu verankern und wirksam werden zu lassen, die sehr viel stärker die Dienstleistung und sehr viel weniger das Automobil in den Vordergrund rücken. Allein dies dürfte eine große Herausforderung sein, wenn man die Zahlungsbereitschaft für private PKW berücksichtigt. Es

muss außerdem betont werden, dass Elektromobilität für sich genommen kein neues Leitbild darstellt.¹²

- Ebenso ist auf dieser Ebene erforderlich, dass Umwelt- und Klimaschutz eine andere Relevanz erhalten, was sich letztlich auch in gesellschaftlichen Aushandlungsprozessen und Regulierungen niederschlagen muss, so dass der Einfluss auf das sozio-technische Regime Einfluss prägnanter wird.¹³
- Mit Blick auf Dynamiken „von unten“ wird deutlich, dass eine Vielzahl von Nischen entstehen, die das bestehende Regime zumindest herausfordern. Dazu gehören beispielsweise Car-Sharing-Modelle, neue Wohnformen, neue Antriebskonzepte, neue ausdifferenzierte Verkehrsträger etc. Diese Nischen können einen Beitrag zu einer nachhaltigen Mobilität leisten, erfordern aber auch eine politische Gestaltung. Es bedarf einer Gestaltung des Wandels, indem einerseits die infrastrukturellen Voraussetzungen für eine umfassendere Nutzung von Car-Sharing ermöglicht werden und Nutzern zugleich Vorteile entstehen.

Die folgende Abbildung (**Abb. 3-2**) fasst die Darstellungen aus den Kapiteln 2 und 3 zur Senkung der Umweltbelastungen noch einmal zusammen und präzisiert Lösungsansätze. Sie zeigt dabei Aspekte sowohl der Verkehrswende (Verlagerung, Vermeidung und Effizienz) als auch der Energiewende im Verkehrssektor (klimafreundliche Antriebstechnologien). Diesen vier Wirkungsfeldern werden verschiedene Maßnahmen zugeordnet. Daneben werden auch Maßnahmen erfasst, die alle Wirkungsfelder betreffen (Mitte der Abbildung). Ohne die Maßnahmen im Detail zu diskutieren, wird jedoch deutlich, dass eine Umsetzung eines Großteils der Maßnahmen direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Automobilindustrie haben würde (z.B. Flottengrenzwerte, Zugangsbeschränkungen (Straße)).

¹² Elektromobilität verändert nicht zwangsläufig auch Leitbilder der Mobilität: Teslas *Model S*, eines der weltweit am meisten gekauften Elektroautos, entspricht mit seinen, je nach Modell, 428 bis 700 PS dem tradierten Bild von Automobilität.

¹³ Ein Beispiel, an dem man diese Dimensionen gut nachweisen kann, ist ein österreichischer Gerichtsentscheid, der Erweiterung eines Flughafens aus Gründen des Klimaschutzes nicht mehr zuzustimmen (Handelsblatt 2017). Dieses Urteil ist noch keineswegs rechtskräftig, deutet aber gleichwohl an, wie gesellschaftliche Regulierungen entwickelt werden bzw. entwickelt werden müssen, um dem Imperativ Klimaschutz letztlich gerecht werden zu können.

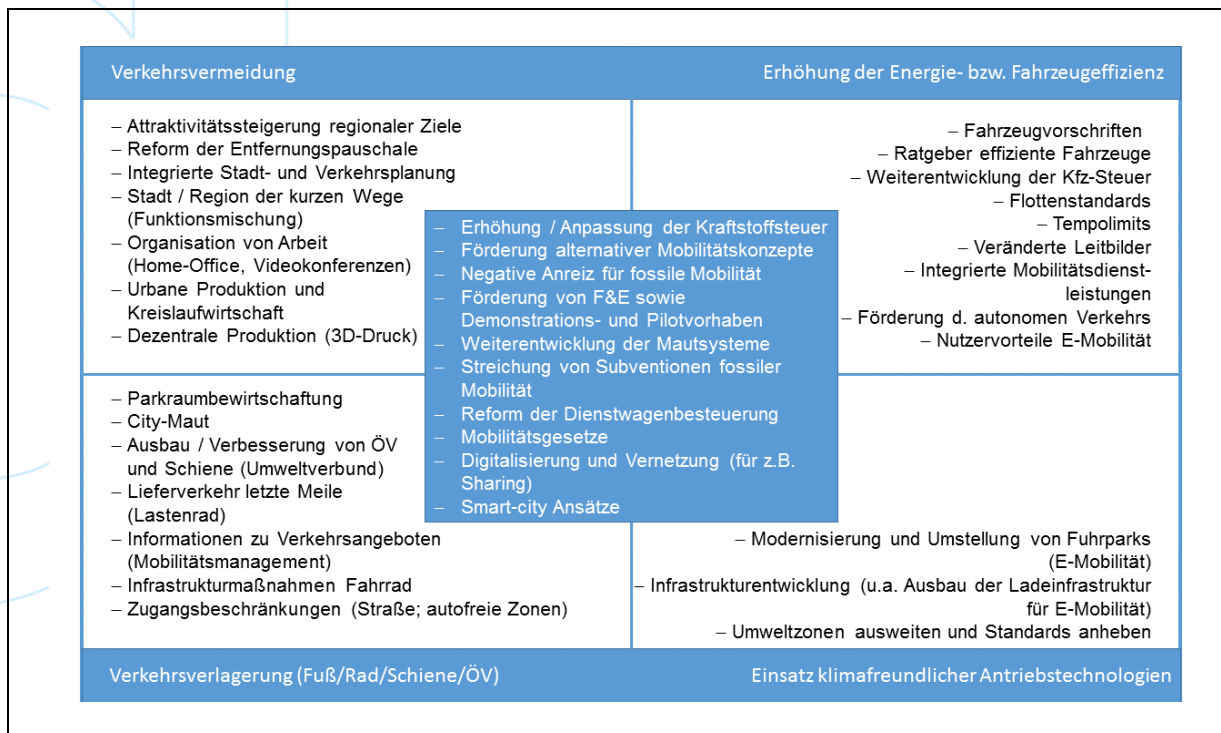


Abb. 3-2: Wirkungsfelder von Maßnahmen im Rahmen einer Verkehrs- und Energiewende im Verkehrssektor.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an AEE 2017: 4.

4. Strukturwandelsprozesse

Klimaziele, Digitalisierung und perspektivisch die Möglichkeit automatisierten Fahrens, sowie ganz „traditionell“ das Aufkommen neuer Märkte und Wettbewerber setzen das Verkehrssystem und die Automobilindustrie unter Druck. In Folge dessen wird sich der Verkehrssektor deutlich verändern. Um die Veränderungen in eine sozial-ökologische und wirtschaftlich erfolgreiche Richtung zu steuern, sind weitreichende Strategien sowohl von Unternehmen wie auch Politik notwendig. Eine regulative Begleitung und Gestaltung der mit einer Mobilitätswende verbundenen Strukturwandelsprozesse ist insofern unabdingbar. Betroffen sind unter anderem die Organisation des Personenverkehrs hinsichtlich Verkehrsvermeidung und modalen Verlagerungen auf umweltschonende Verkehrsträger. Dies hat Auswirkungen auch auf Industrie und Gewerbe. Geschäftsmodelle von Unternehmen aus der Automobilindustrie und verbundenen Industriezweigen werden sich verändern. Bereits eine Antriebswende hin zur Elektromobilität hat diesbezüglich erhebliche Auswirkungen. Jedoch geht eine Mobilitätswende noch deutlich weiter und zielt weniger auf den Übergang zu neuen Antriebskonzepten als vielmehr auf neue Mobilitätsstrukturen zur Reduktion des Verkehrsaufkommens und insbesondere des motorisierten Individualverkehrs ab. Damit werden die mit dem Strukturwandel verbundenen Herausforderungen noch einmal deutlich größer und komplexer.

4.1. Erforderliche Gestaltung von Strukturwandelsprozessen

Strukturwandelsprozesse stellen, wie sich in der Vergangenheit gezeigt hat, sowohl Unternehmen, Regionen und Wirtschaftspolitik vor große Herausforderungen. Allerdings hat es sich als schwierig und zumeist unzureichend herausgestellt, generelle wirtschaftspolitische Empfehlungen zu generieren. In der Vergangenheit haben wirtschaftspolitische Empfehlungen und Strategien häufig die jeweiligen regionalen und lokalen Spezifika nicht hinreichend berücksichtigt. Zudem wurden entsprechende Konzepte nicht immer mit den erforderlichen Ressourcen unterlegt. Jenseits der Notwendigkeit, kontextsensitive, partizipative und multidimensionale Lösungsansätze zu entwickeln, konnten in der Forschung zu Strukturwandelsprozessen einige generische Orientierungspunkte identifiziert werden. So wurde festgestellt (Lehner 2004¹⁴, siehe auch Jänicke 1993, Binder et al. 2013), dass politische Maßnahmen und Programme zur Gestaltung oder Bewältigung von Strukturwandel umso erfolgreicher sind:

- je mehr es ihnen gelingt, Innovation anzustoßen und die wirtschaftliche und soziale Innovationsdynamik zu verstärken,
- je weniger Verlierer sie schaffen,
- je besser sie es schaffen, Märkte als „Multiplikatoren“ zu nutzen,
- je frühzeitiger sie einsetzen,
- je längerfristiger und verlässlicher sie angelegt sind,
- je mehr lösungsoffen ihre Vorgaben sind,

¹⁴ Ergänzt durch persönliche Kommunikation, E-Mail vom 15.06.2017.

- je besser sie technische und soziale Innovationen verbinden.

Mit Blick auf eine Mobilitätswende wird deutlich, dass Strategien zur Bewältigung des Strukturwandels vielfältige Dimensionen in den Blick nehmen müssen und mithin auch eine gesellschaftspolitische Aufgabe darstellt. Grundlegend wird es entscheidend sein, dass ein gesellschaftlich getragenes Leitbild einer Mobilitätswende vorangebracht wird. Entsprechende Strategien werden im Kapitel 6 vertieft. Es bedarf der industrie-, regional- und innovationspolitischen Begleitung des Prozesses.

4.2. Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Strukturwandelsprozessen

Die ökonomischen Analysen von Strukturwandelsprozessen verfolgen i.d.R. zwei Ansätze: Ein Ansatz ist es zu überprüfen, welche Arbeitsplatzverluste oder -gewinne direkt aus veränderten Nachfragen oder Politiken entstehen könnten. Ein zweiter Ansatz ist es zu versuchen reale Nettoeffekte zu identifizieren, indem modellgestützt auch indirekte Effekte auf Arbeitsmärkte identifiziert und berücksichtigt werden. Diese Modellierungen sind allerdings voraussetzungsreich, da unterschiedlichste Annahmen in die Modelle einfließen müssen und damit vielfältige Bewertungsfragen einfließen. Um dies an einem Beispiel zu verdeutlichen: Frey und Osborne (2014) analysierten die bestehenden Arbeitsplätze mit Blick auf die Möglichkeit inwieweit diese durch die Digitalisierung in Frage gestellt werden können und identifizieren damit letztlich die Bruttoeffekte und damit erhebliche potenzielle Arbeitsplatzverluste. Eine Studie des IAB kommt mit Blick auf die Perspektiven der Industrie 4.0 zu dem Ergebnis, dass Digitalisierungsprozesse zu einer Zunahme des Wirtschaftswachstums und der Arbeitsplätze führen werden (bei gleichzeitigem Strukturwandel), wobei eine Reihe von Annahmen getroffen werden (Wolter et al 2016).

Insofern wird klar, dass die Bruttoberechnungen in der Regel überzeichnen, gleichwohl ist festzuhalten, dass damit die Dimension des erforderlichen Wandels deutlich werden. Die Nettoeffekte entsprechender Strukturwandelsprozesse hängen dann gerade auch bei politisch induzierten Maßnahmen zentral davon ab, was konkret reguliert wird, welche zeitlichen Dimensionen vorgegeben werden, welche Instrumente angewandt werden und letztlich auch welche Anpassungsfähigkeit und Wettbewerbskontexte vorgefunden werden. (Dementsprechend unterscheiden sich auch die Ergebnisse der Analysen).

Mit Blick auf die Diskussionen um die Zukunft der Automobilindustrie in Deutschland existieren beispielsweise sehr unterschiedliche Vorstellungen darüber, was in irgendeiner Form reguliert werden soll. Es werden international sehr unterschiedliche Konzepte verfolgt; vom Zulassungsverbot allein von Diesel- und Benzinmotoren, über das Verbot auch der Hybridantriebe und schließlich auch der PHEV. Zudem sind diese Ziele i.d.R. nicht mit konkreten politischen Strategien und Regulierungsmechanismen verbunden. Die Abschätzung der ökonomischen Wirkungen entsprechender Ansätze fällt dementsprechend schwer.

4.3. Strukturwandel und die Automobilindustrie

Für Strukturwandelsprozesse sind die Diskussionen um die Arbeitsplatzeffekte von enormer Bedeutung. Dies gilt insbesondere für politisch induzierte Strukturwandelsprozesse, die scheinbar unabhängig von den „Märkten“ umgesetzt werden und die dadurch vielfach einen höheren Legitimationsbedarf haben.

Strukturwandelsprozesse führen dazu, dass bestimmte Branchen an Wertschöpfung und Arbeitsplätzen verlieren und im besten Falle andere Branchen an Wertschöpfung und Arbeitsplätzen gewinnen. Ziel der Struktur-, Industrie- und Innovationspolitik ist es in der Regel, den Strukturwandel so zu begleiten, dass Umstrukturierungen bestehender Unternehmen unterstützt werden, die Förderung von Unternehmensansiedlungen oder letztlich die Förderung von Neugründungen oder Startups vorangebracht werden, um den neuen Bedingungen zu entsprechen.

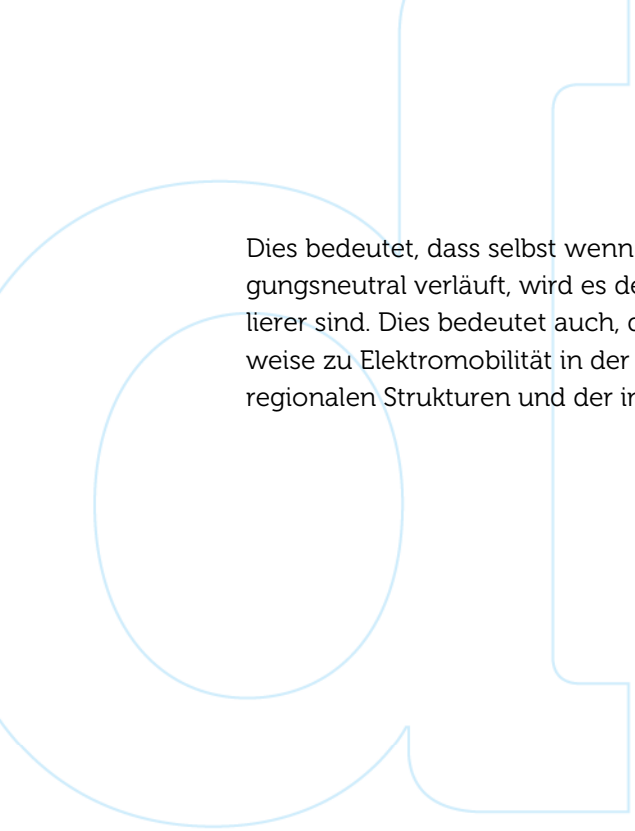
Diese Strukturwandelsprozesse waren in der Vergangenheit vielfach langfristig angelegt und wurden vielfach politisch auch gestützt, wie am Beispiel des Ruhrgebietes aufgezeigt werden kann (Prognos et al 2014). Am Beispiel des Ruhrgebietes wird auch deutlich, dass die Clusterung bestimmter Branchen zu bestimmten Zeiten ein erheblicher Vorteil sein kann, im Falle eines anstehenden Strukturwandels diese Clusterung wiederum ein Problem darstellen kann, wenn die Regionen monostrukturiert sind. Die Clusterung ermöglicht Spezialisierungsvorteile und die Ausbildung von komplexen ökonomischen Ökosystemen, die sich gegenseitig befördern und zur wirtschaftlichen Prosperität führen können. Im Falle des Strukturwandels können sich die Spezialisierungsvorteile allerdings auch als Nachteile erweisen, weil einerseits die bestehenden Strukturen „widerständig“ gegen erforderliche Anpassungsprozesse sein können und andererseits die Kompetenzen für die neu entstehenden Strukturen nicht oder nicht hinreichend vorhanden sind. Andere Regionen können in diesem Kontext möglicherweise schneller reagieren und sind weniger mit den bestehenden Strukturen verbunden und damit grundsätzlich offener.

Auch Unternehmen selbst können im Strukturwandelsprozess ihr Angebotsportfolio unter Umständen ganz grundsätzlich verändern, wie sich an verschiedenen Beispielen aus der Stahl- und Montanindustrie aufzeigen lässt.

Strukturwandelsprozesse bedeuten immer auch, dass, so nicht frühzeitig umgesteuert wird, versunkene Investitionen (sunk costs) entstehen. Diese versunkenen Kosten betreffen nicht allein Unternehmen, sondern auch Regionen; aber auch insbesondere die Qualifikationen von Beschäftigten.

Mithin sind mindestens zwei Herausforderungen zu benennen:

- Strukturwandelsprozesse, wie beispielsweise ein Strukturwandel der Automobilindustrie, betreffen bestimmte spezialisierte Regionen. Es ist offen, wie und in welcher Geschwindigkeit sich diese Regionen anpassen können.
- Strukturwandelsprozesse betreffen insbesondere auch die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer und Unternehmen, deren Qualifikationen infrage gestellt werden und die sich in der Regel nur noch begrenzt anpassen können. Dies insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass es sich in der Automobilindustrie vielfach um gut bezahlte Arbeitsplätze handelt.



Dies bedeutet, dass selbst wenn der Strukturwandel in der Summe wertschöpfungs- und beschäftigungsneutral verläuft, wird es dennoch Regionen und Beschäftigte geben, die Strukturwandels-Verlierer sind. Dies bedeutet auch, dass selbst wenn die Beschäftigungseffekte des Übergangs beispielsweise zu Elektromobilität in der Summe gleichbleibend oder gar positiv sind, Veränderungen in den regionalen Strukturen und der individuellen Betroffenheit zu erwarten sind.

5. Automobilindustrie im Wandel

Die Automobilindustrie steht, durch die in Kapitel 2 skizzierten neuen Anforderungen an den Verkehrssektor, vor erheblichen Herausforderungen, die das bisherige Bild der Branche höchstwahrscheinlich dramatisch verändern werden. Dies ist von potentiell großer Relevanz für den Automobil- und Industriestandort Deutschland. Das Produktionsregime steht vor einem umfassenden Strukturwandel, der Übergang zur Elektromobilität könnte mit deutlichen Auswirkungen auf Arbeitsplätze und Wertschöpfung verbunden sein. Um diese Auswirkungen zu erfassen, wird im nächsten Kapitel zunächst der Status Quo der Automobilindustrie skizziert. Anschließend werden die Effekte dieser neuen Herausforderungen auf die deutsche Automobilindustrie untersucht.

5.1. Die Automobilindustrie im Status Quo

Die deutsche Wirtschaft hängt in starkem Maße von Automobilbau, Maschinenbau und Chemie ab.

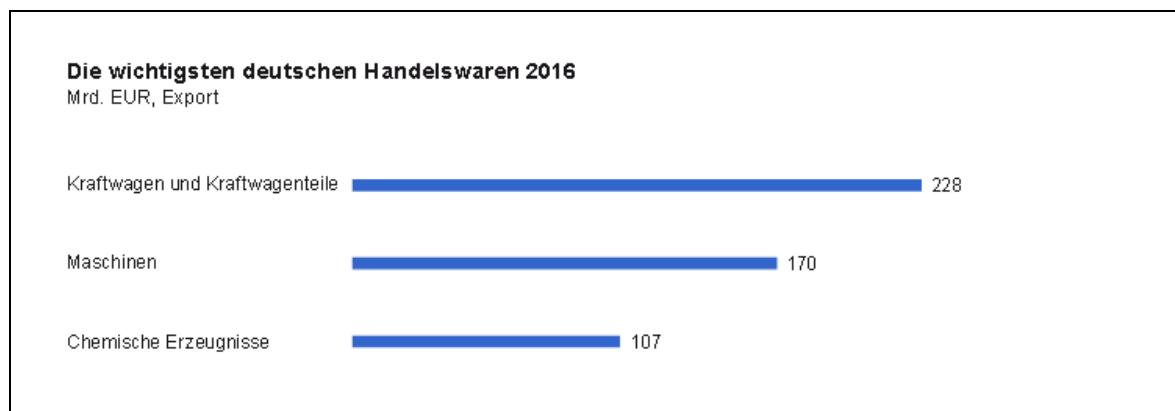


Abb. 5-1: Die bedeutendsten Export-Branchen im Jahr 2016.

Quelle: Destatis 2017.

Vor allem der Außenhandel wird von diesen Branchen dominiert (siehe **Abb. 5-1**). Diese industrielle Basis ist eng mit dem Innovationssystem Deutschlands verbunden, indem einerseits die Unternehmen dieser Sektoren selbst aktiv Forschung und Entwicklung betreiben und andererseits eine Vielzahl von öffentlichen Forschungseinrichtungen auf diese Sektoren bezogen sind. Das enge Geflecht aus Unternehmen, Forschungslandschaft, Arbeitsmärkten und Kundenerwartungen befindet sich nun im Umbruch, mit zumindest potenziell großen Auswirkungen auf Beschäftigungsverhältnisse und Volkswirtschaft. Im Folgenden werden mögliche Auswirkungen einer Verkehrswende hin zur Elektromobilität untersucht.

Die Automobilindustrie konnte in den letzten Jahren stark wachsen. Die weltweite Produktion stieg von 61,1 Millionen Fahrzeugen im Jahre 2004 auf 85,6 Millionen im Jahre 2014 an, gleichzeitig ist festzustellen, dass das Wachstum zunehmend in den Schwellenländern stattfindet. Der Anteil der Industrieländer am Produktionsvolumen hat sich von 66 % auf nunmehr 42 % verringert. Die deut-

schen Hersteller haben ihre Auslandsproduktion von 4,8 auf 9,3 Millionen Einheiten durch Direktinvestitionen in den jeweiligen Ländern erhöht.¹⁵ Der Marktanteil der deutschen Hersteller am Markt der Autos mit reinem Elektromotor ist derzeit, im Vergleich zum Markt mit Verbrennungsmotoren, jedoch noch gering (v. Dewitz 2016, Reimann 2017). Wenn auch hybride Fahrzeugen (PHEV) zum Anteil der Elektroautos zugerechnet werden, ergeben sich jedoch ähnliche Marktanteile wie im Markt für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (Fraunhofer ISI 2017: 6f.).

In der Automobilindustrie waren im Jahre 2015 813.000 Personen beschäftigt.¹⁶ Das entspricht 13 % der gesamten im verarbeitenden Gewerbe tätigen Personen und damit gilt diese Industrie als die beschäftigungsstärkste Industriebranche. Hinzu gerechnet werden müssen Beschäftigte, die nicht zur Automobilindustrie zählen, die aber mit der Fertigung von Zuliefererprodukten befasst sind und damit mit der Produktion für den Kfz-Bereich in Zusammenhang gebracht werden können. Außerhalb der Automobilindustrie waren 2015 31.000 Arbeitsplätze direkt mit der Verbrennungstechnologie verbunden (Maschinenbau, Hersteller von Abgasreinigungssystemen etc.). Die Herstellung von PKW fand ausschließlich in Großbetrieben statt. 99 % der in diesem Bereich Beschäftigten waren 2015 in Betriebsstätten mit mehr als 500 Beschäftigten angestellt (ifo 2017).

Neue Absatzmärkte entwickeln sich vor allem in Schwellenländern. Teilweise wird davon ausgegangen, dass China der zentrale Absatzmarkt für die Automobilindustrie wird und in Folge auch Anforderungen an Produkte setzen kann. So stellt die Quote für reine Elektrofahrzeuge in China bereits gegenwärtig eine immense Herausforderung für die deutschen Hersteller dar. Perspektivisch wird zudem erwartet, dass chinesische Anbieter möglicherweise insbesondere den Fokus auf die Entwicklung der Elektromobilität legen und dabei industriepolitisch stark unterstützt werden. Dies auch deshalb, weil damit der Entwicklungsvorsprung der westlichen Länder im Bereich der Verbrennungsmotoren quasi umgangen werden kann. Einhergehend mit der wachsenden Bedeutung asiatischer Märkte ist es auch zu einer Verlagerung von Fertigungsstätten gekommen, ein Prozess, der wahrscheinlich weiter anhalten wird (McKinsey 2016a).

In der Automobilindustrie findet eine weitreichende Konsolidierung mit Zusammenschlüssen und Übernahmen von Unternehmen statt, dies ist auch Ausdruck der Kapitalintensität der Produktion. Produktionsseitig ist die Automobilindustrie (OEM) von einer hohen Differenzierung der Wertschöpfungskette und Auslagerung von Produktionsschritten an Zulieferer geprägt. In den letzten Jahren wurden die Zuliefererketten verkürzt, unter anderem durch Verringerung der Zahl direkter Zulieferunternehmen. Zudem werden standardisierte Automobil-Plattformen entwickelt, wodurch die Zahl der Plattformen sinkt und Zahl der produzierten Fahrzeuge pro Plattform steigt. Verbunden mit dieser Entwicklung war der zunehmend verfolgte Ansatz einer „Mass Customization“. Es wurden zum Teil auch herstellerübergreifende Plattformstrategien und Baukastensysteme entwickelt, die die Flexibilität der Unternehmen und der Produktion deutlich erhöht haben. Eine wichtige Markterschließungsstrategie war dabei die Ausweitung der Modellpaletten. Die Anzahl der Baureihen und Fahrzeugmodelle wurde erhöht, um durch Plattform-, Modul-, Baukastenstrategien eine Individualisierung der Modelle zu ermöglichen (Helmers 2015).

¹⁵ Die statistische Zusammenstellung folgt (VDA 2017).

¹⁶ Die Angaben zum Status Quo beruhen auf Daten des statistischen Bundesamts (Statistisches Bundesamt 2017).

5.2. Neue Antriebskonzepte – Elektromobilität

Die Diskussion um neue Antriebskonzepte ist in vollem Gange. Zum einen wird darauf verwiesen, dass die herkömmlichen Motorkonzepte noch über erhebliche Optimierungspotenziale verfügen, ebenso existieren weitere add-on Technologien. Parallel dazu findet eine Diskussion um Gasantriebe, Brennstoffzellentechnologie und unterschiedliche Hybrid-Technologien statt. Die Herausforderungen des Wettbewerbs der Antriebstechnologien bestehen einerseits darin, dass sich bislang überwiegend Verbrennungsmotoren durchsetzen konnten, da in den anderen Technologiebereichen vielfach noch technologische Herausforderungen gelöst werden müssen und, in Verbindung mit fehlenden Infrastrukturen, Größenvorteile noch nicht erschlossen werden konnten. Zudem entspricht eine Änderung der Antriebstechnologie nicht den Interessen der etablierten Unternehmen.

Dies erschwert eine weitergehende Marktdurchdringung. Alternative Technologien, wie beispielsweise der Elektroantrieb, haben außerdem vielfach Probleme, an die Leistungsfähigkeit bestehender Trajektorien heranzureichen. Grund hierfür ist auch die mehr als 100-jährige Tradition der Optimierung von Verbrennungsmotoren und die Herausbildung entsprechender Expertise. Ein weiterer Grund für die Rigidität der Antriebstechnologie ist die produktionsseitige und nachfrageseitige Forderung gewisser Anspruchsstandards, insbesondere bezüglich Reichweite, Preis und Leistungsfähigkeit des Antriebs.

Das bisher äußerst stabil auf den Verbrennungsmotor ausgerichtete sozio-technische System ist jedoch durch viele Seiten unter Druck und scheint sich gegenwärtig zu ändern, da die Entwicklung von Elektroantrieben und Hybridtechnologien zunehmend an Dynamik gewinnt. Im Folgenden wird die mögliche Entwicklung einer Antriebswende durch Elektromobile Anwendungen analysiert. Der Fokus auf die Elektromobilität ergibt sich aus den Darlegungen in Kapitel 2.1. Elektromobilität stellt derzeit im Verkehrssektor die beste und günstigste Alternative dar, um Emissionsminderungen (sowohl global als auch lokal) zu erzielen.

5.2.1. Veränderung der Wertschöpfungskomponenten

Die Abkehr vom Verbrennungsmotor zur Elektromobilität ist mit umfassenden technischen Veränderungen verbunden. In der Folge wird zunächst auf die technischen Veränderungen eingegangen, bevor die Implikationen für die Wertschöpfung diskutiert werden.

Technische Implikationen

Die Bank UBS hat eine detaillierte Analyse der technischen Differenzen der beiden Antriebskonzepte und in der Folge auch der wettbewerbslichen Perspektiven und den Auswirkungen auf die Wertschöpfung vorgelegt (UBS 2017). In dieser werden zwei Fahrzeuge miteinander verglichen, der GM Bolt, ein Fahrzeug mit Elektroantrieb, und ein VW Golf mit Verbrennungsmotor. Der Antrieb des GM Bolt ist deutlich weniger komplex als der Verbrennungsmotor des VW Golf. Sowohl Motor als auch Getriebe des Bolt haben deutlich weniger bewegliche Teile als der Golf, die auch nicht so regelmäßig gewartet werden müssen (u.a. ölhaltige Flüssigkeiten) (UBS 2017: 46ff.).

Die Abbildung (Abb. 5-2) verdeutlicht, dass bei der Elektromobilitätsstrategie, so wie sie von GM verfolgt wird, die Zulieferung von Externen deutlich zunehmen werden (UBS 2017). Es wird ersichtlich, welche Veränderungen mit dem Übergang zur Elektromobilität verbunden sind. So nimmt insbeson-

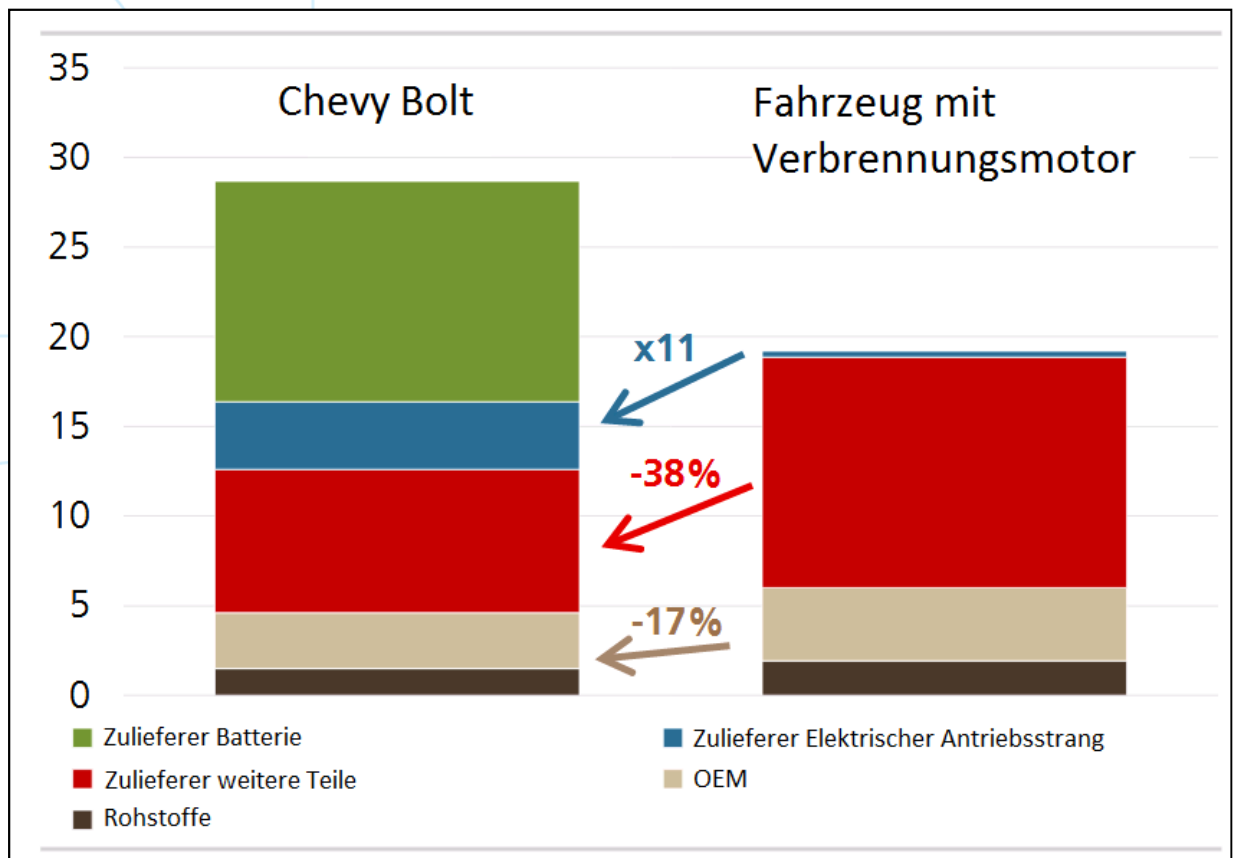


Abb. 5-2: Aufschlüsselung der Kostenanteile (in Tsd.\$) der Automobilhersteller (OEM) sowie verschiedener Branchen von Zulieferern bei elektrisch und durch Verbrennungsmotoren angetriebenen Fahrzeugen.

Quelle: UBS 2017: 48.

dere der Beitrag zur Wertschöpfung, den die Automobilhersteller (OEMs), erbringen deutlich ab. Viel stärker trifft es allerdings die traditionellen Zulieferer. Große Gewinner sind hingegen die Zulieferer von Batterien sowie der Elektronik. Zugleich veranschaulicht die Abbildung auch, dass die Investitionskosten für die Elektrofahrzeuge zunächst deutlich höher sind, dass aber, wie in der Folge gezeigt wird, davon ausgegangen wird, dass die Unterhaltungskosten deutlich geringer sind.

Veränderungen der Zuliefererkette

Die Analyse der UBS zeigt, dass 50 % der Zulieferungen beim GM Bolt nicht mehr von den traditionellen Zuliefererketten erbracht werden (UBS 2017: 53ff.). Keine der bisherigen Zulieferer für die Antriebe (Tier 1 Zulieferer) spielt noch eine herausgehobene Rolle. In den anderen Bereichen werden hingegen keine gravierenden Veränderungen erwartet. So liefert LG für GM gegenwärtig nicht nur die Batterien, sondern fast den gesamten Powertrain einschließlich aller elektronischen Module sowie der Unterhaltungs- und Vernetzungstechnik für den GM Bolt. Dies hat zur Folge, dass die Zulieferungen von LG insgesamt 56 % der gesamten direkten Produktionskosten (ohne Batterie 14 %) betragen. Die Verhältnisse für die Zulieferer verändern sich fundamental und es weist einiges darauf

hin, dass Elektronikunternehmen und Chemiekonzerne als Zulieferer massiv an Bedeutung gewinnen werden.

Die Studie der UBS stellt zudem heraus, dass eine deutliche Reduktion der Produktionskosten erwartet wird, deutlich schneller als es die Prognosen (auch vergangene der UBS) vorhersagten. Bereits in mittlerer Frist wird mit deutlichen Kostensenkungen bei Antrieb als auch der Batterie gerechnet. Es wird davon ausgegangen, dass die direkten Produktionskostenunterschiede zwischen GM Bolt und dem Golf von 9500 \$ (heute) auf 2700 \$ (2025) sinken werden. Demnach würde der Bolt im Jahre 2025 etwa 20 % geringere Produktionskosten haben als es heute der Fall ist.

Elektromotoren

Elektromotoren werden entweder durch die Autohersteller selbst oder durch die Zulieferer produziert. Die Zulieferer können aufgeteilt werden in traditionelle Tier 1 Zulieferer und neuen Spielern aus der elektrotechnischen Industrie, wie z.B. LG Electronics. Einige OEMs (einschließlich Tesla, Toyota Nissan und BMW) halten an einer Inhouse-Produktion fest (UBS 2017). Bei VW wird davon ausgegangen, dass eine Inhouse-Produktion vor allem auch vor dem Hintergrund der Arbeitsplatzsicherung stattfinden wird. Allerdings wird generell darauf verwiesen, dass die Zahl der Mitarbeiter dramatisch niedriger liegen wird, da die mechanische Komplexität des Elektromotors bei weitem geringer ist als die des Verbrennungsmotors. Zudem kommt es auf die Strategie der jeweiligen OEM's an. Beim GM Bolt wurde die Produktion des gesamten elektrischen „powertrains“ einschließlich der Batterie ausgelagert (an LG). Als Anteil der direkten Produktionskosten geht die UBS davon aus, dass nur noch 14 % der Wertschöpfung (3.900 \$) bei GM verbleiben (UBS 2017: 48).¹⁷

Batterien

Die Batterieproduktion ist derzeit Domäne der japanischen und koreanischen Anbieter. LG Cam, Samsung und Panasonic sind zentrale Marktakteure. Hinzu kommen einige chinesische Batteriehersteller, die vor allem die einheimische Automobilindustrie beliefern. Diese Anbieter verfügen über eine entwickelte technologische Basis und damit einen Know-How Vorsprung. Inwieweit Automobilhersteller in die kapitalintensive Batterieproduktion einsteigen werden, ist gegenwärtig noch offen. In der UBS-Studie wird davon ausgegangen, dass die OEM aufgrund hoher Kapitalintensität und fehlender technologischer Basis in absehbarer Zukunft keine eigenen Batteriezellen produzieren werden (UBS 2017: 48ff.). VW plant jedoch beispielsweise den Bau einer eigenen Batterieproduktion als erster großer europäischer Hersteller.¹⁸ Es ist daher bislang nicht absehbar, ob die deutschen OEM's hier zumindest Teile der neuen Wertschöpfung erschließen können.

Innovationen und Patente

Für die Zukunftsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit der Automobilindustrie ist auch die Forschung und Entwicklung von entscheidender Bedeutung. Dies gilt im Besonderen in Anbetracht der derzeit sehr dynamischen Entwicklungen und neuen Herausforderungen. Der Anteil deutscher Patente

¹⁷ Mit diesen Veränderungen könnten sich auch die Markteintrittsbarrieren mindern, was auf der technischen Ebene gut denkbar ist, was aber vor dem Hintergrund der Finanzierungskosten, der Markennamen und den Netzwerk nach dem Verkauf, als eher unwahrscheinlich angesehen wird

¹⁸ Siehe dazu <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/volkswagen-vw-will-batteriefabrik-in-deutschland-bauen-1.3241880>.

mit relevanten Bezug zur Automobilindustrie hat aus einer globalen Sicht im Zeitablauf abgenommen (ifo 2017). Dies wird aber nicht als Schwäche des deutschen Standorts ausgelegt, sondern als Ergebnis der Zuwächse bei etablierten Konkurrenten aus Japan und den USA und des Aufkommens neuer Wettbewerber aus China und Südkorea. Eine Patentanalyse mit Fokus auf Elektromobilität kommt zu dem Ergebnis, dass sich insbes. Japan und Korea dynamisch entwickelt haben. Die Position Deutschlands hinsichtlich der technologischen Basis wird eher positiv gewertet, dies gilt im Übrigen auch für die Technologien für Hybridfahrzeuge und Brennstoffzellen. Ein Feld, in dem die deutsche Industrie hingegen nicht (mit-)führend ist, sind Patente auf Batterien und Akkumulatoren. Hier sind die USA, aber auch Japan, weit voraus. Deutschland ist diesbezüglich etwa mit China und Korea gleichauf (ifo 2017: 53f.). Insgesamt wird aus der Betrachtung der Patentanalyse deutlich, dass in Deutschland die Wissensbasis für alternative Antriebskonzepte vorhanden ist, es allerdings an der Umsetzung fehlt. Zu diesem Schluss kommt auch eine aktuelle Studie des Fraunhofer ISI (2017). Selbst im Bereich der Forschung und Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien bzw. Batterien für Elektroautos sieht diese Studie den Forschungsstandort Deutschland gut aufgestellt (mit einem Anteil von Patenten von 10-15%). Übereinstimmend wird mit der Studie des ifo-Instituts abgeleitet, dass die Potenziale der Aktivitäten in FuE unzureichend industriell übersetzt und für die inländische Wertschöpfung fruchtbar gemacht werden (Fraunhofer ISI 2017: 13).

5.2.2. Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

Die vorliegenden Studien über die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte des Übergangs zu alternativen Antrieben variieren deutlich. In einer Studie die das ifo-Institut für den VDA (ifo 2017) durchgeführt hat, wurde untersucht, wie sich ein Zulassungsverbot für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Jahr 2030 auf die Beschäftigung in Deutschland auswirken würde.¹⁹ In der Studie prognostiziert das ifo Institut, dass von einem Verbot von Verbrennungsmotoren ein Produktionswert in Höhe von 212,8 Milliarden € bzw. 15 % der wertmäßigen deutschen Industrieproduktion (Jahr 2015) betroffen wäre. Produktarten, die direkt auf Pkw und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor zurückgehen, tragen zu 9 % (35,7 Milliarden €) zur industriellen Wertschöpfung in Deutschland bei (ifo 2017: 19). Zudem wären demnach 457.000 Beschäftigte direkt betroffen; dies entspricht 7,5 % der deutschen Industriebeschäftigten. Wenn auch indirekte Auswirkungen mit einbezogen werden, erhöht sich die Zahl auf 620.000 Beschäftigte (ifo 2017: 22). Die Studie verweist des Weiteren darauf, dass insbesondere kleinere Zulieferunternehmen vor besonderen Herausforderungen stehen werden, da ihre Anpassungskapazität als gering eingeschätzt wird u.a. aufgrund fehlender FuE-Aktivitäten. Die konkreten Wirkungen eines Zulassungsverbots hängen jedoch von verschiedenen Faktoren ab, deren Prognose und Abschätzung hochgradig unsicher sind (Zeitpunkt und konkretem Inhalt der Regulierung oder möglichen Ausnahmen beispielsweise für Hybridfahrzeuge). Zudem müsste berücksichtigt werden, wie sich das Wettbewerbsumfeld verhält, welche internationalen Regulierungen bzw. Mindeststandards auf Leitmärkten zum Tragen kommen und wie es um die Anpassungskapazität der deutschen Automobilindustrie steht.

¹⁹ Es ist nicht unbedingt absehbar, dass es zu einem Verbot des Verbrennungsmotors kommt. Andererseits würden ähnliche negative Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte auch auftreten, wenn es zu einem schnellen Durchbruch der Elektromobilität käme. Einige Studien kommen in diesem Kontext zu dem Ergebnis, dass disruptive Entwicklungen möglich oder gar erwartbar seien – ganz unabhängig von weitreichenden regulatorischen Eingriffen (Arbib, Seba 2017, Schneider, Groesser 2013).

Diesen potentiell erheblich negativen Bruttoeffekten im Bereich der Verbrennungsmotoren stehen auch positive Effekte durch neue Beschäftigung und Wertschöpfung im Bereich der Elektromobilität gegenüber. Das Fraunhofer ISI (2017) geht beispielsweise davon aus, dass Deutschland beim Verkauf von Elektrofahrzeugen einen Marktanteil von weltweit fast 20 % hat. Wenn dieser Marktanteil im sich entwickelnden Markt gehalten werden kann, seien positive Beschäftigungseffekte zu erwarten.²⁰ Zudem prognostiziert das Fraunhofer ISI, dass sowohl bei der Produktion von PHEV als auch BEV ähnliche Wertschöpfungseffekte erzielt werden können, wie es bei den konventionellen Fahrzeugen heute der Fall ist. Diese Feststellung erscheint erstaunlich, wenn man sich den grundlegenden Wandel der Wertschöpfung bei batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen veranschaulicht (siehe vorangegangenen Abschnitt). Dies gilt insbesondere auch in Verbindung mit den in Deutschland nicht vorhandenen Kernkompetenzen mit Blick auf Batterien als auch auf batterieelektrische Antriebe. Einschränkend verweisen die Autoren auch darauf, dass sich die Situation anders darstellen würde, wenn PHEV beispielsweise aus Klimaschutzgründen verboten werden würde. Ebenso verweisen sie auf den Handlungsbedarf, dass die Schlüsseltechnologien (u.a. Batterie) entsprechend entwickelt werden.

Das Büro für Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages (TAB) hat die Auswirkungen einer teilweisen Verdrängung von konventionellen Fahrzeugen durch Elektrofahrzeuge analysiert. Demnach ergibt sich ein zusätzliches Wirtschaftswachstum um 0,8 % bis 2030 und ein Beschäftigungswachstum von etwa 30.000 Personen gegenüber einem Referenzszenario ohne Elektromobilität (Peters et al 2012). Zu beachten ist aber auch, dass Qualifikationen und Wissen durch den Strukturwandel hin zur Elektromobilität entwertet werden können (Gropp, Peitsmeier 2016). Schade et al. (2014) hat ebenso für das TAB eine Studie erstellt. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass, je nach Annahmen, leicht positive aber auch leicht negative Beschäftigungseffekte möglich sein können. Negative Beschäftigungseffekte im Automobilsektor werden vor allem dann erwartet, wenn ein verändertes Mobilitätsverhalten unterstellt wird. In einer Studie von Spath et al. (2013) wird eine stabile Zunahme der Gesamtbeschäftigung von Antriebsstrangherstellern in allen betrachteten Szenarien vorausgesagt (Nettoeffekte). Es werden jedoch massive Verschiebungen bei den Zuliefererunternehmen erwartet. Die Internationale Energieagentur (IEA 2016) verweist darauf, dass es für positive Effekte entscheidend ist, wie und dass sich die OEM auf die Veränderungen einstellen und Wertschöpfung im Lande gehalten wird. Zudem wird die Verbindung zur Energiewirtschaft betont, auch dort können neue energiewirtschaftliche Dienstleistungen (Sektorkopplung) erbracht werden.

- Es bleibt festzuhalten, dass ein Großteil der betrachteten Studien einen ausgeglichenen oder sogar positiven Nettoeffekt auf die Wertschöpfung und Beschäftigung in der Automobilindustrie durch die Umstellung auf die Elektromobilität erwarten. Dies sollte jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass mit der Umstellung ein erheblicher struktureller Wandel verbunden ist. Negative Bruttoeffekte sind zu erwarten und die betroffenen Beschäftigten und Unternehmen müssen erhebliche Anpassungsleistungen erbringen.

20 Dabei wird davon ausgegangen, dass unter Elektromobilität folgende Antriebe gefasst werden: Elektromobilität: Reine Batteriefahrzeuge (BEV= Battery Electric Vehicle) und PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) also hybride Elektrofahrzeuge, die auch über das Stromnetz geladen werden können. Das Fraunhofer ISI verweist zudem darauf, dass bei den PHEV Antrieben die deutsche Expertise (Verbrennungsmotor) sehr hoch ist und damit durchaus Wettbewerbsvorteile bestehen.

5.2.3. Zwischenfazit

Die Analysen machen deutlich, dass die Automobilindustrie wichtig für den Industriestandort Deutschland und die Beschäftigung hierzulande ist. Die dargestellten Zahlen verdeutlichen, welche Herausforderungen im Kontext des Strukturwandels der Automobilindustrie existieren. Auf der technischen Ebene ist festzustellen:

- Die Wissensbasis bzgl. neuer Antriebskonzepte ist bei den Automobilkonzernen vorhanden, hingegen scheint die Vermarktung bzw. der Wille zur Vermarktung das Problem darzustellen.
- Der Umstieg auf die Elektromobilität ist insbesondere mit Blick auf den Antriebsstrang und die Batterie mit erheblichen Herausforderungen verbunden. Der Bedeutungszuwachs der Batterie für die Wertschöpfung macht deutlich, dass es in Deutschland erhebliche Anpassungsreaktionen geben muss.
- In den angeführten Studien liegt der Fokus ganz überwiegend auf der Veränderung der Antriebe und im Gegensatz zur Studie des Fraunhofer ISI und der weiteren dargestellten Studien gehen wir davon aus, dass es nicht das Ziel einer Verkehrswende sein kann, das Verkehrssystem insgesamt mehr oder weniger unangetastet zu lassen und letztlich nur die Antriebe „auszuwechseln“ (siehe Kap. 6).

5.3. Digitalisierung und automatisiertes Fahren

Die digitale Transformation erfasst auch den Bereich Mobilität. Sowohl die Produktion von Gütern als auch Geschäftsmodelle verändern sich. Für die Bereitstellung digitalisierter Mobilitätsangebote werden Kompetenzen benötigt, die nicht originär in der Automobilindustrie liegen, sondern vielmehr bei IT-Unternehmen. In der Folge verändert sich die Akteurslandschaft in der Branche und etablierte OEMs geraten zunehmend unter Druck.

Neben der zunehmenden Rolle von Internet und Software im Fahrzeug wird auch damit gerechnet, dass das vernetzte Fahren neue Anforderungen stellt und Connectivity Spezialisten zunehmend eine Rolle spielen. Wertschöpfungspotenziale werden dabei vor allem bei Unterhaltungs- und Mediendiensten gesehen, den digitalen Bürodienstleitungen- aber auch Dienstleistungen wie Echtzeitdiagnosen und aktueller Fahrzeuginformationen. In der Summe wird deutlich, dass sich Wertschöpfungsanteile der Elektronik und Software sowie Unterhaltungsdienstleistungen rund um das Auto deutlich wachsen werden. Cloud Anwendungen und Big Data Analytics werden auch für die Automobilindustrie zunehmend relevant und damit verbunden auch Kompetenzen im Bereich Datensicherheit. Auf diesen Feldern bauen Automobilindustrie und Zulieferer ihre Kompetenzen derzeit intensiv aus, dennoch ist es gegenwärtig unklar, wie sich die Wettbewerbs- und Konkurrenzverhältnisse zu den großen Tech-Playern entwickelt werden. Eine verbreitete Negativvision für die Automobilindustrie ist, dass sie in der Rolle der Hardwareproduzenten verharren und damit von wesentlichen Wertschöpfungsprozessen ausgeschlossen werden, die dann von der Tech-Industrie angeeignet werden (McKinsey 2016a).

Experten erwarten, dass zukünftige Geschäftsmodelle im Mobilitätsbereich weniger auf dem Fahrzeugverkauf an sich, sondern dem Verkauf nachgelagerter Dienstleistungen beruhen werden (Schneider, Groesser 2013). Neben der zunehmenden Verbreitung der Elektromobilität wird dabei die Digitalisierung und Vernetzung sowie das autonome Fahren eine große Rolle spielen (BVDW

2015). Denkbar sind beispielsweise Modelle, in denen den Kunden Mobilitätsdienstleistungen angeboten werden und kein Kauf eines kapitalintensiven Automobils mehr notwendig ist (Vernetzte Car-sharing-Anbieter, Mobilitätsplattformen wie Uber, die zukünftig auch mit autonom fahrenden Autos agieren könnten etc.). Dies könnte die Automobilhersteller zu Zulieferern der Mobilitätsanbieter werden lassen und so zu einem steigenden Wettbewerbsdruck und sinkenden Margen führen (Roland Berger 2016, Freitag 2016). Auch die Bedeutung der Infrastruktur und der Infrastrukturanbieter und -betreiber wird zunehmen. Für die Mobilitätskonzepte der Zukunft sind vielfältige Leistungen der Infrastrukturen zum Datentransfer, zum autonomen Fahren und der Verkehrssteuerung sowie zur Energieverteilung (Laden der Elektromobile), erforderlich (Roland Berger 2016).

Neue Wettbewerber

Diese Entwicklung bietet große Chancen für diejenigen Unternehmen, denen es gelingt, sich technologisch an der Spitze zu positionieren. Eine Herausforderung für die Automobilindustrie ist es auch hier, dass insbesondere Kompetenzen benötigt werden, die in der Domäne von Tech-Unternehmen angesiedelt sind, vor allem bei der Erhebung und Auswertung von Daten und der Entwicklung selbstlernender und adaptiver Algorithmen („Künstliche Intelligenz“). Zunehmend werden also Kompetenzen auf Feldern wichtiger, in denen sich andere Unternehmen außerhalb der Automobilindustrie Spitzenpositionen erarbeitet haben. Wettbewerbsgefüge und -intensitäten verändern sich und Automobilunternehmen geraten unter Druck (Roland Berger 2016).

Neue Geschäftsmodelle

Für den digitalisierungsgetriebenen Umbau der Produktion („Industrie 4.0“) scheint die deutsche Automobilindustrie generell gut gerüstet zu sein. Allerdings wird davon ausgegangen, dass kleinere Zulieferer möglicherweise vor Problemen stehen und es zu einer Konzentration der Wertschöpfung auf Seiten der größeren Zulieferer kommt. Die sehr viel größere Herausforderung der Digitalisierung für die Automobilindustrie ist hingegen, dass auch in den Produkten und Mobilitätsdienstleistungen die Relevanz von Elektronik und Software deutlich zunehmen wird. Es wird erwartet, dass es durch neue Produkte zu einer weiteren Ausdifferenzierung des Angebots kommt und sich Hersteller wie Zulieferer neuen Kundenbedürfnissen gegenübersehen, mit denen sie zum Teil bisher wenige Erfahrungen haben. Es wird davon ausgegangen, dass die Bedeutung des Autos selbst mit seinen technischen Ausstattungsmerkmalen sinken wird, während das Mobilitätserlebnis als Teil eines individualisierten Lifestyles für Konsumenten relevanter wird. Auf diese Konsumentenbedürfnisse eingehend, werden neue Geschäftsfelder und Dienstleistungen um die Mobilität bzw. die Automobilität herum entwickelt (Spath et al 2013).

Im neuen System wird ein starker Wettbewerb, der zu niedrigen Kosten führt, in Gang gesetzt. Dies bedeutet in der Folge auch, dass sich neue Geschäftsmodelle herausbilden werden. Traditionelle Automobilunternehmen werden zu „Hardwareproduzenten“ (bei allerdings deutlich geringeren Volumina), während System- bzw. Plattformanbieter die Fahrzeugflotten managen werden. Die Rolle der öffentlichen Transportunternehmen wird sich dramatisch verändern, sie werden, so das Szenario, weniger Fahrzeuge besitzen und managen, sondern werden einen allgemeinen Zugang zu billigem Transport ermöglichen.

Die Unternehmensberatung KPMG skizziert künftige typisierende Geschäftsmodelle im Kontext der Mobilität als (KPMG 2015):

- Ein „metalsmith“ Szenario, in welchem der Fokus auf die Produktion der hardware gelegt wird, Automobilhersteller bleiben der Produktionsphäre verhaftet.
- Ein „gridmaster“ Szenario, in welchem die Wertschöpfung neben der Produktion zunehmend aus dem digitalen Ökosystem generiert wird.

Zwischen den beiden Szenarien existiert eine Vielzahl möglicher Überlappungen. Es wird zudem darauf verwiesen, dass noch in keiner Weise klar ist, welche Rolle die Tech-Unternehmen im gridmaster Szenario einnehmen werden.

In einer Studie von McKinsey wird darauf verwiesen, dass die Stellung der Tech-Unternehmen mit Blick auf Marktkapitalisierung der Automobilindustrie bei Weitem überlegen ist und somit auch die Handlungsfähigkeit in den unterschiedlichen Bereichen bei Weitem höher ist. Mithin ist nach McKinsey nicht zu erwarten, dass die Automobilhersteller in der Lage sein werden, in die Domänen der Tech Industrie einzudringen, vielmehr wird es ggf. Kooperationen oder auch Spezialisierungen geben (McKinsey 2016b).

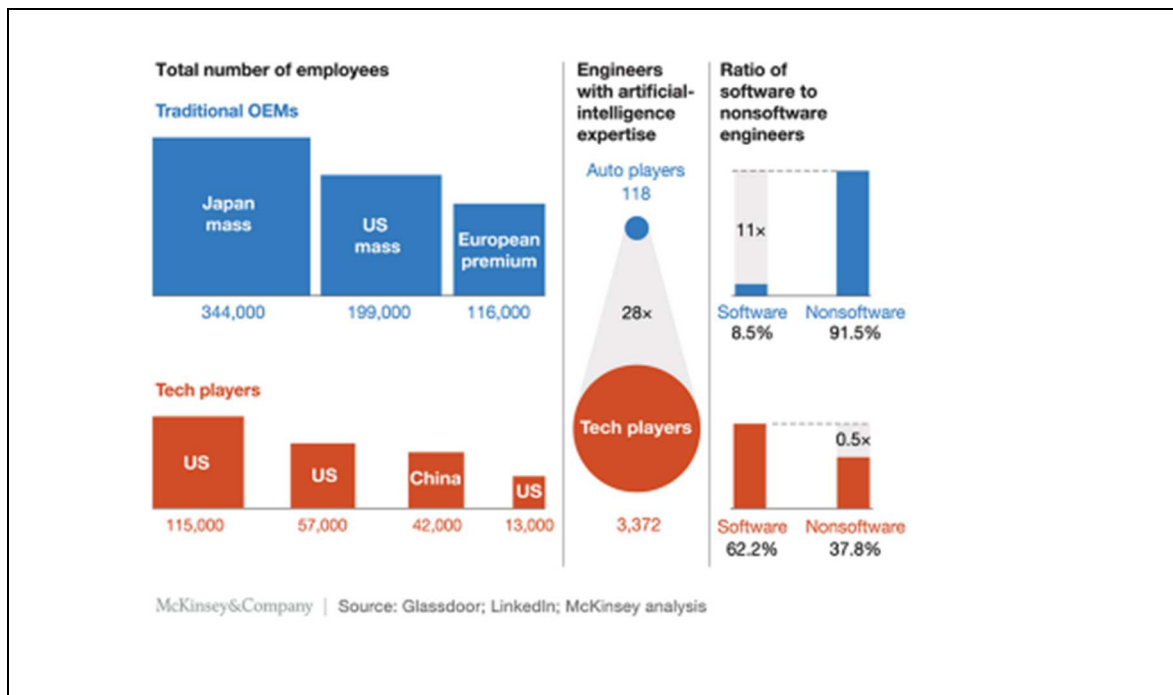


Abb. 5-3: Tech-Unternehmen haben weniger Angestellte und mehr Softwareentwickler. Sie sind in einer besseren Position hochqualifizierte Ingenieure zu binden

Quelle: McKinsey 2016b.

Die Abbildung (Abb. 5-3) verdeutlicht den Abstand zwischen den Automobilkonzernen und den Tech Unternehmen mit Blick auf Software und KI-Expertise, die für die zukünftigen mit der Mobilität verbundenen, hybriden Märkte entscheidend sein werden. Ausgehend davon, dass die Bedeutung von Software im Zuge der Digitalisierung allgemein deutlich zunehmen wird, haben die Tech-Unternehmen einen wichtigen Vorteil in der weiteren Entwicklung. Entscheidend wird es sein, wie sich die deutsche Automobilindustrie im Rahmen der veränderten Wettbewerbslandschaft strategisch verorten wird.

Zwischenfazit und Ausblick

Die dargestellten Entwicklungen machen deutlich, dass die Automobilindustrie vor erheblichen Herausforderungen steht, die die grundlegenden Geschäftsmodelle in Frage stellen. Die Szenarien bewegen sich in dem Spannungsverhältnis von evolutionären bis disruptiven Entwicklungen. Anzumerken ist dabei, dass technologische Treiber als mitentscheidende Treiber angesehen werden und zugleich Technologieförderpolitiken eine wichtige Rolle spielen werden. Klimapolitik wird dabei keineswegs als alleiniger Treiber angesehen. Digitalisierung und autonomes Fahren werden als zentrale Treiber des Transformationsprozesses angesehen, die nicht nur die Produktion beeinflussen, sondern auch zu einer Veränderung der Nachfrage führen.

Mit Blick auf die Nachfrageseite (also der Konsumenten) wird davon ausgegangen, dass es zunehmend weniger um den Kauf eines Automobils geht, sondern um den Zugang zur Mobilität. Damit geht die Erwartung einher, dass eine Hinwendung zu automobilunabhängigen Produkten und Services erfolgt. Also die Nachfrage nach solchen Dienstleistungen steigt, die nicht direkt mit der Mobilität verbunden sind und es werden damit neue Einkommensströme generiert. Es wird davon ausgegangen, dass das mit der Mobilität verbundene digitale Ökosystem in Zukunft höhere Einnahmequellen generieren wird als die Hardware des Autos.

In diesem Kontext wird die Rolle der Politik wichtig sein, denn im Bereich des autonomen Fahrens ist ein internationaler Technologiewettbewerb zu erwarten. Zum einen sollten Innovationsfördermittel für die Entwicklung von selbstfahrenden Autos bereitgestellt und zum anderen sollten Rahmenbedingungen für eine schnelle Umsetzung der neuen Technologien geschaffen werden. Es wird davon ausgegangen, dass bereits in Kürze voll autonome Fahrzeuge zugelassen werden.

Es besteht mithin ein großes Interesse der nationalen Regierungen daran, die Technologieführerschaft zu erreichen und damit die eigenen Unternehmen zu befördern. Aber auch weitere Ziele sollen damit erreicht werden. So sollen beispielsweise Produktivitätsgewinne sichergestellt, Konsumentenrenten erschlossen und gerade in den Städten die Lebensqualität verbessert werden.

5.4. Szenarien für die Automobilindustrie

Die Automobilindustrie in Deutschland hat im Wesentlichen an der Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors gearbeitet, auch um die eigenen Vorteile dieses technologischen Pfades gegenüber Wettbewerbern zu nutzen. Wie an anderer Stelle erwähnt, wurden Forschung und Entwicklung alternativer Antriebsformen durchaus vorangetrieben, allerdings haben diese nicht oder doch nur sehr begrenzt im Markt an Relevanz gewonnen. Im Grundsatz sollte die bestehende technologische Trajektorie beibehalten werden und man ist davon ausgegangen, dass sich alternative Antriebe zu mindestens kurz bis mittelfristig nicht durchsetzen werden. Es wurde und wird zum Teil noch immer davon ausgegangen, dass die Optimierungsmöglichkeiten dieser Antriebsarten noch nicht erschlossen sind und dass die Umweltregulierungen auch in der Perspektive einhaltbar seien. Zugleich konnte durchaus zu Recht unterstellt werden, dass sie Elektromobilität, mithin eine neue technologische Trajektorie, sich eher langsam verbreiten würde, da einerseits die Kosten der Fahrzeuge weiterhin hoch sind und andererseits, weil für die Durchsetzung der Elektromobilität die Infrastrukturen überhaupt erst entwickelt werden müssen. Insofern haben sich die Automobilkonzerne im vermeintlichen eigenen Interesse eher zurückhaltend mit der Elektromobilität befasst. Diese Auffassung

wurde durchaus auch von unterschiedlichen Analysten geteilt, die überwiegend erst mittel- bis langfristig einen Übergang zur Elektromobilität erwarten bzw. erwartet haben. So hat in jüngster Zeit die Deutsche Bank Research (2017) nochmals einen Bericht veröffentlicht, der im Hinblick auf die Chancen der Elektromobilität eher zurückhaltend war. Unter anderem wurde darauf hingewiesen, dass gegenwärtig der Verkauf von Elektroautos vielfach entscheidend von Subventionen abhängt. Allerdings existieren auch Studien, die die Chancen der Elektromobilität sehr viel höher einschätzen. Diese Studien waren dabei nicht vordergründig umweltpolitisch motiviert, sondern versuchen die technologischen und regulatorischen Dynamiken zu analysieren und ihre Wirkung abzuschätzen.

Um die großen Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung des Verkehrs- und Automobilssektors abzubilden, werden daher im Folgenden zwei Szenarien dargestellt: Zum einen die Durchsetzung der Elektromobilität im Rahmen einer Antriebswende (Szenario 1). Dies wird ergänzt um ein Szenario, in welchem Digitalisierung und autonomes Fahren voll durchschlagen, Transport als Service aufgefasst wird und sich die Geschäftsmodelle der Automobilkonzerne wesentlich ändern (Szenario 2).

5.4.1. Szenario 1: Antriebswende – Durchsetzung der Elektromobilität

Das Szenario einer Antriebswende ist in einer Analyse der UBS (2017) umfangreich dargestellt worden. Es dient hier daher als Grundlage für die Analyse. Grundaussage des Szenario ist es, dass ab ungefähr 2020 der Anteil der Elektroautos weltweit deutlich zunehmen wird (siehe **Abb. 5-4**). Dabei wird eine Entwicklung ähnlich einer, aus der Technologie-Bewertung bekannten, sogenannten S-Kurve unterstellt. Bei der Diffusion neuer Technologien ist in der Regel ein S-förmiger Verlauf festzustellen, wobei zunächst eine langsame Marktdurchdringung erfolgt, die ab einem bestimmten Zeitpunkt stark ansteigt, bevor sie schließlich wieder abflacht. Es wird in der UBS-Analyse angenommen, dass 2020 der steile Teil der S-Kurve beginnt, die Marktdurchdringung (Anteil der Elektroautos weltweit) deutlich steigen wird. Es wird unterstellt, dass diese Entwicklung in Europa deutlich stärker in Erscheinung tritt als in den USA oder China bzw. dem globalen Durchschnitt. Die Entwicklung auf den drei Märkten USA, China und insbesondere Europa ist für die deutsche, auf Export ausgerichtete, Automobilindustrie von besonderem Interesse, da diese die wichtigsten Automobil-Märkte darstellen (VDA 2016).

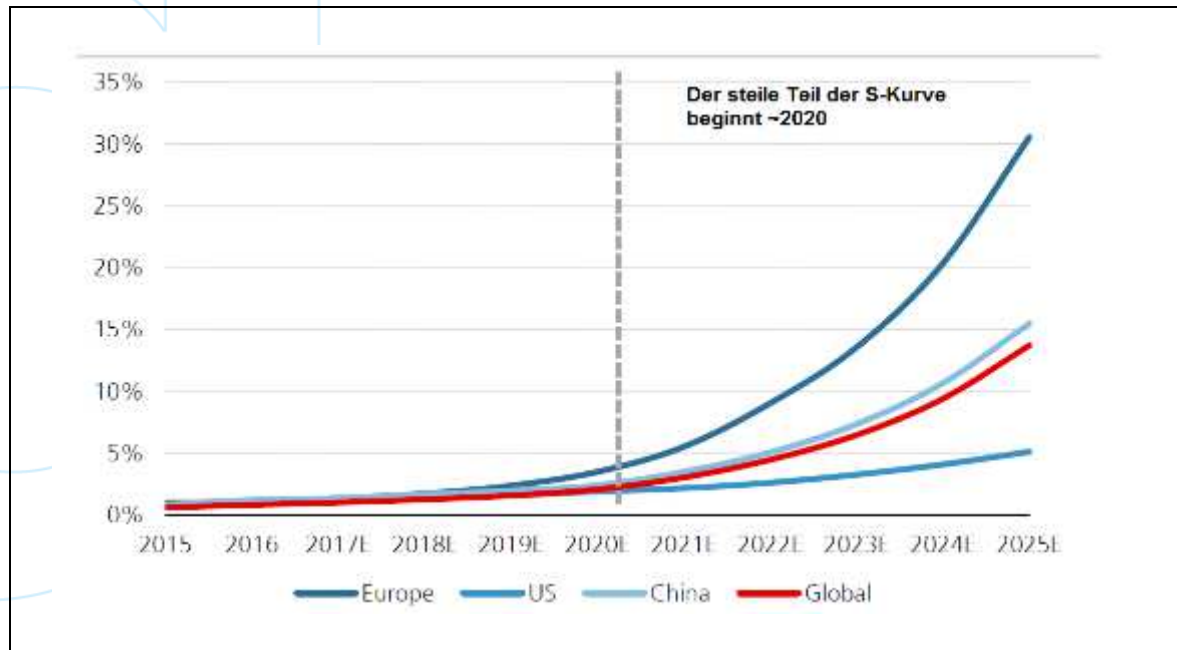


Abb. 5-4: Prognose zu den Anteilen der Elektromobilität nach Weltregionen.

Quelle: UBS 2017: 5.

UBS nimmt dabei auch Sensitivitäten mit in Betracht und analysiert einen Best- und einen Worst-Case:

- In der optimistischen Version wird davon ausgegangen, dass im Jahre 2025 etwa 24,2 Millionen Elektromobile verkauft werden dies entspricht 23 % der globalen Autoverkäufe. Dieses optimistische Szenario hängt aber entscheidend davon ab, inwieweit es entsprechende starke politische Unterstützung gibt und die Preise fossiler Kraftstoffe deutlich steigen.
- In der pessimistischen Version werden Elektroautos nur einen Anteil von 5,5 % im Jahre 2025 haben (5,7 Mio. EV). Dieses Szenario ergibt sich durch eine geringe politische Unterstützung, niedrige fossile Kraftstoffpreise und schwache Reaktion der Konsumenten aufgrund hoher Preise der Elektroautos.

Für die USA wird sehr zurückhaltend argumentiert und es wird davon ausgegangen, dass Elektroautos über längere Zeit im Wesentlichen das Zweitmobil stellen werden.

Generelle Erwartungen über die Marktdurchdringung von Elektroautos:

UBS geht davon aus, dass die „total cost of ownership“ (TCO)²¹ zwischen Elektromobil und Verbrennungsmotor sich zunehmend annähern, wobei davon ausgegangen wird, dass dies in Europa bereits im Jahre 2018 der Fall sein könnte (dies insbesondere aufgrund der hohen fossilen Kraftstoffkosten), in China im Jahre 2023 und in den in den USA etwa ab dem Jahr 2025). Diese Abschätzung beinhaltet keine weiteren möglichen Politikmaßnahmen, wie beispielsweise Anreize zum Kauf oder andere

²¹ TCO setzt sich zusammen aus den Kosten für das Automobil, den Unterhaltungskosten und beschreibt damit, welche Kosten für den Konsumenten anfallen.

Subvention. Die „true cost parity“, also der Moment in dem die OEMs mit Elektromobilität Geld verdienen, wird allerdings etwas später erreicht (Europa 2023, China 2026, USA später) (UBS 2017).

5.4.2. Szenario 2: Disruption – „Transport als Service“ als neues Geschäftsmodell

Das zweite Szenario geht von der beschriebenen Möglichkeit der Disruption in der Automobilindustrie aus. Die Disruption wird im Wesentlichen durch zwei Dynamiken ausgelöst, einerseits durch die fortschreitende Digitalisierung und andererseits durch die Marktdurchdringung des autonomen Fahrens. Die Elektromobilität spielt eine untergeordnete Rolle, ist aber als Dynamik Teil des Szenario 1.

Eine Studie von Arbib und Seba (2017) geht davon aus, dass sich die aktuellen technologischen Dynamiken disruptiv auf das bestehende Mobilitätssystem und insbesondere für die Automobilhersteller auswirken. Die Autoren verweisen auf eine Reihe von Beispielen, wie das Smartphone oder die Digitalkameras, bei denen sich die Marktverhältnisse innerhalb kürzester Zeit völlig gewandelt haben und die incumbents vom Markt verschwunden sind, da sie in den alten Technologien und Geschäftsmodellen verhaftet waren. Wie an den Beispielen deutlich wird, sind die Digitalisierung und damit ermöglichte neue Geschäftsmodelle wesentliche Treiber. Die Durchsetzung von Technologien hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Die Autoren gehen davon aus, dass sich unterschiedliche Dynamiken gegenseitig verstärken und sich die Marktdurchsetzung der autonomen Elektromobilität zunehmend beschleunigt (S-förmige Kurve).

Auslöser der Disruption ist in diesem Szenario die Entwicklung von autonomen Fahrzeugen, die eng mit der Entwicklung von Elektrofahrzeugen in Zusammenhang gebracht wird. Damit geht der Übergang von dem Besitz eines Fahrzeugs hin zur Nutzung einer Dienstleistung einher („Transport als Service“). Diese Entwicklung wird vor allem durch eine umfassende Kostenersparnis ausgelöst, die im Dienstleistungsmodell möglich wird. Die Autoren gehen davon aus, dass Anbieter über Flotten von autonomen, elektrisch betriebenen Fahrzeugen verfügen, die die Transportdienstleistung im Vergleich zum gegenwärtigen Modell zu deutlich niedrigeren Kosten bei gleichzeitig besserem Service (schnellere Transporte, erhöhte Sicherheit) erbringen können.

Als zentraler Treiber der Entwicklung wird dabei die umfassende Kostenreduktion für die Nachfrager angesehen, die dazu führt, dass überholte Konsumentengewohnheiten (Besitz eines Fahrzeugs, Freude am Fahren, Zurückhaltung gegenüber mitfahrenden Fremden) überwunden werden und sich das neue Modell des Transports (Transport als Service) durchsetzen wird. Mithin geht es dann nicht mehr um das Ersetzen eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor durch ein Elektroauto, da sich der Besitz eines Fahrzeugs erübrigt. In ihrem Szenario gehen Arbib und Seba (2017) davon aus, dass es ab dem Zeitpunkt, an dem die Regulierungsbehörden vollständig autonome Fahrzeuge genehmigen, etwa zehn Jahre dauert, bis 95% der Fahrleistungen durch diese neuen Transportdienstleister erbracht werden.

Die Gründe für die Kostenreduktion:

- Die Fahrzeuge werden 2,5 Mal mehr Kilometer zurücklegen als ein normales Auto, womit sich die Abschreibungen deutlich reduzieren.
- Unterhaltungs- und Wartungskosten werden deutlich reduziert.

- Autonome Elektrofahrzeuge sind deutlich verlässlicher und effizienter als Benzinfahrzeuge (deutlich geringere Finanzierungskosten und Unterhaltungskosten ebenso deutlich geringere Versicherungskosten und Energiekosten)
- Zusätzliche Einkommensquellen durch die Nutzung autonomer E-Fahrzeuge:
 - Unterhaltung, Werbung, monetäre Sicherung von Daten, Verkauf von Essen und Trinken.
 - Service für das Energiesystem: im Prinzip können die Fahrzeuge auch als Speicher genutzt werden.
 - Wiederverwendung der Batterien: nach der Nutzung im Automobil können die Batterien als Energiespeicher genutzt werden.
 - Effizienzgewinne im Design und der Herstellung der autonomen Elektrofahrzeuge: Kosteneffektivität der Lieferketten.
 - Geringere Herstellungskosten und mehr zurückgelegte Meilen je Fahrzeug.

Die Unterscheidung zwischen öffentlichem und privatem Transport löst sich zunehmend auf, unter den genannten Bedingungen werden die Elektromobile vielfältiger. Es ist auch denkbar, dass die Kosten für die Verbraucher gegen null gehen, wenn beispielsweise andere Einnahmequellen generiert werden können.

Durch einen Kostenrückgang auf Seiten der Nachfrage ist auch ein Umsatzrückgang für die Automobilindustrie verbunden.

5.5. Neues Selbstverständnis der Automobilindustrie – Aktuelle Anpassungsmaßnahmen

Das Selbstverständnis der Automobilhersteller befindet sich im Wandel. Grund sind insbesondere die in dieser Studie dargestellten Veränderungen und Herausforderungen im Bereich Mobilität. Unternehmen definieren sich zunehmend weniger als Hersteller von Produkten und vielmehr als Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen, wie folgende Auflistung exemplarisch verdeutlicht:

- Daimler: Zusammenführung von vier Zukunftsfeldern in der Strategie CASE: Vernetzung (Connected), autonomes Fahren (Autonomous), flexible Nutzung (Shared) und elektrische Antriebe (Electric).²²
- BMW: Konzernstrategie „Number one next“. Diese soll BMW von einem Hersteller von Premium-Automobilen zu einem Anbieter von Premium-Mobilitätsdienstleistungen umbauen.²³

²² Eigene Darstellung von Daimler unter: <https://www.daimler.com/innovation/specials/elektromobilitaet/case.html>
²³ BMW Group Investor Presentation. https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmw-group.com/ir/downloads/en/2016/investorenpr%C3%A4sentation/BMW_Investor_Presentation_September_2016.pdf.

- VW: Zukunftsprogramm „Together – Strategie 2025“. Auch hier steht die Entwicklung von Mobilitätsdienstleistungen im Mittelpunkt der Strategie.²⁴

Es wird deutlich, dass von der Automobilindustrie anerkannt wird, dass sich Geschäftsmodelle verändern müssen und in der Branche ein erheblicher Veränderungsdruck wirkt. Gleichwohl ist festzustellen, dass noch große Unsicherheiten im Hinblick auf zukünftige Geschäftsmodelle existieren. Die Herausforderung wurde von Dieter Zetsche (Daimler) zumindest abgrenzend herausgestellt: "Wir wollen keine Auftragsfertiger wie Foxconn werden".²⁵

Der Vizepräsident von General Motors (Abteilung Urban Mobility) verweist auf die sich verändernden Anforderungen beispielsweise mit Blick auf New York: „The whole idea of owning a car, parking it for \$1.000 a month, and not using it 95% of the time is ludicrous.“ (Putre L. 2017). Im Gleichklang verweist auch der Vorsitzende der Ford Motor Company (Bill Ford) darauf: „Everything about our business is changing.“

Automobilhersteller experimentieren bereits heute mit unterschiedlichen Geschäftsmodellen, um herauszufinden, was ihre Rolle jenseits der Herstellung von Automobilen und deren Verkauf sein könnte. Die Branche befindet sich offensichtlich in der Zeit einer Repositionierung und Neuerfindung. Vielfältige neue Kooperationen werden derzeit umgesetzt zur Realisierung von Sharing, E-Mobilität und selbstfahrenden Autos. Diese Veränderungen sollen nachfolgend anhand einer exemplarischen Betrachtung verdeutlicht werden.

Die Millennials, als eine der zentralen zukünftigen Kundengruppen der Automobilindustrie, nutzen überdurchschnittlich oft die neuen Mobilitätsservices von Uber, Lyft und Zipcar. Für die USA ist festzustellen, dass diese neuen Mobilitätsnutzer in der Regel noch ein Auto pro Haushalt haben, verglichen zum nationalen Durchschnitt von zwei Autos. So ist es nicht überraschend, dass die Automobilhersteller sich auch auf diesem Feld engagieren: General Motors hat 500 Millionen Dollar in Lyft investiert, Ford kooperiert mit Motivate, einem „bike sharing“-Startup, und hat einen „on demand bus sharing“-Service in Kansas City gestartet. Mit Kooperationen und Geschäftsmodellen dieser Art geht die Entwicklung neuer Geschäftseinheiten und Marken einher, um direkte Beziehungen zu den Nutzern aufzubauen. Das Grundprinzip der neuen Einheiten lässt sich paraphrasieren als Meilen statt Automobil. Mobilitätsdienstleistung werden wichtiger als der Besitz eines Automobils. Beispielprojekte für diese Entwicklung sind Ford „Smart Mobility“, GM „Maven“, Volvo „Lynk &Co“, Daimler „Moo-vel“, BMW „Reach Now“ sowie VW „Moia“.

Das Ziel eines solchen Geschäftsmodells ist der Erhalt traditioneller Zuliefererketten. Beispielsweise tritt Ford weiterhin als Produzent und Verkäufer der Autos auf. Zusätzlich wird die Nutzung des Fahrzeugs über Fords „Smart Mobility“ umgesetzt. Um ein solches Zusammenspiel zu ermöglichen, müssen Automobilhersteller Expertise auf Gebieten entwickeln, die außerhalb ihrer traditionellen Kernkompetenzen liegen.

Für die Automobilhersteller gestaltet es sich schwierig, die für den Wandel notwendigen Kernkompetenzen selbstständig und inhouse zu entwickeln. Um erfolgreich zu sein, werden Partnerschaften mit neuen Akteuren eingegangen. Beispiele für Kooperationen sind (WiWo 2017):

²⁴ Eigendarstellung der Volkswagen Aktiengesellschaft: <https://www.volkswagenag.com/de/group/strategy.html>
²⁵ Süddeutsche Zeitung vom 14.09.2015.

- Connected Cars Service Providers: Kooperation von Ford und BlackBerry sowie Renault und Microsoft;
- Ride und Car Sharing: Kooperationen von GM und Lyft; VW und Gett sowie BMW und Ridecell;
- Autonome Fahrzeugentwickler: Kooperationen von GM und Cruise Automation, Volvo und Electrobit sowie BMW, Intel und Mobileye.

Allen Kooperationen ist gemein, dass Unternehmen aus sehr unterschiedlichen Branchen zusammenarbeiten. Zumeist kooperieren traditionelle Autohersteller mit Firmen aus der IKT-Branche sowie der Elektrotechnik. Perspektivisch noch wichtiger als heute werden Kooperationen zur Weiterentwicklung autonomer Fahrzeuge. Diese Technik stellt hohe Ansprüche an sowohl Hard- als auch Software. Die Kamertechnik der Firma Mobileye kommt bei einer Vielzahl von Autoherstellern in den Assistenzsystemen zum Einsatz. Im Softwarebereich ist vor allem die Auswertung der anfallenden Datenmengen eine Herausforderung. IKT-Konzerne wie Intel können auf umfangreiches Know-How in diesem Bereich zurückgreifen. Auch Technologien wie Künstliche Intelligenz kommen in autonomen Fahrzeugen zum Einsatz und könnten künftig auch dazu dienen, auf das persönliche Verhalten der Nutzer einzugehen. Zudem ergeben sich Anwendungsbereiche für Virtual Reality (VR)-Technologien, die beispielsweise zur persönlichen Konfiguration und einhergehender Produktvorschau in der künstlichen Realität eingesetzt werden könnten (WiWo 2017).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass ein Großteil der Autohersteller und insbesondere die deutschen Premium-Hersteller bereits heute mit neuen Anwendungen und neuen Geschäftsmodellen experimentieren.

5.6. Zwischenfazit

Das vorhergehende Kapitel hat einen Eindruck vermittelt, was neue Antriebskonzepte sowie Digitalisierung und automatisiertes Fahren für die deutsche Automobilindustrie bedeuten können. Es konnte aufgezeigt werden, dass die Entwicklungen eine enorme Anpassungsleistung seitens der deutschen Automobilindustrie erfordern. Welche Netto-Effekte die Anpassungen auf die Wertschöpfung- und Beschäftigung in Deutschland haben, kann heute noch nicht bewertet werden. Dass wesentliche Teile des Know-Hows im Bereich der Verbrennungsmotoren der Automobilkonzerne entwertet werden, gilt jedoch als sehr wahrscheinlich. Dies betrifft damit auch die Qualifikation vieler Beschäftigten. Dass diese negativen Effekte jedoch durch positive Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte ausgeglichen werden, ist ebenso möglich. Viele Studien zeichnen ein solches Bild. Das gleiche gilt für Anpassungseffekte im Bereich der Digitalisierung und des autonomen Fahrens. Diese bedrohen das zentrale Geschäftsmodell der Automobilkonzerne, eröffnen jedoch auch neue Möglichkeiten, insbesondere auch neue Beschäftigungsverhältnisse mit Qualifikationen im IT-Bereich. Inwiefern positive Netto-Effekte erzielt werden können, hängt damit vor allem von der Anpassungsfähigkeit der Automobilkonzerne ab. Der Politik kommt jedoch die wichtige Aufgabe zu, die Anpassungen durch struktur- und industriepolitische Maßnahmen zu begleiten.

Die dargestellten Szenarien verweisen darauf, dass disruptive Entwicklungen, insbesondere mit Blick auf den autonomen Verkehr, zunehmend für möglich gehalten werden und mithin das Geschäftsmodell der Automobilindustrie infrage steht. Verschiedene aktuelle Studien (z.B. von Roland Berger) weisen darauf hin, dass die disruptiven Potenziale der aktuellen technologischen Dynamiken hoch

sind. In dem von Roland Berger (2017) vorgelegten „Automotive Disruption Radar“, der die Felder Konsumentennachfrage, Regulierung, Technologie, Infrastruktur und Industrieaktivitäten analysiert, wird darauf verwiesen, dass insbesondere die asiatischen Länder (China, Singapur und Südkorea) erhebliche Dynamik mit Blick auf die Zukunft der Mobilität festzustellen sind. Dabei ist das Kundeninteresse hoch, die Technologieentwicklung in diesen Ländern macht Fortschritte und die Politik setzt einen effektiven regulatorischen Rahmen. Dies bedeutet, dass in diesen Ländern industriepolitische Ansätze verfolgt werden, die darauf abzielen, die Potenziale der aktuellen technologischen Dynamiken zu erschließen. Dies in einer Zeit, in der die deutsche Industrie und die deutsche Politik in starkem Maße mit den „Aufräumarbeiten“ des Diesel-Skandals befasst sind. In diesem Kontext erscheint es höchst dringlich, dass eine Langfriststrategie für eine zukunftsfähige Mobilität entwickelt wird und entsprechende auch regulatorische Vorgaben gemacht werden um einen nachhaltigen Strukturwandel zu unterstützen. Die Kriterien für erfolgreiche Prozesse der Bewältigung von Strukturwandel sind in Kapitel 4.1 skizziert worden. Dieser Strukturwandel betrifft dabei nicht allein die Automobilindustrie, sondern insbesondere auch die Regionen in denen die Automobilindustrie einen besonderen Stellenwert als Arbeitgeber hat. Insofern ist es essenziell, diese Strukturwandelsprozesse zu begleiten und zu unterstützen, auch durch weitgehende regulatorische Vorgaben, wie sie in wichtigen Märkten bereits vorangebracht werden. Es gilt mithin „Lead Märkte“ (vgl. Jacob et al. 2006, Mazzucato. 2016) zu entwickeln, in denen Anreize gesetzt werden, neue nachhaltige technologische Entwicklungen voranzubringen, die die Umweltherausforderungen bewältigen und zugleich technologische (auch digitale) Dynamiken in der konkreten Umsetzung in die Praxis zu unterstützen.

6. Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

6.1. Eine umfassende Mobilitätswende ist notwendig

Die deutsche Verkehrspolitik der letzten Jahrzehnte hat sich bislang als wenig erfolgreich erwiesen. Obwohl Ziele wie Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung und Erhöhung der Effizienz propagiert wurden, haben die Umweltbelastungen insbesondere mit Blick auf die Emission von Klimagasen zugenommen. Weil für die nächsten Jahre in allen einschlägigen Entwicklungsszenarien von einem weiteren Wachstum des Personen- wie auch Güterverkehrs ausgegangen wird, ist es entscheidend, nun wesentlich intensiver als bisher Maßnahmen für eine Verkehrswende zu forcieren. Eine wichtige Maßnahme für die Erreichung von Umwelt- bzw. Klimazielen ist der Übergang zur Elektromobilität. Anstrengungen in diese Richtung müssten allerdings sehr viel stärker als bisher begleitet werden von Maßnahmen der Verkehrsvermeidung. Nur auf diese Weise lassen sich in der Gesamtschau positive Effekte erreichen und von einer Verkehrswende sprechen. Eine Dekarbonisierung des Verkehrs durch eine Antriebswende hin zur Elektromobilität ist entscheidend, muss aber im Rahmen eines holistischen Ansatzes Teil einer umfassenden Verkehrswende sein, die in eine grundsätzlich andere Erfüllung sozialer Funktionen der Fortbewegung mündet. Nur so kann verhindert werden, dass durch Effizienzmaßnahmen ein weiteres Verkehrswachstum angeregt wird. Nicht nur Elektromobilität, auch ÖPNV-Angebote, Sharing-Angebote und Fahrradverkehr müssen gegenüber dem motorisierten Individualverkehr auf Basis des Verbrennungsmotors kostengünstiger beziehungsweise attraktiver werden. Insgesamt gilt es, die digitale Transformation mit einer vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) beschriebenen sozial-ökologischen Transformation zu verzahnen. Diese Aufgabe betrifft sämtliche Bereiche von Gesellschaft und Wirtschaft. Im Bereich Mobilität geht eine Mobilitätswende mit Herausforderungen auch für die deutsche Automobilindustrie einher. Problematisch ist, dass sich diese Industrie in den letzten Jahrzehnten als in ihren Strukturen sehr starr erwiesen hat. Bereits der Übergang zu alternativen Antriebskonzepten und der Sprung in die digitalisierte Mobilität gestalten sich als schwierig. Die Politik ist dazu aufgefordert, Rahmenbedingungen zu schaffen, welche erstens die Automobilindustrie in ihren notwendigen Veränderungsprozessen unterstützt, welche zweitens einen erfolgreichen Strukturwandel ermöglichen und welche drittens eine umfassende Mobilitätswende anstoßen, die auf eine Reduzierung des Fahrzeugbestands und der Fahrzeugkilometer abzielt.

Ansätze einer Mobilitätswende

Eine erfolgreiche Mobilitätswende bedarf der Verzahnung von technologischen und strukturellen Transformationen. Technologisch können Elektromobilität, Digitalisierung und selbstfahrende Autos Lösungsansätze für die Probleme des bestehenden Mobilitätssystems darstellen – jedoch *nur dann*, wenn diese Lösungsansätze mit sozialen und strukturellen Innovationen Hand in Hand gehen. Das Verkehrsaufkommen wird durch Car-Sharing und selbstfahrende Autos immer dann steigen, wenn die Fahrwege nicht geteilt werden. Es reicht somit nicht, dass der Privatbesitz eines Autos (auch als Statussymbol) durch Car-Sharing infrage gestellt wird, vielmehr muss der motorisierte Individualverkehr grundsätzlich abgelöst werden durch den Gebrauch von selbstfahrenden Kleinbussen etc. Nur

so kann das Verkehrsaufkommen reduziert werden. Wenn der Wandel, auch durch politische Strategien, nicht in eine solche Richtung gelenkt wird, könnte beispielsweise die Automatisierung des Verkehrs den ÖPNV, Fahrrad- und selbst Fußverkehr aushöhlen und negative Umwelteffekte bedingen. Weitergehende Maßnahmen, die beispielsweise auf eine Veränderung der gebauten Strukturen oder der sozialen Organisationen von Wirtschaft und Konsum abzielen, sollten ebenfalls in den Blick genommen werden. Ein solcher Zugang spiegelt sich auch in dem Leitbild „Stadt der kurzen Wege“ wider und ist in der Reichweite des Eingriffs in die gesellschaftliche Organisation sehr viel weitgehender.

6.2. Das Mobilitätssystem gerät stärker unter Druck

Mobilität lässt sich als ein sozio-technisches System verstehen. Elemente dieses Systems sind unterschiedliche Technologien, Infrastrukturen, gesetzliche Rahmenbedingungen, soziale Praktiken, Werte und Normen etc. Diese Elemente beeinflussen sich gegenseitig und erfüllen im Zusammenspiel die gesellschaftliche Funktion der Fortbewegung von Menschen. Äußere Rahmenbedingungen, die in der Forschung als „Landschaft“ des Systems bezeichnet werden, wie auch neue Mobilitätsmodelle, die als „Nischen“ des Systems bezeichnet werden, setzen das bestehende Mobilitätssystem gegenwärtig unter Druck. Wir befinden uns in einer Transformationsphase. Mobilitätsbedürfnisse könnten künftig radikal anders befriedigt werden als heute. Insbesondere drei Faktoren üben Druck auf das System aus und prägen dessen Wandel. Erstens der Klimawandel: Das Pariser Abkommen hat noch einmal die Reichweite der Herausforderungen an die Dekarbonisierung letztlich aller Lebensbereiche deutlich gemacht. Im Grundsatz wird davon ausgegangen, dass der Verkehrsbereich bis 2050 keine Treibhausgase mehr emittieren darf, um das Zwei-Grad-Ziel noch zu erreichen. Hierzu bedarf es eines tiefgreifenden Wandels des Mobilitätssystems und unter anderem des konsequenten Einsatzes erneuerbarer Energien. Ebenso sind Konzepte zur Sektorkopplung von Energie und Verkehr entscheidend. Zweitens setzt die Digitalisierung das System unter Druck, weil sowohl Produktion als auch Verkehrsdienstleistungen fundamental verändert bzw. neu gedacht werden. In Nischen werden neue Konzepte entwickelt und schließlich marktgängig gemacht, neue Akteure betreten den Markt. Konsumentenbedürfnisse ändern sich durch die Digitalisierung, zunehmend wird der Grundsatz, „Mobilität gleich Automobilität“ infrage gestellt. Drittens könnte sich die eng mit der Digitalisierung in Verbindung stehende Technologie des automatisierten Fahrens disruptiv auswirken. Die gesellschaftliche Bedeutung des Automobils könnte sich verändern, Nutzergruppen sich verschieben und eine Entwicklung weg vom motorisierten Individualverkehr und hin zum nutzungsgeteilten Verkehr deutlich unterstützt werden.

6.3. Herausforderungen für die Automobilindustrie

Klimaziele, Digitalisierung und perspektivisch auch autonome Fahrzeuge wirken auf das Mobilitätssystem und setzen damit gleichsam auch die Automobilindustrie unter Druck. So ist eine Antriebswende hin zur Elektromobilität zu erwarten, ebenso wie ein Paradigmenwechsel von ‚Mobilität als Produkt‘, insbesondere als Automobil, hin zu ‚Mobilität als Dienstleistung‘. Diese Veränderungen rufen neue Akteure auf den Markt, Wettbewerbsintensitäten erhöhen sich, es entstehen neue Geschäftsmodelle, Wertschöpfungsketten verändern sich und Kompetenzvorteile deutscher Automob-

bilunternehmen bei der Herstellung von Fahrzeugen und Verbrennungsmotoren verlieren an Stellenwert. Im Rahmen der Studie wurden große Herausforderungen in der Konkurrenz-Situation gerade mit Unternehmen aus den Bereichen Elektrotechnik und Informations- und Kommunikationstechnologie skizziert, denn es werden Kernkompetenzen und Geschäftsmodelle relevant, bezüglich derer diese Unternehmen einen Kompetenzvorsprung haben. Gegenwärtig ist noch unklar, wie sich die deutsche Automobilindustrie auf diesen neuen Wettbewerb einstellen kann. Die Bestandsaufnahme dieser Studie hat gezeigt, dass die Automobilindustrie zumindest bislang noch stark in ihrem herkömmlichen Geschäftsmodell verhaftet ist: Der Produktion und dem Verkauf von Automobilen. Dieses Geschäftsmodell war und ist auf nationalen wie internationalen Absatzmärkten höchst erfolgreich. Genau deshalb, so die Vermutung, lag die innovationspolitische Strategie der Automobilkonzerne vor allem auf inkrementellen Verbesserungen bestehender Technologien. Aufgrund der dargestellten Umbrüche im Bereich Mobilität ist diese Strategie jedoch nicht zukunftsfähig und die Automobilindustrie muss sich grundlegend neu aufstellen.

Elektromobilität

Unklar zu bewerten ist die Konkurrenzfähigkeit deutscher Hersteller im Bereich Elektromobilität. Zwar gehen einige Analysten von positiven Unternehmensentwicklungen aus, jedoch werden zentrale Komponenten der Elektromobilität, wie Batterien und Motoren, verstärkt in Südostasien hergestellt. Deutsche Unternehmen verfügen auf diesen Feldern über wenig Tradition und werden in ihrer insgesamt dominanten Marktposition herausgefordert. So ist noch offen, ob gegenwärtige Anstrengungen, die Herstellung genannter Komponenten wieder nach Deutschland zu verlagern, erfolgreich sein werden. Der Erfahrungsvorsprung von Anbietern wie zum Beispiel LG ist zumindest aktuell noch groß. Auch aus diesem Grund legen Automobilhersteller in Deutschland einen starken Fokus auf ihre tradierten Kompetenzen in der Herstellung von Verbrennungsmotoren. Es wird versucht, durch hybride Antriebskonzepte Anpassungszwänge zu reduzieren. Doch die Verbreitung batterieelektrischer Antriebe könnte, unter anderem durch regulatorische Vorgaben, stark zunehmen. Anzeigend sind hier die Quotenregelung in China wie auch die Implikationen des Pariser Abkommens. Weil bei batterieelektrischen Antrieben zentrale Kompetenzen der deutschen Automobilindustrie zum Teil hinfällig werden und die erforderlichen Kompetenzen insbesondere mit Blick auf Batterieherstellung und einige Bereiche der elektronischen Steuerung in Deutschland nicht oder nur sehr begrenzt vorhanden sind, stellt diese Entwicklung eine deutliche Herausforderung dar.

Digitalisierung

Die Digitalisierung wird sämtliche Produktions- und Konsumtionsbereiche fundamental verändern. Dies betrifft auch die Produktion und Nutzung von Automobilen. Dabei erscheinen die produktionsseitigen Veränderungen („Industrie 4.0“) für deutsche Hersteller weniger Risiken als vielmehr neue Chancen zu eröffnen. Eine große Herausforderung der „mechanischen“ Tradition der Hersteller ist es allerdings, dass die Wertschöpfungsanteile von Elektronik und Software auch im Automobilverkehr kontinuierlich zunehmen. Ebenfalls herausfordernd sind Veränderungen auf der Nachfrageseite. Zum einen wird davon ausgegangen, dass die Nachfrage nach mobilitätsspezifischen Unterhaltungsangeboten zunimmt und dass die unterschiedlichen, auch jenseits der Fahrtätigkeit unterstützenden Assistenzsysteme an Relevanz gewinnen werden. Hier haben IKT-Unternehmen eine größere Expertise als Automobilhersteller. Für die Bereitstellung der Services und für die Wertschöpfung wird die Generierung, Verarbeitung und Zurverfügungstellung von Daten drastisch an Bedeutung gewinnen. Auch auf diesem Feld hat die IKT-Industrie einen gewaltigen Vorsprung. Um es mit einem Bild der Unternehmensberatung KPMG zu verdeutlichen, ist die entscheidende Frage, inwieweit

es der Automobilindustrie gelingen wird, aus der Tradition des „Metall-Schmieds“ herauszukommen und den Übergang zum „Grid-Master“ zu gestalten (KPMG 2015). Es ist davon auszugehen, dass sich im Zuge dessen klassische Branchengrenzen auflösen oder zumindest relativieren, indem sich neue „Ökosysteme“ von Produktion und Dienstleistungen im Mobilitätsbereich herausbilden werden. Es werden bereits unterschiedliche Allianzen zwischen Automobilunternehmen und Technologieunternehmen geschmiedet. Gegenwärtig ist es schwer einschätzbar, welche Dynamik sich jeweils dahinter verbirgt und wie die Machtverhältnisse in diesen Konstellationen zu bewerten sind. Deutlich wird jedoch, dass sich Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle grundlegend transformieren. Deutsche Hersteller versuchen daher neue Kompetenzen zu generieren, beispielsweise Erfahrungen im digitalisierten Flottenmanagement im Bereich Sharing.

Autonome Fahrzeuge

Sowohl IKT-Unternehmen als auch Automobilkonzerne sind intensiv mit der Entwicklung autonomer Fahrzeuge befasst. Mit dieser Technologie könnten auf der einen Seite erhebliche Kostenreduktionspotenziale erschlossen werden (insbesondere durch Substitution von Fahrern), auf der anderen Seite würde die Verfügbarkeit von Mobilitätsangeboten für den Endkonsumenten deutlich erhöht. Mit Blick auf die für das teilautomatisierte Fahren notwendige Kompetenzen sind deutsche Hersteller nicht so schlecht aufgestellt, wie es im Vergleich mit öffentlichkeitswirksamen Akteuren wie Tesla auf den ersten Blick scheinen mag. Fahrassistenzsysteme sind bereits seit langem eine relativ wichtige Entwicklungslinie auch deutscher Automobilhersteller. Im Übergang vom assistierten Fahren zum vollautomatisierten Fahren werden jedoch zunehmend auch Kompetenzen erforderlich, die „nicht natürlicherweise“ bei den Automobilkonzernen oder traditionellen Zulieferern vorhanden sind, sondern eine Domäne der IKT-Unternehmen darstellen. Auch auf diesem Gebiet ist festzustellen, dass sowohl die Automobilhersteller als auch Zulieferer bereits eigene Aktivitäten und Kooperationen u.a. mit Start-ups starten, die vorrangig auf Sensorik, Datengenerierung und Interpretation und Auswertung von Daten abzielen.

6.4. Herausforderungen für die Politik

Mobilitätswende

Die Mobilitätswende bedeutet eine umfassende Herausforderung für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft und wird letztlich alle Sektoren der Wirtschaft tangieren, vor allem die Automobilindustrie. Einer Begleitung der digitalen und umweltorientierten Transformation muss daher ein hoher Stellenwert sowohl auf den forschungspolitischen als auch den struktur- und industriepolitischen Agenden haben, sowohl national als auch regional. Dies gilt insbesondere deshalb, weil nicht davon ausgegangen werden darf, dass die Digitalisierung automatisch umweltentlastend wirkt. Sie eröffnet lediglich Möglichkeitsräume für Umweltentlastungen. Zur Nutzung dieser Möglichkeiten ist es erforderlich, eine Vielzahl von Regelungssystemen neu zu gestalten. Einen wichtigen Ansatzpunkt stellen umweltorientierte und partizipative Smart City-Ansätze dar, welche in Reallaboren erprobt und entwickelt werden. Technologische Innovationen sollten dabei in jedem Fall mit sozialen Innovationen zusammengedacht werden. Nur so kann das Verkehrsaufkommen reduziert werden. Technologiefokussierte Orientierungen müssen insgesamt durch problemlösungsorientierte Ansätze abgelöst werden, damit Mobilitätsbedürfnisse auch vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels befriedigt werden können. In der Rolle als Mittel zum Zweck kommt neuen Technologien dabei eine

wichtige Bedeutung zu. Die Verbreitung von Elektromobilität sollte in diesem Sinne unterstützt werden, unter anderem durch Entwicklung und Ausbau geeigneter Infrastrukturen. Zugleich wird es erforderlich sein, nach der hochwahrscheinlichen Verfehlung des Ziels, bis zum Jahr 2020 eine Millionen Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen, bisherige Förderansätze kritisch zu überprüfen. Eine der zentralen Erkenntnisse der Forschungen zum Strukturwandel ist, dass langfristige und vor allen Dingen auch glaubhafte Vorgaben gemacht werden sollten, wenn Bewegung in die „richtige“ Richtung angestoßen werden soll. Dies ist in Bezug auf das Ziel einer Antriebswende bisher nicht erreicht worden. Neue Ziele müssen glaubhaft auf den Weg gebracht werden.

Eine Aufgabe der Politik ist es, einen breiten Policy-Mix zu entwickeln, der eine nachhaltige Mobilitätswende unterstützt. Notwendig ist ein Zusammenspiel aus Innovationspolitik, Industriepolitik und Regionalpolitik, um die digitale Transformation auch zu einer ökologischen Transformation zu machen. Beispielsweise wird gerade für den urbanen Raum davon ausgegangen, dass durch selbstfahrende Autos die Attraktivität eines privat besessenen Fahrzeugs sinken könnte. Damit könnte die Zahl der Fahrzeuge zurückgehen, Stellplatzflächen reduziert werden und für andere Zwecke genutzt werden. Jedoch sind selbstfahrende Autos mit deutlichen Rebound-Risiken verbunden. Sofern sich „Robo-Taxis“ als Form des motorisierten Individualverkehrs durchsetzen, wird das Verkehrsaufkommen mit hoher Wahrscheinlichkeit steigen. Nur dann, wenn diese Technologie auch von sozialen und strukturellen Veränderungen begleitet wird, insbesondere einer Stärkung des ÖPNV, ist eine Mobilitätswende möglich. Dies wird zweifelsohne kein konfliktfreier Weg sein. Dennoch sollten alternative Mobilitätsformen unterstützt werden, unter anderem durch Pilotvorhaben, finanzielle Entlastungen und Nutzervorteile. Nicht-nachhaltige Mobilitätsformen – dies betrifft den gesamten motorisierten Individualverkehr – sollten hingegen durch entsprechende Maßnahmen (Internalisierung externer Kosten, Relativierung von Bevorzugungen) „schlechter“ gestellt werden. Insbesondere in den Städten werden entsprechende Maßnahmen zum Dissens bereits ansatzweise realisiert. Im Fokus dieser Bemühungen stehen dabei die Substitution des automobilen MIV durch öffentlichen Verkehr, Fahrradverkehr und auch den Fußverkehr (Realisierung der Stadt der kurzen Wege). Im Grundsatz erfordert eine so verstandene Verkehrs- oder Mobilitätswende vielfältige Politikansätze, die von der Frage der Stadt- bzw. Verkehrsstrukturen über die Diskussionen gesellschaftlicher Anreizsysteme bis hin zu einer intelligenten Organisation der Arbeit führen.

Transformation der Automobilindustrie

Die Geschäftsmodelle der Automobilunternehmen werden sich, ausgelöst durch die beschriebenen zentralen Trends Elektrifizierung des Verkehrs, Digitalisierung und automatisiertes Fahren, deutlich verändern. In den vorangegangenen Kapiteln ist deutlich geworden, dass sich durch diese Trends auch Wertschöpfungsketten stark verändern. In der Gesamtschau verliert der Bau von Automobilen mit Blick auf die Wertschöpfung an Relevanz, wohingegen Mobilität als Dienstleistung und digitale Dienstleistungen während des Reisewegs wichtiger werden. Auf diesen Feldern haben IKT-Unternehmen gegenüber Automobilherstellern einen Kompetenzvorsprung. Automobilhersteller müssen bisher gering ausgeprägte Kompetenzen daher ausbauen, um nicht zu Zulieferern der IKT-Industrie zu werden. Deutliche Anstrengungen in diese Richtungen sind beobachtbar, dennoch gehören Elektroantriebs- und Batterietechnologien, Softwareentwicklung, Big Data Analytics und Künstliche Intelligenz weiterhin nicht zu den Kernkompetenzen der deutschen (Automobil-) Industrie. Vor dem Hintergrund dieser Bestandsaufnahme ist es auch Aufgabe der Politik, entsprechende Entwicklungen weiter zu forcieren und geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen. Gefördert werden sollte die Beibehaltung und Weiterentwicklung des ingenieurtechnischen Know-hows wie auch der starke

Ausbau informationstechnischer Kompetenzen. Während größere Zulieferer bereits auf gegenwärtige und kommende Herausforderungen reagieren und die Assets für einen Umbau ihrer Geschäftsmodelle haben, sind bei kleineren Automobilzulieferern nur geringfügige Innovationsaktivitäten feststellbar. In diesen Fällen sollten Unterstützungsangebote bereitgestellt werden, auch um neue Märkte erschließen zu können.

Strukturwandel

Die starke Fokussierung des deutschen Innovationssystems auf die Technologien der zweiten industriellen Revolution (Chemie, Maschinenbau, Automobil) erweist sich vor dem Hintergrund der Digitalisierung als problematisch. Märkte werden bereits jetzt und vor allem in naher Zukunft von gänzlich anderen Bereichen geprägt. Grundsätzlich kommt es darauf an, ingenieurtechnische Kompetenzen mit informationstechnischen Kompetenzen zu verbinden und Geschäftsmodelle neu zu denken. Betroffen von diesen Veränderungen sind nicht nur Einzelunternehmen, sondern der Wirtschaftsstandort Deutschland insgesamt. Es kommt zu einem Strukturwandel. Auch im Bereich Verkehr hat dies Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. Eine Antriebswende und ein Wandel der Geschäftsmodelle von Automobilherstellern hin zu Mobilitätsdienstleistern stellt zahlreiche Arbeitsplätze in der deutschen Automobilindustrie infrage, gleichzeitig könnten neue Arbeitsplätze in „externen“ Branchen (unter anderem aus der Elektronikindustrie, der IKT-Industrie und der chemischen Industrie) entstehen. Insbesondere der Übergang zu neuen Formen der Mobilität muss in der Summe nicht mit Arbeitsplatzverlusten verbunden sein. Allerdings wird es Gewinner- und Verliererpositionen geben. Da die Automobilindustrie in bestimmten Regionen besonders konzentriert ist, ist davon auszugehen, dass Arbeitsplatzverluste regional konzentriert auftreten können. Ebenso könnten kleine und mittlere Zulieferer besonders betroffen sein. Insofern wird es darauf ankommen, dass die aufkommenden Strukturwandelsprozesse proaktiv begleitet werden, um potenziell schwierige Effekte abfedern zu können.

Diese Strukturwandelsprozesse bedeuten auch einen deutlichen Einschnitt für das Innovationssystem Deutschlands, das in starkem Maße von der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der Chemieindustrie geprägt ist. Die Veränderung der Innovationsrichtung im Bereich der Antriebskonzepte bedeutet, dass auch die Forschungslandschaft sich verändern muss, wenn dieser Bereich wettbewerbsfähig bleiben soll. So fehlt es teilweise nicht an theoretischen Kompetenzen, jedoch an den gleichzeitig sehr wichtigen produktionstechnischen Kompetenzen, insbesondere mit Blick auf Batterietechnologien. Zudem besteht Nachholbedarf bei der Entwicklung digitaler und dienstleistungsbasierter Geschäftsmodelle. Weil die unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ laufenden Anstrengungen, Digitalisierung produktionstechnisch nutzbar zu machen, bereits fortgeschritten sind, sollten die hohen produktionstechnischen Wissensstände der deutschen Industrie daher gerade mit Blick auf die Erbringung digitaler Dienstleistungen gestärkt werden.

Vor dem Hintergrund der Erfahrung erfolgreicher Strukturwandelsprozesse wird es entscheidend sein, dass partielle Unternehmensstrategien zu einer Gesamtstrategie für den Strukturwandel der Automobilindustrie gebündelt werden. Dies bedeutet beispielsweise mit Blick auf die Hightech Strategie der Bundesregierung, dass die Beiträge von Forschung und Entwicklung zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen auch mit Blick auf die Veränderung des Mobilitätssystems deutlich verstärkt werden sollten und vor allen Dingen die Kombination von sozialen und technischen Innovationen zur Bewältigung von Herausforderungen der Digitalisierung und des Klimawandels vorangebracht werden. Zugleich sind strukturpolitische Maßnahmen erforderlich, welche die Zahl

der potentiellen Verlierer weitreichender Strukturwandelsprozesse mindert. Dies bedeutet unter anderem, frühzeitig und proaktiv eine Mobilitätswende zu fördern, um gleichsam auf Umweltherausforderungen zu reagieren, wie auch die Zukunftsfähigkeit der deutschen Verkehrsindustrie zu gewährleisten. Denn nur wenn die deutsche Industrie auch in der Mobilität von Morgen eine wichtige Position innehat, werden neue Arbeitsplätze geschaffen und der Strukturwandel erfolgreich.

6.5. Fazit

In dieser Studie wurde der Rahmen für eine Mobilitätswende beschrieben. Eine solche ist keineswegs allein am Fahrzeug selbst anzusetzen, vielmehr muss das sozio-technische Mobilitätssystem so verändert werden, dass Verkehrsbedarfe vermindert werden und die Ansätze zur Befriedigung dieser Bedarfe über neuartige Mobilitätsangebote erfolgt. Neuen Technologien insbesondere in den Bereichen Elektromobilität und Digitalisierung kommt dabei eine wichtige Rolle zu. Allein durch Technologien werden jedoch keine Probleme gelöst. Es wird essenziell darauf ankommen, wie diese neuen Technologien genutzt werden und ob sie eine Abkehr vom motorisierten Individualverkehr unterstützen. Insofern eröffnen sich derzeit wichtige Möglichkeitsfenster für eine nachhaltige Mobilität. Diese Möglichkeiten müssen sowohl von der Automobilindustrie wie auch der Politik aktiv genutzt werden. Der Handlungsbedarf ist groß. Denn ohne weitreichende Maßnahmen für einen grundlegenden und holistischen Wandel werden nicht nur Umwelt- und Verkehrsprobleme ungelöst bleiben, sondern auch die Automobilindustrie und der Wirtschaftsstandort Deutschland im internationalen Wettbewerb an Position einbüßen. Den Herausforderungen der Klimaziele wie auch der Digitalisierung und der neuen Konkurrenz aus dem Silicon Valley oder Asien kann nur begegnet werden, wenn diese verschiedenen Herausforderungen in einer umfassenden Mobilitätswende zusammengedacht werden. Die Arena um die Mobilität der Zukunft ist derzeit heiß umkämpft. Erfolg haben wird, wer nicht nur Mut zu technologischen, sondern auch zu sozialen und strukturellen Innovationen hat. Erfolg haben wird, wer es schafft, Digitalisierung auch ökologisch nachhaltig nutzbar zu machen.

7. Literaturverzeichnis

- AEE (2017): Metaanalyse. Maßnahmen und Instrumente für die Energiewende im Verkehr. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (AEE).
- Alessandrini, A., Campagna, A., Delle Site, P., Filippi, F., Persia, L. (2015): Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. *Transportation Research Procedia* 5: 145–60.
- Arbib, J., Seba, T. (2017): Rethinking Transportation 2020 – 2030. The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and oil Industries. *Rethink X Disruption, Implications and Choices*.
- Bayern LB (2017): Chancen und Herausforderungen für die Automobile Zulieferindustrie. Heft 01 Digitalisierung, Mai 2017.
- BDEW, GIZ, PwC (2016): Delphi Energy Future 2040. Delphi-Studie zur Zukunft der Energiesysteme in Deutschland, in Europa und in der Welt im Jahr 2040. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, PricewaterhouseCoopers AG WPG (PwC).
- Binder, M., Jänicke, M., Petschow, U. (Hrsg.) (2013): *Green industrial restructuring: international case studies and theoretical interpretations*. Springer Science & Business Media.
- Bischoff, J., Maciejewski, M. (2016): Simulation of City-wide replacement of private cars with autonomous taxis in berlin. *procedia computer science* 83, 237-244.
- BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050-Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin.
- BMVI (2016): Bundesverkehrswegeplan 2030. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin.
- Buchert, M., Dittrich S. (2012): Ressourceneffizienz und ressourcenpolitische Aspekte des Systems Elektromobilität.
- Bundesrat (2016): Beschluss. Drucksache 387/16 (Beschluss). Online [01.08.2017]: [http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2016/0301-0400/387-16\(B\).pdf?__blob=publication-file&v=1](http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2016/0301-0400/387-16(B).pdf?__blob=publication-file&v=1).
- BVDW (2015): *Connected Cars – Geschäftsmodelle*. Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., Berlin.
- Canzler, W., Knie, A. (2016): *Die Digitale Mobilitätsrevolution: Vom Ende des Verkehrs wie wir ihn kannten*. Oekom Verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH, München.
- DEFRA (2017): Air quality plan for nitrogen dioxide (NO2) in UK. Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK. Online [31.08.2017]: <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-plan-for-nitrogen-dioxide-no2-in-uk-2017>.
- Destatis (2017): Außenhandelsstatistiken. Online [19.08.2017]: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Aussenhandel/Aussenhandel.html>.
- Deutsche Bank Research (2017): Das „digitale Auto“. Mehr Umsatz, mehr Konkurrenz, mehr Kooperation. Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main. Online [30.08.2017]: https://www.dbresearch.de/PROD/RPS_DE-PROD/PROD0000000000445411.pdf.
- Dewitz, von W. (2016): So viele Elektroautos verkauften Daimler, VW und Co. in 2015. *Business Insider Deutschland*, Karlsruhe. Online [30.06.2017]: <http://www.businessinsider.de/so-viele-elektroautos-verkauften-daimler-vw-und-co-in-2015-2016-2>.

- FAZ (2017): Merkel langfristig für ein Verbot von Verbrennungsmotoren. Online [17.08.2017]: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diesel-affaere/merkel-langfristig-fuer-ein-verbot-von-verbrennungsmotoren-15151137.html>.
- Fraedrich, E., Beiker, S., Lenz B. (2015): Transition Pathways to Fully Automated Driving and Its Implications for the Sociotechnical System of Automobility. *European Journal of Futures Research* 3 (1).
- Fraunhofer ISE, IFEU-Institut, Fraunhofer ISI (2016): Elektromobilität in Baden-Württemberg im Jahr 2030. Projektübergreifende Forschung im Schaufenster Elektromobilität Baden-Württemberg. Abschlussbericht. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe.
- Fraunhofer ISI (2017): Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität. Working Paper Sustainability and Innovation S 09/2017. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe.
- Fraunhofer IWES (2015): Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr. Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (Fraunhofer IWES). Institutsteil Kassel (Koordinator).
- Freitag, M. (2016): BMW droht Vorsprung in der E-Welt zu verspielen. *manager magazin new media GmbH*, Hamburg. Online [30.06.2017]: <http://www.manager-magazin.de/magazin/artikel/bmw-konkurrenten-ziehen-mit-elektroautos-vorbei-a-1155023.html>.
- Frey, C. B., Osborne, M. A. (2013): *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?* Oxford Martin School.
- Geels (2012): A socio-technical analysis of low-carbon transition. *Journal of Transport Geography* 24 (2012): 471-482.
- Greenpeace (2017): *Mobilitätsranking Städte*. Greenpeace e.V., Hamburg.
- Gropp, M., Peitsmeier, H. (2016): Die Elektromobilität kommt bei den Beschäftigten an. Mehr Elektroautos verändern nicht nur das Straßenbild, sondern auch die Produktion in der Branche. Über das Wie sind sich die Unternehmen uneins. *Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ)*, Frankfurt am Main. Online [30.06.2017]: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/neue-mobilitaet/was-bedeutet-die-elektromobilitaet-fuer-die-beschaeftigten-in-der-autobranche-14478117.html>
- Gruel, W., Stanford J.M. (2016): Assessing the Long-term Effects of Autonomous Vehicles: A Speculative Approach, *Transportation Research Procedia*, 13, 18–29.
- Handelsblatt (2017): Gericht verbietet dritte Startbahn in Wien wegen Klimaschutz. Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH & Co. KG. Online [01.08.2017]: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/flughafen-wien-schwechat-gericht-verbietet-dritte-startbahn-in-wien-wegen-klimaschutz/19373668.html>.
- Hanisch, Haselrieder, Kwade (2012): *Recycling von Lithium-Ionen-Batterien – das Projekt LithoRec*. Online [30.08.2017]: <http://www.lithorec.de/>.
- Helmers (2015): *Analyse der Modellentwicklung in der deutschen Automobilindustrie*. Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier.
- Hesse, M. (1995). *Verkehrswende - Ökologisch-ökonomische Perspektiven für Stadt und Region*. Metropolis-Verlag, Marburg.
- Hirsch, J., Roth, R. (1986): *Das neue Gesicht des Kapitalismus. Vom Fordismus zum Post-Fordismus*. VSA Verlag, Hamburg.
- Hörl, S., Ciari F., Axhausen, K. W. (2016): *Recent Perspectives on the Impact of Autonomous Vehicles*. Online [20.08.2017]: <https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ivt/ivt-dam/vpl/reports/1201-1300/ab1216.pdf>.

- IEA (2016): Economic impact assessment of e-mobility. Final report and country reports. Online [20.08.2017]: <http://www.ieahev.org/tasks/economic-impact-assessment-of-e-mobility-task-24/>
- Ifeu (2011): UMBReLA – Umweltbilanzen Elektromobilität – Ergebnisbericht. Gefördert durch das Bundesumweltministerium (BMU). Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg.
- Ifeu (2016): Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg
- Ifo (2017): Auswirkungen eines Zulassungsverbots für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Ifo Zentrum für Industrieökonomik und neue Technologien und ifo Zentrum für Energie, Klima und erschöpfbare Ressourcen, München.
- Jacob, K., Beise, M., Blazejczak, J. M., Edler, D., Haum, R., Jänicke, M., ... Rennings, K. (2006): Lead markets for environmental innovations (Vol. 27). Springer Science & Business Media.
- Jänicke, M. (1993): Ökologische und politische Modernisierung in entwickelten Industriegesellschaften. In *Umweltpolitik als Modernisierungsprozeß* (pp. 15-29). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kemp, R., Schot, J., Hoogma, R. (1998): Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. *Technology analysis & strategic management*, 10(2), 175-198.
- KPMG (2015): Metalsmith or Grid Master: The automotive industry at the crossroads of a highly digitalized age. KPMG international.
- Lambrecht (2017): Verkehrs- und Energiewende verbinden: Potenziale und Herausforderungen der Sektorenkopplung. Input für Workshop: Sektorenkopplung Energie & Verkehr. Agendakonferenz: Wege zur Mobilitätswende; Berlin 22./23.6.2017. Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg.
- Lehner, F. (2004). Technik und Arbeit in der wissensbasierten Volkswirtschaft. Eine theoretische Skizze zum Strukturwandel der Wirtschaft. M. Rasch u. D. Bleidick (Hrsg.), *Technikgeschichte im Ruhrgebiet – Technikgeschichte für das Ruhrgebiet*: Essen, Klartext.
- Leitinger, C., Schuster, A., Litzlbauer, M., Brauner, G., Simic, D., Hiller, G., ... Sammer, G. (2010): *Smart Electric Mobility – Speichereinsatz für elektrische Mobilität und Netzstabilität*. Endbericht. Wien: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG).
- Litman, T. (2017): *Autonomous Vehicle Implementation Predictions*. Victoria Transport Policy Institute 28. Online [20.08.2017]: <http://leempo.com/wp-content/uploads/2017/03/M09.pdf>.
- Mazzucato, M. (2016): From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy. *Industry and Innovation*, 23:2, 140-156.
- McKinsey (2016a): *Automotive revolution – perspective towards 2030*. How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry. McKinsey & Company.
- McKinsey (2016b): *How the convergence of automotive and tech will create a new ecosystem*. McKinsey & Company. Online [10.08.2017]: <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-the-convergence-of-automotive-and-tech-will-create-a-new-ecosystem>.
- Næss, P., Næss, T., Nicolaisen, M.S., Clemens, E. (2009): *The challenge of sustainable mobility in urban planning and development in Copenhagen Metropolitan Area*. Aalborg University Press, Aalborg.
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2016): *Arbeitsplatzeffekte einer umfassenden Förderung der Elektromobilität in Deutschland*. Herausgeber: Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO). Berlin: GGEMO.

- Nicholson (Hrsg.) (2004): Mobility 2030: meeting the challenges to sustainability. The sustainable mobility project; full report 2004: World Business. Council for Sustainable Development, Conches, Genf.
- Nitsch, J. (2016): Die Energiewende nach COP21 - Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung. Kurzstudie für den Bundesverband Erneuerbare Energien e.V., Stuttgart.
- Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin, Karlsruhe: Öko-Institut, Fraunhofer ISI.
- Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2016): Sektorale Emissionspfade im Verkehr. Arbeitspaket 1.2 im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Wissenschaftliche Unterstützung „Erstellung und Begleitung des Klimaschutzplans 2050“ (FKZ UM 15 41 1860).
- Peters, A.; Doll, C.; Kley, F.; Möckel, M.; Plötz, P.; Sauer, A.; Zanker, C. et al. (2012): Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Innovationsreport für das Büro für Technikfolgenabschätzung (TAB) beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht, 153. Fraunhofer ISI. Berlin: edition sigma.
- Prognos, InWIS-Institut, InWIS Forschung & Beratung GmbH (2014): Lehren aus dem Strukturwandel im Ruhrgebiet für die Regionalpolitik. Endbericht. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).
- Quaschnig, V. (2016). Sektorkopplung durch die Energiewende. Anforderungen an den Ausbau erneuerbarer Energien zum Erreichen der Pariser Klimaschutzziele unter Berücksichtigung der Sektorkopplung. Berlin: htw - Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.
- Reimann, A (2017): BMW ist der drittgrößte Elektroauto-Hersteller der Welt. Wirtschaftswoche (WiWo), Düsseldorf. Online [30.06.2017]: <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/e-auto-bmw-ist-der-drittgroesste-elektroauto-hersteller-der-welt/19520922.html>.
- Roland Berger (2016): A CEO agenda for the (r)evolution of the automotive ecosystem. Roland Berger GmbH, München.
- Roland Berger (2017): Automotive Disruption Radar. Online [25.08.2017]: https://www.rolandberger.com/de/Publications/pub_automotive_disruption_radar.html.
- Romare, M., Dahlhöf, L. (2017): The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries. IVL Swedish Environmental Research Institute. Funded by Swedish Energy Agency, Swedish Transport Administration. Online [29.06.2017]: <http://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebede9559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>.
- Schade, W., Zanker, C., Kühn, A., Hettesheimer, T. (2014): Sieben Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie: Strategische Antworten im Spannungsfeld von Globalisierung, Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bis 2030 (Vol. 40). Berlin: edition sigma.
- Schneider, A., Groesser (2013): Elektromobilität. Ist das Elektrofahrzeug eine disruptive Innovation? Erschienen in: ZfAW 1 2013.
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, Hämmerle, M., Krause, T., Schlund (2013): Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0 (pp. 50-56). D. Spath (Ed.). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Statistisches Bundesamt (2017): Vierteljährliche Produktionserhebung im Verarbeitenden Gewerbe. EVAS-Nr. 42131.
- Thomopoulos, N. and M. Givoni (2015): The autonomous car—a blessing or a curse for the future of low carbon mobility? An exploration of likely vs. desirable outcomes, European Journal of Futures Research, 3 (1) 14.
- UBA (2013): Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr. UBA Texte 11/2013. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.

- UBA (2014): Treibhausgasneutraler Verkehr 2050: Ein Szenario zur zunehmenden Elektrifizierung und dem Einsatz stromerzeugter Kraftstoffe im Verkehr. Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- UBA (2016a): Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. UBA Texte 72/2016. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- UBA (2016b): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050. UBA Texte 56/2016. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- UBA (2016c): Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. UBA Texte 27/2016. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- UBA (2016d): Positionspapier: Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- UBA (2017): Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen. Teilbericht des Projekts „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs 2050“. UBA Texte 45/2016. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- UBS (2017): UBS Evidence Lab Electric Car Teardown – Disruption ahead? UBS Q-Series 18. May 2017.
- VDA (2017): Jahresbericht 2016. Die Automobilindustrie in Daten und Fakten. Verband der deutschen Automobilindustrie.
- Vogel, D. (1997): Trading up and governing across: transnational governance and environmental protection. *Journal of European Public Policy* 4:4 1997: 556-71.
- Wadud, Z., MacKenzie D., Leiby P. (2016): Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 1–18.
- WBGU (2011): Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation. Zusammenfassung für Entscheidungsträger. Berlin: WBGU.
- WiWo (2017): Artikel in der Wirtschaftswoche (WiWo). Online [01.09.2017]: <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/autokonzerne-und-tech-giganten-wer-macht-es-mit-wem-und-warum/19234002.html>.
- Wolter, M. I., Mönning, A., Hummel, M., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., ... Neuber-Pohl, C. (2016): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen (No. 13/2016). IAB-Forschungsbericht. Peters, A.; Doll, C.; Kley, F.; Möckel, M.; Plötz, P.; Sauer, A.; Zanker, C. et al. (2012): Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Innovationsreport für das Büro für Technikfolgenabschätzung (TAB) beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht, 153. Fraunhofer ISI. Berlin: edition sigma.



Autoren:

Ulrich Petschow, Christian Uhle, Heinrich Böing
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin

Redaktion:

Christian Kellermann, Ralph Obermayer
Geschäftsführer, Denkwerk Demokratie e. V.

Impressum:

Denkwerk Demokratie e.V.
Alte Jakobstr. 149
10969 Berlin
info@denkwerk-demokratie.de
www.denkwerk-demokratie.de