

Studie zu

den möglichen Auswirkungen der Elektromobilität auf die Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen

Auftraggeber: Gesellschaft zur Wirtschafts- und Strukturförderung
im Märkischen Kreis GmbH (GWS)

Ersteller: Fachhochschule Südwestfalen
Labor für Fahrwerktechnik

Autor*innen: B. Eng. Dennis Golombek
B. Eng. Philip Lemcke
Prof. Dr.-Ing. Andreas Nevoigt
Dipl.-Wirt.-Ing. Sonja Pfaff
B. Eng. Nils-Hendrik Ziegler

Datum: 17.02.2020

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen





Vorwort

Die aus dem Zwang zur Dekarbonisierung resultierende Elektrifizierung der Fahrzeugantriebe führt in den nächsten Jahren zu einem fortschreitenden Wandel der in Neufahrzeugen eingesetzten Antriebstechnologien. Damit einhergehend ergeben sich Veränderungen bei Peripheriebauteilen und teilweise auch Auswirkungen auf gesamte Fahrzeugkonzepte. Davon betroffen sind nicht nur die Fahrzeughersteller, sondern insbesondere auch die Unternehmen im Automobilzulieferbereich und schließlich auch Werkstätten und Autohäuser.

Diese Studie beschreibt die mit der Elektrifizierung der Antriebsstränge zu erwartenden technologischen Veränderungen, die unterschiedlichen Strategien der Fahrzeughersteller und mögliche Auswirkungen auf die Automobilzulieferindustrie. Dies geschieht insbesondere mit dem Blick auf die Situation der Automobilzulieferindustrie in der Wirtschaftsregion Südwestfalen. In der Studie werden auch mögliche Auswirkungen auf die Beschäftigung in den Blick genommen.

In Abschnitt 1 werden zunächst die für die Elektrifizierung maßgeblichen regulatorischen Rahmenbedingungen in den unterschiedlichen globalen Märkten beschrieben. In Abschnitt 2 werden die zukünftig marktrelevanten Antriebskonzepte hinsichtlich ihrer Eigenschaften sowie ihres Potenzials für eine CO₂-Reduktion dargestellt. Auf der Grundlage der Auswertung einer Vielzahl von Studien werden die zu erwartenden Entwicklungen bei der Verteilung der Antriebstechnologien in Neufahrzeugen dargestellt.

Um Rückschlüsse auf ihre eigene Geschäftsentwicklung ableiten zu können, ist es für die Zulieferer wichtig, die Strategien der verschiedenen OEM zu kennen. Hierzu stellt die Studie in Abschnitt 3 eine Übersicht zu den Strategien der wichtigsten europäischen Hersteller und einiger neuer Marktteilnehmer im europäischen Fahrzeugmarkt dar. Die aktuellen Entwicklungen der Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen werden – differenziert nach Fahrzeugsegmenten – in Abschnitt 4 aufgezeigt. Abschnitt 5 beschreibt die mit dem Wandel der Antriebstechnologien einhergehenden Veränderungen im Bereich des Gesamtfahrzeugs, der Karosserie und des Fahrwerks.

Es ist absehbar, dass der Wandel zur Elektromobilität Auswirkungen auf die Beschäftigung in Deutschland haben wird. In Abschnitt 6 werden die Ergebnisse aus aktuellen Studien vorgestellt, die eine Einschätzung zur Beschäftigungsentwicklung über die Zeitstrecke der nächsten 15 Jahre erlauben.

Für die Erstellung der Studie wurden insgesamt rund 400 Quellen ausgewertet. Der Recherchezeitraum für diese Studie liegt zwischen dem 01.04.2019 und dem 30.11.2019. Zur einfachen Lesbarkeit wurde bei der Erstellung der Studie auf eine gendergerechte Sprache verzichtet. Die verwendeten Begriffe sollen alle Geschlechter mit einschließen.

Ergänzend zu der Auswertung von Studien, Fachbeiträgen aus Wissenschaft, Industrie und Verbänden, Mitteilungen aus Politik und Verwaltung sowie öffentlich zugänglichen Statistiken, die jeweils die Grundlage für die Aussagen in den Abschnitten 1 bis 6 darstellen,

wurden eine Online-Umfrage und persönliche Interviews mit Entscheidungsträgern und Entwicklern bei einer Reihe von Automobilzulieferunternehmen in Südwestfalen durchgeführt, um ein differenziertes Bild über die Situation der betroffenen Unternehmen in dieser Region zu erhalten. Die wesentlichen Erkenntnisse aus den Befragungen werden in Abschnitt 7 wiedergegeben.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass sich die mit dem Wandel zur Elektromobilität einhergehenden Veränderungen für den Zeithorizont der nächsten 10 Jahre relativ gut prognostizieren lassen. Die Studie zeigt jedoch auch, dass die Vorhersagen stark von der Gültigkeit der in den Szenarien zugrunde gelegten Prämissen abhängen und dass darüber hinaus gehend Prognosen über einen längeren Zeitraum, beispielsweise bis zum Jahr 2050, mit großen Unsicherheiten belastet sind. Es wird insgesamt sehr deutlich, dass eine kontinuierliche Analyse der politischen und technologischen Entwicklungen sowie der Veränderungen in den relevanten Märkten in der näheren Zukunft für die Automobilzulieferer essentiell ist. Aufgrund der für die kommenden Jahre zu erwartenden hohen Änderungsgradienten bei den Antriebstechnologien in Neufahrzeugen ist eine zeitlich eng getaktete Beobachtung der Markttrends sowie der wesentlichen Einflussgrößen auf die Marktentwicklung für die Automobilzulieferer alternativlos, wenn sie nicht von den Entwicklungen überrascht werden wollen.

Mit Blick auf die Zulieferindustrie in Südwestfalen und ihrer mehrheitlich klein- und mittelständisch geprägten Unternehmensstruktur ist der hierfür notwendige Aufwand wahrscheinlich nur leistbar, wenn man sich noch stärker als bisher untereinander vernetzt und die Beobachtung der Veränderungen als gemeinschaftliche Aufgabe auffasst. Auch wenn – abhängig von Kundenstruktur, Produktportfolio und Unternehmensstrategie – Rückschlüsse und Entscheidungen nur unternehmensspezifisch getroffen werden können, ist die Beschaffung und Auswertung von Informationen als Entscheidungsgrundlage eine Aufgabe, die idealerweise im Verbund von den regionalen Zulieferern durchgeführt oder beauftragt werden sollte.



Inhaltsverzeichnis

1	Politische Rahmenbedingungen	1
1.1	Einführung	1
1.1.1	Rückblick.....	1
1.2	Europa	2
1.2.1	Förderungen für Elektro- und Hybridfahrzeuge in Deutschland	6
1.3	USA	6
1.4	China	8
2	Technologische Rahmenbedingungen	11
2.1	Übersicht der Antriebstechnologien mit Potenzial zur CO ₂ -Reduktion.....	11
2.2	Bewertung der unterschiedlichen Antriebstechnologien	12
2.2.1	Verbrennungsmotoren	12
2.2.2	Hybridantriebe	14
2.2.3	Batterieelektrische Antriebe	18
2.2.4	Brennstoffzellenantriebe	19
2.3	Szenarien zur Entwicklung der Antriebstechnologien in unterschiedlichen Wirtschaftsräumen	19
2.4	Prognoserisiken	27
3	Strategien und Konzepte der OEM	32
3.1	Einführung	32
3.2	Volkswagen	32
3.2.1	Elektrifizierung von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen am Beispiel des Golf 8.....	33
3.2.2	Elektrifizierung von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen der Oberklasse am Beispiel des Audi A8.....	34
3.2.3	Volkswagen MEB	35
3.3	Daimler	37
3.3.1	Mercedes EVA	37
3.3.2	Smart EQ	38
3.4	Volvo.....	39
3.5	BMW	39
3.6	PSA	40
3.7	Jaguar Land Rover	41
3.8	Toyota und Nissan.....	41

3.9	Hyundai	42
3.10	Neue Mitbewerber	43
3.10.1	e.GO	43
3.10.2	Aptera	44
3.10.3	Tesla	44
3.10.4	SAIC.....	45
3.10.5	Aiways.....	45
3.10.6	Byton.....	46
4	Entwicklung der Zulassungszahlen von Elektro- und Hybridfahrzeugen in Deutschland.....	48
4.1	BEV	48
4.2	Hybrid	52
5	Technologische Trends	54
5.1	Purpose- oder Conversion-Design?.....	54
5.2	Technologische Trends – verallgemeinerte Zusammenfassung.....	58
6	Auswirkungen des Wandels zur Elektromobilität auf die Beschäftigung.....	59
6.1	Übersicht zu maßgeblichen aktuellen Studien	59
6.2	Einflussgrößen auf die Beschäftigung	60
6.3	Auswirkungen der Elektromobilität auf die Beschäftigung in Deutschland.....	62
7	Interviews mit Zulieferunternehmen.....	69
7.1	Befragte Unternehmen	69
7.2	Erste Auswirkungen auf einzelne Unternehmen	70
7.3	Strukturelle Veränderungen innerhalb der Branche.....	71
7.3.1	Forschung und Entwicklung	71
7.3.2	Budgets.....	71
7.3.3	Politische Rahmenbedingungen.....	72
7.3.4	Prognosefähigkeit	73
7.4	Strategien für die Industrie in der Region	73
7.5	Zusammenarbeit.....	74
7.6	Arbeitsplätze	75
8	Abbildungsverzeichnis	79
9	Kurzzusammenfassung der Studienergebnisse	81

1 Politische Rahmenbedingungen

1.1 Einführung

Wesentlicher Treiber für die Dekarbonisierung im Transportsektor sind die gesetzlichen Vorschriften in den unterschiedlichen globalen Märkten. Viele von ihnen dienen der Umsetzung der Klimaziele von Kyoto und Paris. Sie nehmen aber auch Themen wie Feinstaub oder Stickoxide in den Blick oder sind politisch oder auch finanziell motiviert.

Einige Hersteller reagieren mit einer fast schon übereifrig wirkenden Umstellung ihrer Flotten, nachdem Elektromobilität lange Zeit kein Thema für sie war, möglicherweise einfach nur auf eine gestiegene Nachfrage seitens der Verbraucher, vor allem der gewerblichen Großkunden wie Logistik- oder Leasingunternehmen. Durch die Einführung von immer mehr Schutzzonen in den Metropolen bleibt diesen Zielgruppen nichts anderes übrig, als auf emissionsarme Technologien umzusteigen, was offensichtlich einige Hersteller dazu motiviert, entsprechende Varianten in ihr Portfolio aufzunehmen.

1.1.1 Rückblick

Schon 1992 auf dem Umweltgipfel in Rio de Janeiro geriet das Weltklima in den Fokus der Weltpolitik und es wurde die erste Klimarahmenkonvention beschlossen, mit dem Ziel

„... die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.“¹

Fünf Jahre später konnten sich die Vertragsstaaten beim Weltklimagipfel 1997 in Kyoto auf erste verbindliche Regelungen einigen. Das Kyoto-Protokoll gilt als Meilenstein in der internationalen Klimapolitik und enthielt erstmals rechtsverbindliche Begrenzungs- und Reduzierungsverpflichtungen für die Industrieländer. Das Protokoll wurde von 191 Staaten ratifiziert, darunter alle EU-Mitgliedsstaaten sowie wichtige Schwellenländer wie Brasilien, China, Indien und Südafrika. Die USA haben das Kyoto-Protokoll bis heute nicht ratifiziert. Kanada hat seinen Austritt im Jahr 2011 bekanntgegeben. Teilnehmende Industrieländer verpflichteten sich, ihren jährlichen Treibhausgas-Ausstoß innerhalb der sogenannten ersten Verpflichtungsperiode (2008–2012) um durchschnittlich 5,2 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren. Diese Emissionsminderungen wurden erreicht. Für Schwellen- und Entwicklungsländer gab es damals noch keine festgelegten Reduktionsmengen².

¹ Vgl. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>

² Vgl. <https://unfccc.int/sites/default/files/kpeng.pdf>

Auf der Pariser Klimaschutzkonferenz (COP21) im Dezember 2015 haben sich 195 Länder erstmals auf ein allgemeines, rechtsverbindliches, weltweites Klimaschutzübereinkommen geeinigt. Das Übereinkommen umfasst einen globalen Aktionsplan, der die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C begrenzen soll, um einem gefährlichen Klimawandel entgegenzuwirken³.

In Abbildung 1 sieht man die CO₂-Emissionen bei PKW in g/km im Überblick. Die Grafik wurde 2014 veröffentlicht und zeigt den Verlauf in den jeweiligen Ländern. Bei den durchgezogenen Linien handelt es sich um tatsächliche Daten – die gestrichelte Fortsetzung zeigt die Ziele, die nach damaligem Wissensstand erreicht werden sollten.

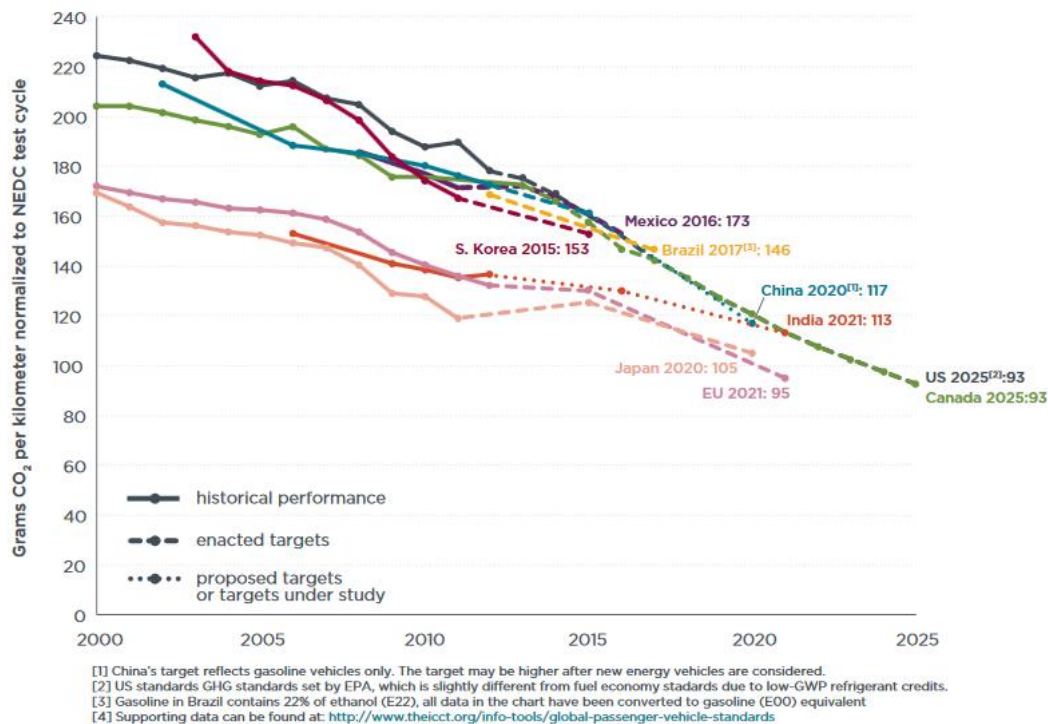


Abbildung 1: Regulationen für PKW⁴

1.2 Europa

Seit dem Jahr 2009 sind PKW und leichte Nutzfahrzeuge in der EU einer CO₂-Regulierung unterworfen. Der durchschnittliche Ausstoß aller neu zugelassenen Fahrzeuge eines Herstellers darf demnach einen gesetzlich fixierten Grenzwert in Gramm CO₂ pro gefahrenen Kilometer in einem Jahr nicht überschreiten. Für PKW galt zunächst ein Ziel von 130 g/km für das Jahr 2015. Dieser Wert wird bis 2021 auf 95 g/km abgesenkt. Der durchschnittliche CO₂-Ausstoß leichter Nutzfahrzeuge musste bis 2014 auf 175 g/km reduziert werden, im Jahr 2020 wird ein Grenzwert von 147 g/km verbindlich. Die CO₂-

³ Vgl. https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de

⁴ Vgl. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_EU-95gram_jan2014.pdf

Regulierungen für PKW und leichte Nutzfahrzeuge folgen den gleichen Prinzipien. Die Regulierung setzt keinen europäischen Einheitswert, sondern berücksichtigt grundsätzlich die unterschiedlichen Produktpaletten der Konzerne. So muss nicht jeder einzelne Hersteller den europäischen Gesamtflottenwert von 95 g/km bei PKW bzw. 147 g/km bei leichten Nutzfahrzeugen einhalten. Vielmehr wird für jeden Hersteller ein spezifischer Grenzwert errechnet, der auf dem durchschnittlichen Fahrzeuggewicht der Herstellerflotten beruht. Im Durchschnitt aller Hersteller ist damit statistisch sichergestellt, dass der europäische Flottenwert erreicht wird ⁵.

Am 28. November 2018 legte die Kommission ihre langfristige strategische Vision für eine wohlhabende, moderne, wettbewerbsfähige und klimaneutrale Wirtschaft für den Zeithorizont 2050 vor. Die Strategie zeigt auf, wie Europa auf dem Weg zur Klimaneutralität vorangehen kann, indem es in realistische technologische Lösungen investiert, den Bürgerinnen und Bürgern Eigenverantwortung überträgt und Maßnahmen in Schlüsselbereichen wie Industriepolitik, Finanzwesen oder Forschung aufeinander abstimmt - gleichzeitig aber dafür sorgt, dass sich der Übergang sozial gerecht vollzieht.

Auf Aufforderung des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates präsentierte die Kommission eine Vision für eine klimaneutrale Zukunft, die nahezu alle EU-Politikbereiche umfasst und mit den Zielen des Übereinkommens von Paris im Einklang steht, den Temperaturanstieg deutlich unter 2 °C zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, um ihn auf 1,5 °C zu begrenzen ⁶.

Nur einen Monat später wurden vom Europäischen Parlament und dem Rat der EU-Staaten die Ziele für 2030 definiert: Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der in der EU zugelassenen Neuwagen müssen bis 2025 um 15 % und bis 2030 um 37,5 % gegenüber den Emissionsgrenzwerten für 2021 gesenkt werden. Bei neuen leichten Nutzfahrzeugen muss der Rückgang 15 % bis 2025 bzw. 31 % bis 2030 betragen. Es gibt eine Überprüfungsklausel, so dass die Ziele für 2030 gegebenenfalls überprüft und neue verbindliche Reduktionsziele für das Jahr ab 2035 und ab 2040 vorgeschlagen werden können.

Das Parlament und der Rat haben sich damit auf einen Mechanismus verständigt, mit dem der Verkauf emissionsfreier und emissionsarmer Fahrzeuge wie Elektroautos (BEV) oder aufladbare Hybridfahrzeuge (PHEV) gefördert werden soll und der auf dem Konzept beruht, das die Kommission in ihrem ursprünglichen Vorschlag vorgesehen hatte. Erreicht ein Hersteller bestimmte Schwellenwerte ("Benchmarks") in Bezug auf die Stückzahlen, so wird er mit weniger strengen CO₂-Emissionszielen belohnt. Die Benchmarks für 2025 betragen 15% für PKW und leichte Nutzfahrzeuge, für 2030 liegen sie bei 35% für PKW und 30 % für leichte Nutzfahrzeuge. An den beiden besonderen Anreizen für emissionsfreie und emissionsarme Personenkraftwagen, auf die sich der Rat bei seiner allgemeinen Ausrichtung geeinigt hatte, wurde – mit geringfügigen Änderungen – festgehalten: Was die

⁵ Vgl. <https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nfz/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nutzfahrzeugen.html>

⁶ Vgl. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_de

Besserstellung solcher Fahrzeuge betrifft, so wurde in Bezug auf die CO₂-Grenzwerte ein Faktor von 0,7 vereinbart. Die Ausnahmeregelung für Nischenhersteller, wonach Hersteller mit jährlich weniger als 1000 Neuzulassungen in Europa eine Ausnahmegenehmigung beantragen können und die Zielvorgaben nicht erfüllen müssen, soll bis 2028 weiter gelten⁷.

Die Rahmenbedingungen innerhalb Europas könnten trotz dieser Vorgaben kaum unterschiedlicher sein, denn die Umsetzung in jeweiliges nationales Recht läuft höchst individuell ab. Speziell bei den Zeitplänen gibt es starke Abweichungen der einzelnen Länder. Während einige schon mitten in der Umsetzung sind, schieben andere die Realisierung von Klimaschutzvorhaben noch auf die lange Bank.

Großbritannien, Frankreich, Norwegen und Schweden haben sich bereits verpflichtet, die Produktion von benzin- und dieseltreibenden Personenkraftwagen bis Ende der 2030er Jahre einzustellen.

Interessant: City Maut, die für viele Großstädte gefordert wird, könnte den Umstieg auf Elektrofahrzeuge weiter vorantreiben. London etwa, befreit Fahrzeuge mit alternativen Antrieben von dieser Abgabe. Während national noch um Werte und Zeitpläne gerungen wird, werden hier schon Fakten geschaffen, die die Verbraucher in ihren Kaufentscheidungen beeinflussen.

Laut einer Studie der PA Consulting werden acht der 13 untersuchten Hersteller die CO₂-Ziele verfehlen (Abbildung 2). VW etwa muss bis 2021 einen CO₂-Ausstoß von 97,7 Gramm einhalten. In der Prognose liegt der Hersteller allerdings mit 101,5 Gramm knapp vier Gramm über dem Grenzwert. Daimler und BMW werden demnach ihre Zielwerte ebenfalls verfehlen.

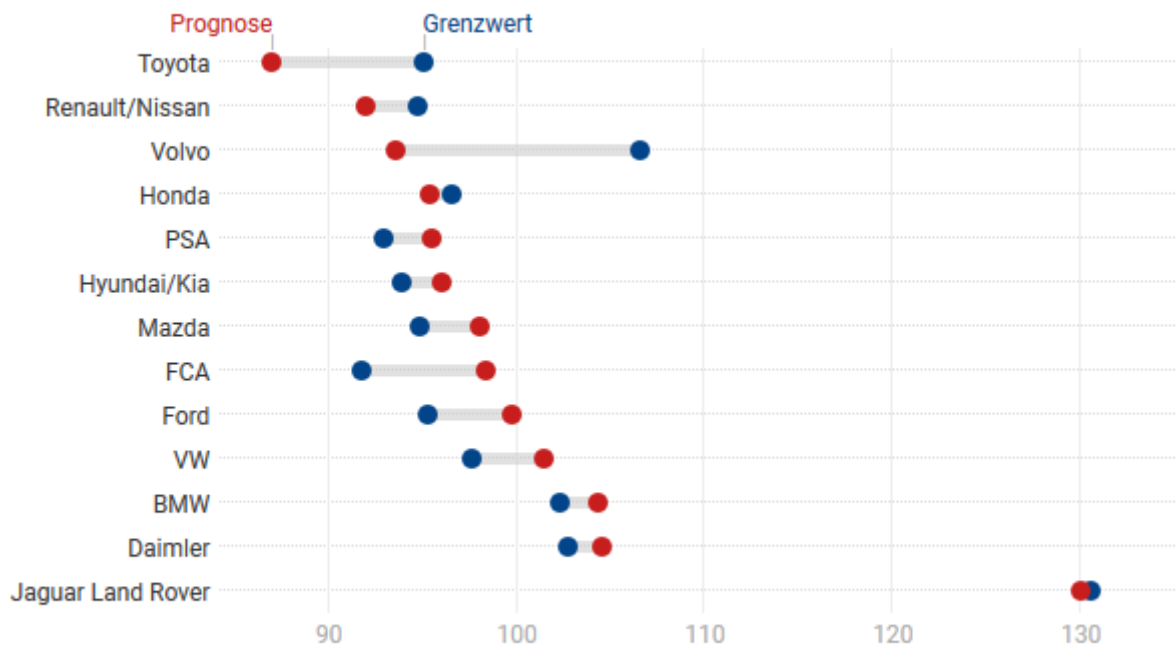
Die Grenzwertüberschreitungen könnten für die Hersteller sehr teuer werden. Für jedes Gramm CO₂, das über dem Grenzwert liegt, müssen sie Strafen in Höhe von 95 Euro zahlen, multipliziert mit der Anzahl der im Vorjahr in der EU zugelassenen Autos. VW droht damit eine Strafe in Höhe von 1,4 Milliarden Euro.

Die Zielwerte der Hersteller variieren und richten sich nach dem durchschnittlichen Fahrzeuggewicht der Flotte. Der CO₂-Grenzwert von Toyota liegt beispielsweise bei 95,1 Gramm CO₂ pro Kilometer - die Japaner verkaufen viele leichtere Kompaktwagen. Die schweren Geländewagen von Jaguar-Land-Rover dürfen durchschnittlich 130,6 Gramm emittieren⁸.

⁷ Vgl. <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2019/01/16/co2-emission-standards-for-cars-and-vans-council-confirms-agreement-on-stricter-limits/>

⁸ Vgl. <https://www.paconsulting.com/insights/2018/driving-into-a-low-emissions-future/>

Grenzwerte und Prognosen zum CO₂-Ausstoß 2021



CO₂-Ausstoß in Gramm pro Kilometer.

Grafik: Schreiner/»kfz-betrieb« • Quelle: PA Consulting

Abbildung 2: Grenzwerte und Prognosen⁹

Möglicherweise fungiert die Erkenntnis, dass mit dem Verfehlen der Grenzwerte hohe Strafen drohen, als zusätzlicher Treiber für manche unternehmensinterne Entscheidung pro Elektroantrieb.

Erkenntnisse:

Die mögliche Verfehlung der für 2021 definierten Ziele und die damit verbundenen Strafen erklären den Aktionismus einiger Hersteller, die bislang wenig engagiert in Sachen Elektromobilität waren.

Erreichen Hersteller einen Anteil von 35 % elektrisch angetriebener Fahrzeuge (auch Hybrid!), liegen ihre erlaubten Grenzwerte entsprechend höher. Durch ein kurzfristiges Pushen der entsprechenden Modelle könnte man die 2021er Ziele einfacher erfüllen.

Lokale Vorschriften wie Citymaut schaffen Fakten und motivieren Flottenbetreiber zu einem Umstieg auf alternative Antriebe.

Die Tatsache, dass auch Hybridantriebe in die Berechnungen mit einfließen, machen diese Fahrzeuge besonders attraktiv, da sie das Reichweitenproblem und die oft als unzureichend empfundene Ladeinfrastruktur kompensieren und die Hemmschwelle zum Umstieg auf Elektromobilität bei den Verbrauchern senken können.

⁹ Vgl. <https://www.kfz-betrieb.vogel.de/co2-grenzwerte-diesen-herstellern-drohen-harte-geldstrafen-a-783428/>

1.2.1 Förderungen für Elektro- und Hybridfahrzeuge in Deutschland

Um den Anteil der Elektrofahrzeuge zu erhöhen, werden Elektroautos sowie Brennstoffzellenfahrzeuge beim Kauf oder Leasing mit 4.000 Euro vom Bund gefördert. Für Plug-in-Hybride liegt die Förderung hingegen bei 3.000 Euro. In beiden Fällen übernehmen Bund und Automobilhersteller jeweils 50 % der Förderung. Im Gegensatz zu Elektrofahrzeugen, welche 10 Jahre ab Erstzulassung von der KFZ-Steuer befreit sind, erhalten (Plug-in-)Hybride diese Vergünstigung nicht. Im November 2019 wurde beschlossen, dass die Prämie bis 2025 verlängert und erhöht werden soll.

In Zukunft sollen Fahrzeuge mit einem Netto-Listenpreis von bis zu 65.000 Euro gefördert werden anstatt bisher mit 60.000 Euro. Diese Fahrzeuge erhalten dann eine Förderung von 5.000 Euro und Fahrzeuge unter 40.000 Euro sollen mit 6.000 Euro subventioniert werden¹⁰.

Auch Dienstwagen, bei denen es sich um Elektrofahrzeuge oder Plug-in-Hybride handelt, werden gefördert, indem diese nur mit 0,5 % des Listenpreises versteuert werden müssen anstatt wie üblich mit 1 % vom Listenpreis. Zusätzlich muss auch das Laden eines solchen Fahrzeugs beim Arbeitgeber nicht als geldwerter Vorteil versteuert werden¹⁰.

Ab dem 01.01.2020 müssen Dienstwagen mit Privatnutzung nur noch mit 0,25 % des Bruttolistenpreises versteuert werden. Dies wurde von der Bundesregierung im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 im November 2019 beschlossen¹¹.

Bei den Plug-in-Hybridfahrzeugen darf der CO₂ Ausstoß aktuell bei höchstens 50 g/km liegen, um die Förderung in Höhe von 3.000 Euro zu erhalten. Die Mindestanforderungen zu erfüllen ist für die Hersteller sehr attraktiv, da dadurch die Kaufbereitschaft für diese Fahrzeuge steigt. Wie bei Elektro- sowie Brennstoffzellenfahrzeugen werden diese Förderungen nur wirksam, wenn der Netto-Listenpreis des Basismodells 60.000 Euro nicht übersteigt¹².

1.3 USA

1963 gehörten die USA zu den ersten Ländern, die sich um Luftverschmutzung kümmerten und mit dem „Clean-Air-Act“ ein Gesetz verfassten, das seit 1965 ausdrücklich auch den Straßenverkehr als Ursache in den Fokus nimmt.

Noch 2015 hatte die Obama-Regierung mit dem „Clean-Power-Plan“ ehrgeizige Ziele formuliert, um den Ausstoß von Treibstoffgasen zu senken. Hier ging es in erster Linie um die Erzeugung von Strom – in diesem Sektor sollten die Emissionen bis 2030 gegenüber 2005 um 32 % sinken¹³.

¹⁰ Vgl. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/foerderung-elektroautos/>

¹¹ Vgl. <https://www.automobilwoche.de/article/20191108/NACHRICHTEN/311079884/-prozent-regel-bundestag-beschliesst-steuervorteile-fuer-e-autos>

¹² Vgl. https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/emob_merkblatt_antrag_neu_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=5

¹³ Vgl. <https://www.nytimes.com/2017/10/10/climate/epa-clean-power-plan.html>

Schon damals klagten einige republikanische Staaten gegen den Plan, den sie als Kampf gegen die Kohle ansahen. Seit dem Einzug von Donald Trump ins Weiße Haus gibt es eine Serie von Rückschritten, was die staatlichen Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung betrifft. 2018 überholten die USA Saudi Arabien und Russland als weltweit größter Produzent von Rohöl und sind ebenfalls größter Hersteller und auch Exporteur von Erdgas mit zweistelligen Wachstumsraten in diesem Bereich, wobei vor allem Fracking diese enormen zusätzlichen Ressourcen erschließt ¹⁴. Aus wirtschaftlichen Gründen ist darum nachvollziehbar, warum Trump und seine Anhänger aus der Kohle-, Gas- und Ölindustrie den menschengemachten Klimawandel in Frage stellen und nach und nach alle Maßnahmen zur Senkung von Treibhausgasen außer Kraft setzen.

Die Demokraten hoffen nun auf die Präsidentschaftswahlen in 2020, um ihre Klimapläne wieder aufleben zu lassen. Der „Green-New-Deal“, den 2007 der Journalist der New York Times Thomas Friedman im Sinne eines gerechteren und grüneren Amerikas formuliert hatte, gehört zu den Wahlkampfthemen des Demokraten Bernie Sanders. Nicht alle Demokraten können sich mit den Forderungen anfreunden: „Für amerikanische Verhältnisse geht der Plan (...) spektakulär weit: Nicht nur soll die gesamte Wirtschaft der USA samt Transportwesen und Energieproduktion auf den Klimaschutz ausgerichtet werden. Zusätzlich soll ein umfassendes soziales Netz geknüpft werden, das allen Amerikanern eine Krankenversicherung, einen Arbeitsplatz, gesundes Essen, Bildung und eine Wohnung garantiert. So ehrgeizig wie die Ziele ist der Zeitplan. So soll zum Beispiel binnen zehn Jahren nur noch klimaneutraler Strom in Amerika hergestellt werden.“ ¹⁵

Wie sich die Gesetzgebung in den USA künftig entwickeln wird, hängt also maßgeblich von den Präsidentschaftswahlen 2020 ab. Bis dahin steht der Kurs ungebremsst auf Verbrennungsmotoren. Sollten die Demokraten die Mehrheit bekommen, kann man davon ausgehen, dass CO₂-senkende Maßnahmen sehr schnell umgesetzt werden.

Für einen Wandel zurück zu mehr Klimaschutz spricht auch die Situation in Kalifornien. Der Bundesstaat gilt als fünftgrößter Wirtschaftsraum der Welt mit internationaler Strahlkraft, oft als game-changer bezeichnet. Viele Trends, aber auch Vorschriften, die hier ihren Anfang nehmen, werden später US-weit umgesetzt. Schon 1967 gab es hier Emissionsgrenzen für Fahrzeuge, die deutlich härter waren als im Rest der USA und beispielsweise Fahrzeugkatalysatoren den Weg ebneten. Trump würde diesen Sonderstatus gerne beenden, wie er auf Twitter bekannt gab. Nur 32 % stimmten in dem liberalen Staat für ihn.

Bereits 2012 setzte Gouverneur Brown in Kalifornien das Ziel von 1,5 Mio. emissionsfreien Fahrzeugen bis 2015. Im Januar 2018 ordnete er eine verstärkte Förderung von emissionsfreien Fahrzeugen an. Mit 200 Wasserstofftankstellen und 250.000 Ladestationen für Elektroautos soll das neue Ziel von 5 Millionen solcher Fahrzeuge bis 2030 erreicht

¹⁴ Vgl. <https://climateactiontracker.org/countries/usa/>

¹⁵ Vgl. <https://www.sueddeutsche.de/politik/usa-umwelt-demokraten-republikaner-1.4330453>

werden. Mit 350.000 zugelassenen, emissionsfreien Fahrzeugen ist Kalifornien bereits der größte Markt innerhalb der USA, so das Office of Governor 2018 ¹⁶.

13 weitere Bundesstaaten und die Hauptstadt Washington D. C. haben die strengen Emissionsregelungen für Kraftfahrzeuge in Kalifornien bisher übernommen. Demnach müssen Automodelle ab 2026 mit einem Liter Benzin knapp 21 Kilometer zurücklegen (4,8 Liter/100 km). Unter den von Trump angepeilten Vorgaben wären es nur knapp 15 Kilometer (6,7 Liter/100km) ¹⁷. Allerdings sinkt durch die Frackingerfolge in den USA der Ölpreis und damit die Motivation für die Konsumenten, auf elektrische Antriebe umzusteigen.

Erkenntnisse:

Der US-Markt ist derzeit schwer zu beurteilen. Auch, wenn die Trump-Regierung aus rein wirtschaftlichen Gründen alles dafür tut, an fossilen Brennstoffen festzuhalten, kann ein Wahlsieg der Demokraten in 2020 alles wieder umkehren. Für einen Wandel pro Klimaschutz spricht auch die Situation in Kalifornien. Der Staat ist wichtigster Absatzmarkt für Automobile in den USA. Er sieht sich als Pionier des Klimaschutzes, realisiert seit Jahrzehnten seine Ideen zur Not auch ohne den Segen aus Washington und sein Handeln wird oft kopiert. Dem zuwider könnten die sinkenden Ölpreise laufen. Während man über Jahrzehnte Sparsamkeit angesichts endlicher fossiler Brennstoffe gepredigt hat, scheint durch Fracking nun wieder unbegrenzt Öl zur Verfügung zu stehen. Die Einsicht in Veränderung könnte dadurch sinken.

1.4 China

China ist ein Land voller Widersprüche. Es schüttet die meisten Treibhausgase aus, ist der weltweit größte Verbraucher von Kohle, aber gleichzeitig auch der größte Hersteller von Solartechnologien. Setzt es seinen Weg fort, werden die Emissionen dort noch bis mindestens 2030 weiter ansteigen. China hat zwar die Klimaziele von Paris akzeptiert und scheint seine selbst gesteckten nationalen Ziele auch zu erreichen – sie gelten jedoch als zu wenig ambitioniert, um die globale Erwärmung unter 2 Grad zu bringen – weit entfernt von den 1,5 Grad, die in Paris als Ziel formuliert wurden. Derzeit baut China weltweit als Geldgeber oder über Beteiligungen gleichermaßen Kohlekraftwerke und regenerative Kraftwerke. Für welchen Weg sich China letztlich entscheiden wird, wird spürbare Auswirkungen auf das Weltklima haben ¹⁸.

Die Führung in Peking hat schon 2013 einen Aktionsplan gegen Luftverschmutzung formuliert und 200 Milliarden Euro für die Umsetzung bereitgestellt. Das Investment in erneuerbare Energien ist in China höher als in den USA, Europa und Japan zusammen ¹⁹.

¹⁶ Vgl. Studie

<https://www.adelphi.de/en/system/files/mediathek/bilder/%C3%9Cbersicht%20%C3%BCber%20die%20Energiepolitik%20und%20-wirtschaft%20in%20Kalifornien.pdf> Seite 12

¹⁷ Vgl. <https://www.zeit.de/politik/ausland/2019-09/usa-klimapolitik-donald-trump-kalifornien>

¹⁸ Vgl. <https://climateactiontracker.org/countries/china/>

¹⁹ Vgl. <https://www.spiegel.de/politik/ausland/klimaschutz-china-stapelt-oft-tief-und-uebertrifft-sich-dann-selbst-a-1287623.html>



Wirklich beeindruckend ist das Engagement Chinas in Sachen Elektromobilität. So ist China 2018 beim Ranking von Roland Berger das wichtigste Produktionsland für Elektromobilität und glänzt auch bei den Zulassungszahlen mit 1,25 Millionen Fahrzeugen im selben Jahr ²⁰. Der Markt dort wuchs 2018 um 85 %, während das Plus in Europa nur 38 % betrug. Fast die Hälfte der fünf Millionen Elektrofahrzeuge, die 2018 weltweit auf den Straßen unterwegs waren, rollte in China ²¹.

Dabei ging es China bei der Förderung der Technologie möglicherweise anfangs weniger um das Weltklima als darum, die Führerschaft in einer neuen Schlüsseltechnologie zu erlangen und durch diese vielleicht sogar unabhängiger von Ölimporten zu werden. Die Zentralplaner sahen Elektromobilität und ihre eigens für diesen Bereich entwickelten Fahrzeuge vermutlich anfangs eher als Experiment – allerdings mit einem Erfolg, der weltweite Konsequenzen haben könnte. Denn angesichts des gigantischen chinesischen Marktes bleibt Autobauern nichts anderes übrig, als China zu folgen und sich auf Elektromobilität einzulassen ²².

Für die europäischen Hersteller gehört China zum zweitwichtigsten Exportmarkt nach den USA. Mehr als die Hälfte der von China importierten Fahrzeuge sind SUV – wohl der Tatsache geschuldet, dass die in China hergestellten Fahrzeuge eher Klein- und Kleinstwagen sind ²³.

Die Zielvorgaben in China umfassen gleich mehrere Aspekte:

So sollen je Hersteller in 2019 10 % der verkauften Fahrzeuge Elektrofahrzeuge sein – in 2020 12 %. Die so genannte E-Autoquote gilt für alle Hersteller in China, die mehr als 30.000 Fahrzeuge jährlich produzieren. Diese müssen eine Mindestzahl an Autos mit E-Antrieb oder Hybrid produzieren. Verfehlt ein Hersteller die Quote, muss er ähnlich wie beim Emissionshandel entweder Kreditpunkte von anderen Unternehmen dazukaufen oder eine Strafe zahlen. Bei der Quote unterscheidet die Regierung zwischen reinen E-Autos und Hybridmotoren sowie ihrer Reichweite: Rein elektrisch betriebene Fahrzeuge bringen mehr Punkte als Hybride und auch größere Reichweiten bewirken eine bessere Beurteilung ²⁴.

Modelle mit hohem Benzinverbrauch hat die Regierung komplett verboten. Anfang 2018 wurden insgesamt 553 Modelle aus dem Verkehr gezogen – sie dürfen in China nicht mehr gebaut werden, wobei die hohe Zahl durch die gigantische Variantenvielfalt auf dem chinesischen Markt zustande kommt. Nach Aussage der deutschen Automobilindustrie sind dies aber vor allem Modelle mit veralteter Technik, die ohnehin nicht mehr gebaut werden ²⁵.

²⁰ Vgl. Studie https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/Roland-Berger_E-Mobility-Index_2018_D_final-2.pdf Seite 5

²¹ Vgl. <https://www.mckinsey.de/branchen/automobil-zulieferer/electric-vehicle-index>

²² Vgl. <https://www.handelsblatt.com/politik/international/klimapioniere-teil-11-revolution-auf-chinesisch-wie-peking-die-elektromobilitaet-gross-macht/25090592.html?ticket=ST-75981674-MYTVfGdk4eUgfaIDgPIX-ap1>

²³ Vgl. https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Pocket_Guide_2019-2020.pdf Seite 47

²⁴ Vgl. <https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/elektro-quote-in-china-was-die-e-quote-fuer-deutsche-autobauer-bedeutet/20396414.html>

²⁵ Vgl. https://www.focus.de/auto/elektroauto/um-elektroauto-zu-pushen-china-verbietet-die-produktion-von-ueber-500-automodellen-mit-zu-hohem-verbrauch_id_8192596.html

Hinzu kommen diverse Anreize durch Subventionen (ca. 8.000 Euro pro Fahrzeug) oder durch Vorteile bei der Zulassung. So werden in China Nummernschilder versteigert – Elektrofahrzeuge bekommen aber sofort eine Zulassung²⁶.

Experten sehen China heute als Haupttreiber für die Wende der Mobilität. Mit der Offenheit für selbstfahrende Autos hat sich das Land zum globalen Testgelände und Zukunftsmarkt auch für große ausländische Hersteller entwickelt. Erst vor kurzem haben deutsche Autokonzerne die Erlaubnis für den Testbetrieb von autonomen Fahrzeugen auf den Straßen von Peking und Shanghai erhalten. Parallel treibt die Regierung Initiativen zur Vernetzung von Fahrzeugen sowohl mit anderen Fahrzeugen (Car2Car) als auch mit mobilen Endgeräten und elektronischen Straßenschildern (Car2X) voran²⁷.

Abbildung 3 zeigt die Zielvorgaben Chinas im globalen Kontext.

Erkenntnisse:

China entwickelt sich zu einem Technologieführer und Treiber für Elektromobilität. Die elektrischen Antriebe sind dabei erst der Anfang – autonomes Fahren und Vernetzung stehen ganz klar im Fokus der Politik. Der zentralistisch organisierte Staat kann besonders einfach die Infrastruktur für diese Technologien schaffen und Entwicklungen mit Subventionen forcieren. Europäische Hersteller orientieren sich in ihren Entscheidungen darum stark an dem, was in China passiert und müssen dies auch, um ihren Exportmarkt nicht zu gefährden.

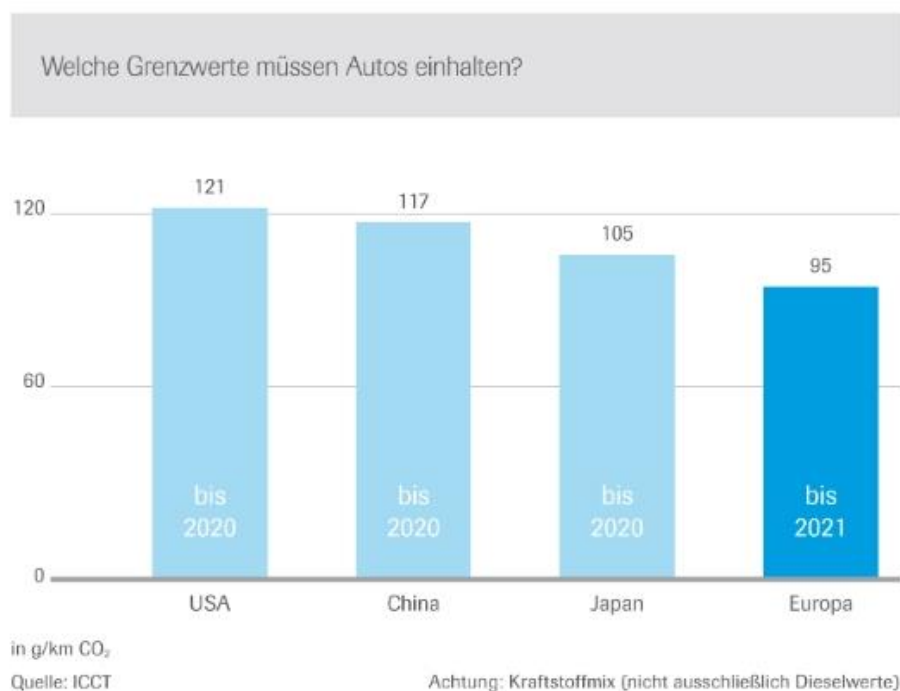


Abbildung 3: Grenzwerte 2020 global²⁸

²⁶ Vgl. <https://www.autozeitung.de/china-elektroquote-136922.html#>

²⁷ Vgl. <https://www.rolandberger.com/de/Media/Mobilit%C3%A4t-der-Zukunft-China-ist-Spitzenreiter.html>

²⁸ Vgl. <https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/diesel/grenzwerte.html>

2 Technologische Rahmenbedingungen

2.1 Übersicht der Antriebstechnologien mit Potenzial zur CO₂-Reduktion

Die potenziellen, heute marktreifen Antriebskonzepte für PKW und leichte Nutzfahrzeuge sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Liste beginnt mit den konventionellen Verbrennungsmotoren, die heute standardmäßig mit Otto- oder Dieselmotoren betrieben werden. Eine Alternative besteht im Betrieb des Verbrennungsmotors mit Gas. In Deutschland waren unter den neuzugelassenen PKW im Jahr 2018 laut Kraftfahrtbundesamt 62,4 % benzinbetrieben, 32,3 % dieselbetrieben und 0,4 % gasbetrieben (0,3 % erdgasbetrieben und 0,1 % flüssiggasbetrieben) ²⁹. Eine potenzielle weitere Möglichkeit besteht im Betrieb der Fahrzeuge mit synthetisch hergestellten Kraftstoffen (E-Fuels) oder mit Wasserstoff.

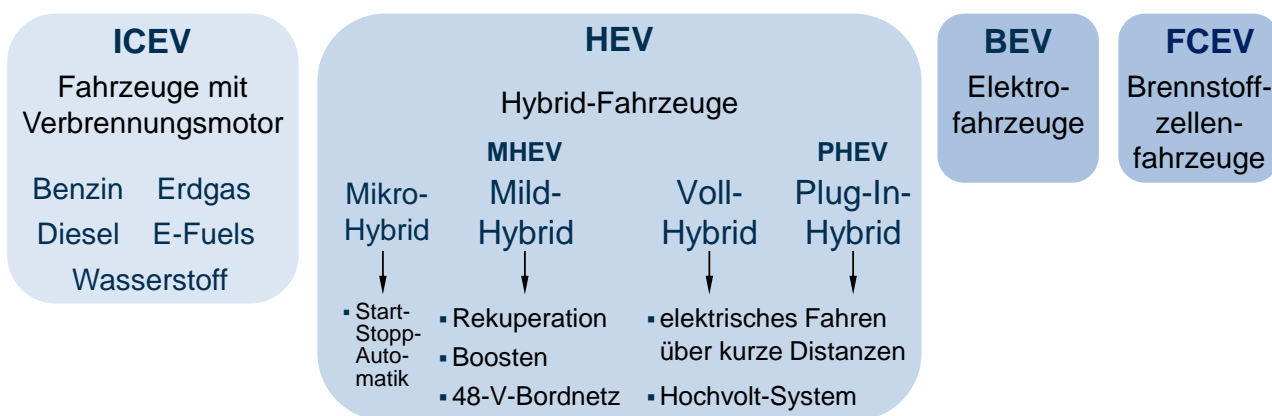


Abbildung 4: Prinzipielle Möglichkeiten zur Realisierung von Fahrtrieben

Ausgehend von den rein verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen besteht der erste Schritt der Elektrifizierung des Antriebs im Einsatz einer Start-Stopp-Automatik. Diese oftmals als Mikro-Hybridisierung beschriebene Technologie schaltet den Verbrennungsmotor im Stand ab (z.B. an einer Ampel) und startet ihn beim Wiederauffahren automatisch. Diese Funktion wird von den Herstellern in Neufahrzeugen heute bereits nahezu flächendeckend eingesetzt.

Die nächste Stufe der Elektrifizierung führt dann zum Mild-Hybrid-Fahrzeug (MHEV), bei dem über die Start-Stopp-Funktionalität und die Möglichkeit zur Rekuperation hinausgehend der Verbrennungsmotor durch einen Elektromotor beim Beschleunigen (sogenannte Boost-Funktion) und bei Konstantfahrt (sogenanntes Segeln) unterstützt werden kann. Zukünftig wird die Funktionalität des MHEV überwiegend auf der Grundlage eines 48-V-Bordnetzes realisiert werden.

Voll-Hybrid-Fahrzeuge (HEV) werden im Unterschied zu MHEV mit Hochvolt-Technologie betrieben. Hochvoltantriebe in HEV erlauben ein rein elektrisches Fahren, jedoch in der

²⁹ Vgl. Kraftfahrtbundesamt, Pressemitteilung Nr. 01/2019 Fahrzeugzulassungen
https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/Fahrzeugzulassungen/pm01_2019_n_12_18_pm_komplett.html?nn=214174
8

Regel in einem eingeschränkten Leistungsbereich. Rüstet man das Vollhybridfahrzeug zusätzlich mit einer externen Lademöglichkeit aus, so ergibt sich das Plug-In-Hybrid-Fahrzeug (PHEV). In heutigen Ausführungen reicht beim PHEV die Kapazität einer voll aufgeladenen Batterie für Fahrdistanzen bis ca. 50 km.

Während bei den zuvor beschriebenen Hybridfahrzeugen der Verbrennungsmotor den Primärtrieb für das Fahrzeug darstellt, wirkt beim batterieelektrisch betriebenen Fahrzeug (BEV) ein Elektromotor als Primärtrieb und damit als alleiniger Fahrtrieb. Reichweite und Kosten von BEV werden in erheblichem Umfang durch die Speicherkapazität der Batterie bestimmt.

Als weitere – in regelmäßigen Abständen immer wieder intensiv diskutierte – Technologie ist der Brennstoffzellenantrieb zu nennen. Fuel-Cell-Electric-Vehicle (FCEV) werden mittlerweile von mehreren Fahrzeugherstellern als Serienfahrzeuge angeboten. Auch hier ist der Primärtrieb ein Elektromotor, jedoch verfügt die Batterie des Fahrzeugs nur über eine geringere Speicherkapazität, weil sie kontinuierlich über die Brennstoffzelle wieder aufgeladen wird.

2.2 Bewertung der unterschiedlichen Antriebstechnologien

Insgesamt ergibt sich damit eine breit gefasste Palette an unterschiedlichen Antriebsmöglichkeiten für die nähere Zukunft. Aus mehreren Gründen sind die Zukunftsperspektiven für die einzelnen Antriebstechnologien jedoch unterschiedlich zu bewerten. Welche Prognosen für die jeweiligen Technologien heute abgegeben werden können und welche Begründungen hinter diesen Prognosen stehen, wird für die einzelnen Antriebstechnologien nachfolgend beschrieben.

2.2.1 Verbrennungsmotoren

Die Verbrennungsmotoren stellen bis heute die wichtigste Antriebstechnologie dar, wobei je nach Markt die Verteilung zwischen Benzin-, Diesel- und Gasbetriebenen Motoren unterschiedlich ist. Verbrennungsmotoren besitzen auch heute noch Potenziale zur Reduktion des Verbrauchs und damit der CO₂-Emissionen. In erster Linie sind in diesem Zusammenhang die Maßnahmen Downsizing, also die Reduzierung der Zylinderzahl, Zylinderabschaltung, Motoraufladung, Direkteinspritzung und variable Ventilsteuerung zu nennen. Vergleicht man die unterschiedlichen Kraftstoffe hinsichtlich ihres CO₂-Ausstoßes, so lassen sich im Vergleich zum „Standard-Kraftstoff“ Benzin die folgenden Aussagen treffen:

- Dieselantrieb:

Diesel besitzt im Vergleich mit Benzin eine um etwa 15 % verbesserte Bilanz hinsichtlich der CO₂-Emissionen. Zu berücksichtigen ist, dass es für die Einhaltung der aktuellen Schadstoffgrenzwerte für Stickoxide notwendig ist, zusätzlich zum Dieselmotorkraftstoff anteilig 8 % - 10 % der wässrigen Harnstofflösung AdBlue zu tanken, um eine Abgasnachbehandlung durch einen SCR-Katalysator (SCR = Selective Catalytic Reduction) zu ermöglichen. Die Reduktion der Stickoxide durch einen SCR-

Katalysator ist nach heutigem Stand diejenige Technologie, mit der die Einhaltung zukünftiger Abgasgrenzwerte realisierbar ist. Mit ihrem Einsatz steigt aber sowohl der technische Aufwand zur Abgasnachbehandlung in Dieselmotoren als auch der Aufwand beim Tanken eines Dieselfahrzeugs.

- Antrieb mit Erdgas CNG (Compressed Natural Gas):
Erdgas besitzt verglichen mit Benzin eine um etwa 25 % verbesserte CO₂-Bilanz und kann damit einen Beitrag zur Reduzierung klimaschädlicher Gase durch Verbrennungsmotoren leisten. Der Vermeidung des Austritts von Methan in die Atmosphäre muss hierbei Aufmerksamkeit gewidmet werden, weil Methan als Klimagas etwa 25-mal so stark wirkt wie CO₂.
- Antrieb mit verflüssigtem Erdgas LNG (Liquid Natural Gas):
Hinsichtlich der CO₂-Bilanz gelten hier die gleichen Aussagen, wie für CNG. Problematisch ist der hohe Aufwand für die Tiefkühlung sowie die aufwändige Tankstellentechnologie, so dass nach heutigem Stand LNG in PKW (im Unterschied zu großen Nutzfahrzeugen) keine sinnvolle Alternative zu CNG darstellt.
- Antriebe mit E-Fuels
Synthetisch hergestellte Kraftstoffe (E-Fuels) sind vom Grundsatz her zunächst klimaneutral, weil das CO₂, das nach der Verbrennung vom Fahrzeug emittiert wird, bei der Kraftstoffherstellung bereits aus der Atmosphäre entnommen wurde. Je nach Endprodukt spricht man hier von den Möglichkeiten Power-to-Gas (z.B. Herstellung von Methan) oder Power-to-Liquid (z.B. Herstellung von Diesel). Infolge der Synthetisierung sind die entstehenden Kraftstoffe besonders rein und verbrennen entsprechend sauber. Nachteilig ist der hohe Einsatz an elektrischer Energie, der zur Herstellung der synthetischen Kraftstoffe notwendig ist. So wird in unterschiedlichen Veröffentlichungen (u.a. ³⁰) ein bis zu fünfmal höherer Einsatz an elektrischer Energie gegenüber dem direkten Einsatz von elektrischem Strom zur Antriebserzeugung (BEV) genannt. Dies wäre im Sinne einer Well-to-Wheel-Betrachtung dann vertretbar, wenn regenerativ erzeugter Strom im Überfluss zur Verfügung stehen würde, was jedoch in absehbarer Zukunft nicht der Fall ist. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist die politische Bereitschaft zur Förderung von E-Fuels zurzeit eher gering. Hinzu kommt, dass Anlagen zur Herstellung der synthetischen Kraftstoffe im großtechnischen Maßstab nicht vorhanden sind. Es ist daher davon auszugehen, dass E-Fuels in näherer Zukunft keine stückzahlrelevante Option für einen klimaneutralen Betrieb von ICEV darstellen werden.
- Antriebe mit Wasserstoff
Eine ähnliche Bewertung kann beim Einsatz von Wasserstoff als Energieträger vorgenommen werden. Auch hier gilt die Aussage, dass der benötigte Einsatz an

³⁰ Vgl. Markus Lienkamp, Florian Homm: „Status Elektromobilität 2018: Der Kunde wird es entscheiden“
https://www.researchgate.net/publication/323561073_Status_Elektromobilitat_2018_-_Ausblick_Geschäftsmodelle_und_Strategie



elektrischer Energie zur Herstellung des Wasserstoffs sehr hoch ist³¹. Somit ist für die nähere Zukunft davon auszugehen, dass Wasserstoff als Energieträger in Verbrennungsmotoren von PKW keine relevante Rolle spielen wird.

Als generelle Aussage lässt sich feststellen, dass vor dem Hintergrund der beschriebenen Vor- und Nachteile potenzieller Energieträger für Verbrennungsmotoren und unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten zur Verbrauchsreduktion davon ausgegangen werden muss, dass die Flottenemissionsgrenzwerte, wie sie beispielsweise in der EU zukünftig gelten werden, mit nicht-elektrifizierten also rein verbrennungsmotorischen Antrieben nicht erreicht werden können³².

2.2.2 Hybridantriebe

Ein Hybridkraftfahrzeug bezeichnet nach der EU-Richtlinie 2007/46/EG³³ ein Fahrzeug mit mindestens zwei verschiedenen Energiewandlern und zwei verschiedenen Energiespeichersystemen (im Fahrzeug) zum Zwecke des Fahrzeugantriebs. Bei allen in diesem Abschnitt beschriebenen Hybridkonzepten stellt der Verbrennungsmotor das primäre Antriebsaggregat dar und wird - abhängig vom Grad der Hybridisierung - unterschiedlich stark durch einen elektrischen Antrieb unterstützt.

2.2.2.1 Stufen der Hybridisierung

Die Start-Stopp-Automatik, in der Vergangenheit auch häufiger als **Mikro-Hybridisierung** bezeichnet, bietet die Möglichkeiten einer eingeschränkten Rekuperation und einer Abschaltung des Verbrennungsmotors in Standphasen, um damit, insbesondere im Stadtverkehr, eine Verbrauchsreduktion zu erreichen. Diese einfachste Form der Hybridisierung von Verbrennungsmotoren wird heute üblicherweise in Verbindung mit einem 12-V-Bordnetz ausgeführt. Sie ist in den Ausführungen als Riemen-Starter-Generator (RSG) oder Kurbelwellen-Starter-Generator (KSG) mittlerweile fast flächendeckend bei Neufahrzeugen in Serie und besitzt eine eingeschränkte Generatorleistung im Bereich von 2 – 4 kW³⁴.

Eine Weiterentwicklung der Start-Stopp-Automatik bildet die **milde Hybridisierung**, die in der Regel als sogenannter Parallelhybridantrieb ausgeführt ist. Bei dieser Form der Hybridisierung sind je nach Konfiguration neben der Start-Stopp-Funktionalität und dem Rekuperieren auch eine Beschleunigungsunterstützung (Boosten), eine über den Elektromotor realisierte Konstantfahrt (Segeln) und in den Konfigurationen P3 und P4 auch ein rein elektrisches Fahren mit eingeschränkter Leistungsfähigkeit möglich. Die unterschiedlichen Konzepte zur parallelen Anordnung von Verbrennungsmotor und E-

³¹ Vgl. Markus Lienkamp, Florian Homm: „Status Elektromobilität 2018: Der Kunde wird es entscheiden“
https://www.researchgate.net/publication/323561073_Status_Elektromobilitat_2018_-_Ausblick_Geschäftsmodelle_und_Strategien

³² Vgl. Institut für Kraftfahrzeuge Aachen
„CO₂-Emissionsreduktion bei PKW und leichten Nutzfahrzeugen 2020“
Abschlussbericht 123320 zum Dienstleistungsprojekt 59/12,
Auftraggeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2014

³³ Vgl. Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates
„Rahmen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern“

³⁴ Vgl. Hofmann, Peter:
„Hybridfahrzeuge – Ein alternatives Antriebssystem für die Zukunft“
Springer Verlag Wien, 2014

Maschine im Antriebsstrang zeigt Abbildung 5. In zukünftigen Mild-Hybrid-Fahrzeugen (MHEV) wird diese Technologie vorzugsweise in Verbindung mit einem 48-V-Bordnetz eingesetzt. Im Vergleich zum 12-V-Bordnetz lassen sich damit deutlich größere elektrische Leistungen umsetzen (üblich ist ein Bereich von 8 – 15 kW), wobei die Technologie im Vergleich mit einem Hochvoltsystem immer noch vergleichsweise kostengünstig realisiert werden kann. Am gängigsten werden in der näheren Zukunft insbesondere die P0- und ggf. auch die P1-Anordnung sein, weil sie für die Kupplung und das Getriebe keine Sonderlösungen erfordern. Nachteilig bei diesen Anordnungen ist, dass sie keine Entkopplung von E-Maschine und Verbrennungsmotor ermöglichen, so dass die Reibleistung des Verbrennungsmotors stets als Verlustleistung anfällt. Erst mit der P2-Anordnung, die allerdings eine zweite Kupplung zwischen E-Maschine und Getriebe benötigt, wird ein elektrisches Fahren mit eingeschränkter Leistungsfähigkeit (z.B. Stauschieben, elektrisches Fahren bis ca. 30 km/h) realistisch möglich sein. Nach ATZ³⁵ ermöglichen P0- und P1-Anordnungen CO₂-Reduktionen im WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) in der Größenordnung von 2 – 3,5 %, mit der P2-Anordnung lassen sich ca. 15 % erreichen.

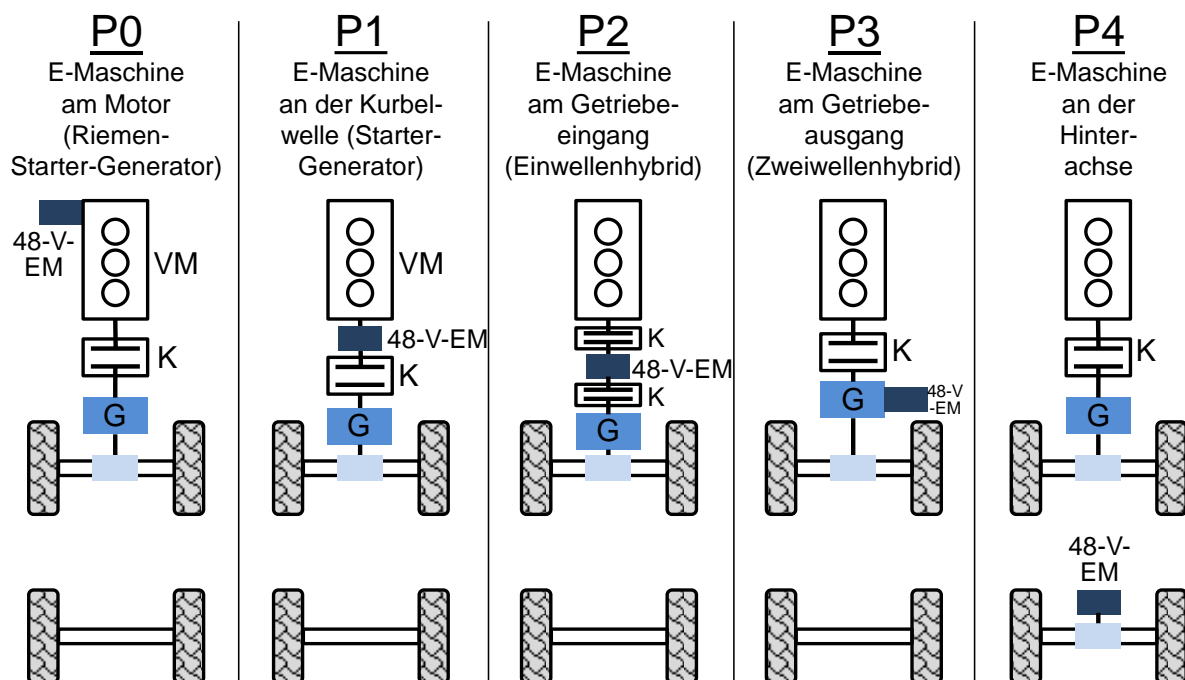


Abbildung 5: Konzepte zur parallelen Anordnung von Verbrennungsmotor und E-Maschine

Erst mit einem Voll-Hybrid-Fahrzeug (HEV), das in der Regel auf der Grundlage eines Hochvoltantriebs realisiert wird, ist rein elektrisches Fahren auch im höheren Leistungsbereich möglich. Üblich sind heute Spannungen von 200 - 400 V. Werden HEV zusätzlich mit einer externen Lademöglichkeit ausgerüstet, so spricht man von Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen (PHEV). Wenn ein PHEV wiederholt nur über kurze Distanzen bewegt und zwischenzeitlich aufgeladen wird, ist mit diesem Konzept ein rein elektrischer

³⁵ Vgl. Dr. Martin Fritz, Tobias Hillenbrand, Thomas Pfund
„48-V-Technologien im Fahrzeug“
ATZ-Extra 48 Volt, Ausgabe April 2017, Springer-Verlag

Fahrbetrieb möglich. Lediglich über längere Distanzen, wenn die in der Batterie des PHEV gespeicherte Energie nahezu aufgebraucht ist oder für Fahrsituationen mit hohen Leistungsanforderungen, wird der Verbrennungsmotor als Antrieb benötigt. Ein (P)HEV kann somit einerseits einen emissionsfreien Betrieb z.B. in der Stadt und andererseits die vom Verbrennungsmotor gewohnten großen Reichweiten ermöglichen. Allerdings führt die Präsenz von zwei Antriebssystemen (vollwertiger Verbrennungsmotor und Hochvolt-Elektroantrieb) zu einer Gewichtserhöhung im Fahrzeug und darüber hinaus zu erhöhten Anschaffungskosten gegenüber ICEV und MHEV. Teilweise haben PHEV etwas eingeschränkte Zuladungsmöglichkeiten, weil sowohl ein Tank als auch eine Batterie (üblich sind Speicherkapazitäten zwischen 8 und 15 kWh) im Fahrzeug untergebracht werden müssen. Die elektrische Reichweite beträgt in der Regel ca. 50 km.

2.2.2.2 Hybridkonzepte

Je nach Anordnung von Verbrennungsmotor und E-Maschine spricht man von einem seriellen, parallelen oder leistungsverzweigten Hybridantrieb. Die grundlegenden Architekturen sind in Abbildung 6 dargestellt. Bei einem seriellen Hybridantrieb sind Verbrennungsmotor, Generator und Elektroantrieb in Reihe geschaltet, so dass in dieser Konfiguration der Verbrennungsmotor nicht direkt auf die Antriebsräder wirkt, sondern mittels eines Generators entweder unmittelbar der elektrische Antriebsmotor versorgt oder eine Batterie geladen wird. Vorteilhaft bei dieser Anordnung ist, dass der Verbrennungsmotor stets im optimalen Betriebspunkt und damit verbrauchsgünstig und emissionsarm betrieben werden kann. Nachteilig sind dagegen die Verluste durch die mehrfache Energiewandlung, so dass auf langen Strecken mit wenig Möglichkeit zur Rekuperation von Bremsenergie (typischer Autobahnbetrieb) der Gesamtwirkungsgrad eines seriellen Hybridantriebs sogar schlechter sein kann, als der eines konventionellen Verbrennungsmotors. Sinnvoll ist der Einsatz dagegen in Fahrzeugen, die stark transient mit niedrigen Geschwindigkeiten im urbanen Umfeld betrieben werden³⁶. Ein typisches Einsatzgebiet für serielle Hybridfahrzeuge sind daher Stadtbusse, weil bei diesen Fahrzeugen infolge des permanenten Betriebs im Teillastbereich mit einem seriellen Hybridantrieb Verbrauchsvorteile zu erzielen sind.

Prinzipiell kann ein Elektrofahrzeug mit Range Extender (REEV) als serielles Hybridfahrzeug aufgefasst werden, wobei hier – im Unterschied zur Anwendung in einem Stadtbus – die Leistungen des Verbrennungsmotors und des Generators deutlich kleiner sind als die Leistung des als Fahrtrieb wirkenden Elektromotors. In REEV wird durch Verbrennungsmotor und Generator lediglich die Reichweite vergrößert, wenn die Batterieladung nahezu erschöpft ist. Ein permanentes Laden der Batterie ist hierbei nicht vorgesehen. Da einerseits das Tankvolumen von Range Extendern in Elektrofahrzeugen durch gesetzliche Vorgaben auf 9 Liter beschränkt ist und andererseits durch steigende Energiedichten der Batterien sowie den Ausbau einer Schnellladeinfrastruktur die

³⁶ Vgl. Andreas Balazs
„Optimierte Auslegung von ottomotorischen Hybridantriebssträngen unter realen Fahrbedingungen“
Dissertation, RWTH Aachen, 2015

Reichweitenproblematik von Elektrofahrzeugen stetig abnimmt, ist für die Zukunft davon auszugehen, dass REEV sich bei PKW eher nicht durchsetzen werden ³⁷.

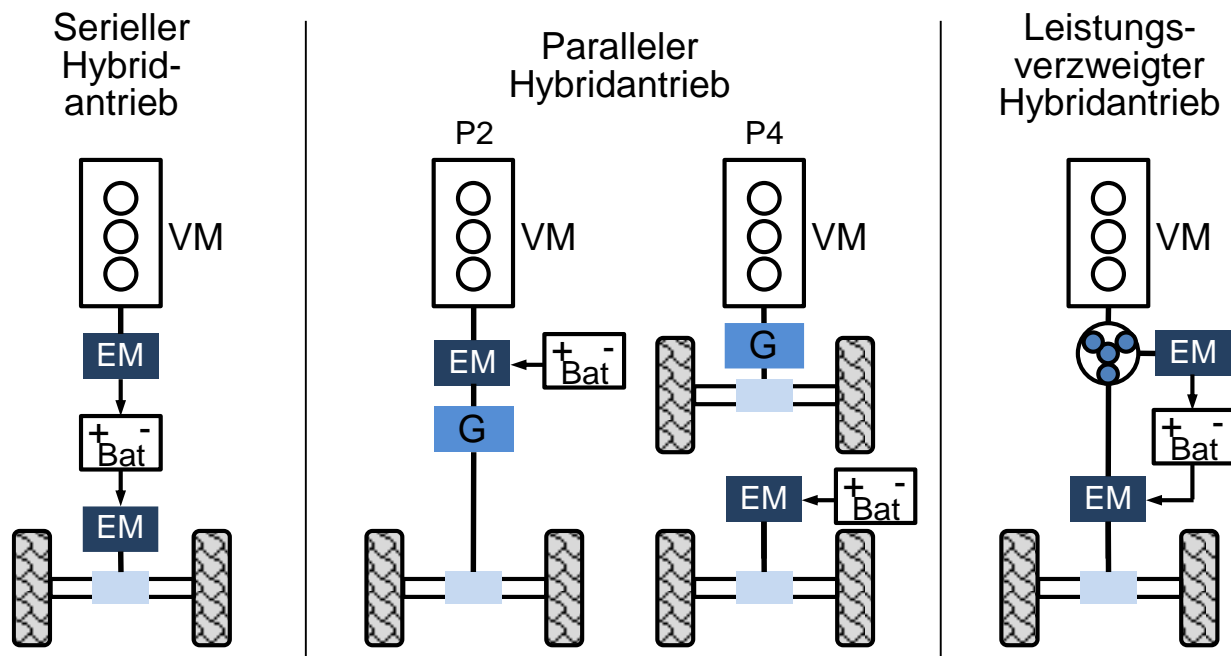


Abbildung 6: Ausführungen von Hybridantrieben

Bei der Parallelhybridanordnung wirken sowohl der Verbrennungs- als auch der Elektromotor direkt auf die Antriebsräder. Die Leistungen von Verbrennungs- und Elektromotor können dabei durch eine Drehzahladdition (mittels eines Planetengetriebes), durch eine Momentenaddition (mit Stirnrad- oder Zugmittelgetriebe) sowie durch Zugkraftaddition (jede Antriebsmaschine wirkt separat auf eine Antriebsachse) gekoppelt werden. Damit entsprechen die zwei erstgenannten Ausführungen den P2- bzw. P3-Anordnungen gemäß Abbildung 5 und die dritte Variante der P4-Anordnung. Vorteilhaft bei einem HEV / PHEV mit Parallelanordnung ist die Möglichkeit, das verbrennungsmotorische Antriebssystem in erster Linie auf die Fahrsituationen mit hohem Leistungsbedarf auszulegen (z.B. Autobahnfahrt) und den elektrischen Antrieb aufgrund des höheren Wirkungsgrades auf den Teillastbereich (insbesondere Stadtverkehr). Im Vergleich zu den leistungsverzweigten Hybridantrieben bieten Parallelhybridantriebe bei geringerem konstruktivem Aufwand ein nahezu identisches Potential zur Verbrauchsreduzierung ³⁸.

Bei den leistungsverzweigten Hybridantrieben (engl. Power-Split-Hybrid) wird die zu übertragende Antriebsleistung in einen mechanischen und einen elektrischen Pfad aufgeteilt. Dabei übernimmt ein Planetengetriebe die zentrale Rolle bei der Aufteilung der Leistung zwischen dem mechanischen und dem elektrischen Zweig. Ein wesentlicher Vorteil

³⁷ Vgl. Markus Lienkamp: „Status Elektromobilität 2016 oder wie Tesla nicht gewinnen wird“ https://www.researchgate.net/publication/304247929_STATUS_ELEKTROMOBILITAT_2016_ODER_WIE_TESLA_NICHT_GEWINN_EN_WIRD

³⁸ Vgl. Andreas Balazs „Optimierte Auslegung von ottomotorischen Hybridantriebssträngen unter realen Fahrbedingungen“ Dissertation, RWTH Aachen, 2015



dieser Anordnung besteht darin, dass – ähnlich wie beim seriellen Hybrid – der Betriebspunkt des Verbrennungsmotors weitgehend unabhängig vom Fahrzustand ist, so dass der Verbrenner stets in einem verbrauchsgünstigen Bereich betrieben werden kann. Als Nachteil sind die konstruktive Komplexität des Antriebs und die damit verbundenen Kosten zu sehen. Der leistungsverzweigte Hybridantrieb wird insbesondere von dem Hersteller Toyota bereits seit mehreren Jahren in großen Stückzahlen eingesetzt.

2.2.3 Batterieelektrische Antriebe

Bei einem batterieelektrisch betriebenen Fahrzeug (BEV) ist der einzige im Fahrzeug vorhandene Fahrtrieb ein Elektromotor, der seine Energie aus einer Batterie entnimmt. Übliche Spannungswerte liegen zwischen 300 und 400 V, im Luxussegment teilweise bis 800 V. Die Speicherkapazitäten der Batterie reichen von ca. 15 kWh für kostengünstige Kleinwagen bis zu 90 kWh im Premiumsegment. Aufgrund des hohen Kostenanteils der Batterie, stellt bei BEV im Unterschied zu ICEV weniger die Antriebsleistung als vielmehr die Speicherkapazität der Batterie und daraus resultierend die Reichweite des Fahrzeugs ein wesentliches Differenzierungsmerkmal dar.

Wurden in der jüngeren Vergangenheit teilweise optional (wie beim BMW i3) BEV-Konzepte mit einem zusätzlichen kleinen Verbrennungsmotor als Reichweitenverlängerung angeboten (also REEV), so ist – wie bereits in Abschnitt 2.2.2 ausgeführt wurde – im Zusammenhang mit größeren Speicherkapazitäten der Batteriemodule und der relativ schlechten Wirkungsgrade bei der Energieumwandlung davon auszugehen, dass BEV-Konzepte in der Zukunft ohne Range-Extender ausgeführt werden.

Betrachtet man die prognostizierten Entwicklungen bei Kapazitäten und Kosten für den Energiespeicher Batterie, so geht eine Reihe von Studien von den folgenden Prämissen für die nähere Zukunft aus (u.a. ^{39 40 41}):

- Batteriezellen auf der Grundlage der Lithium-Ionen-Technologie werden auf absehbare Zeit den Stand der Technik darstellen
- bei den Kosten für die Batterie erscheinen 100 € je kWh in 2025 bei großen Abnahmevolumina realistisch
- für zukünftige BEV sind Reichweiten im WLTP über 400 km und damit Reichweiten „vor Kunde“ von ca. 300 km realistisch
- mit BEV werden in der absehbaren Zukunft bei vertretbaren Fahrzeugkosten keine Reichweiten vor Kunde erreichbar sein, die heute mit ICEV realisiert werden können.

³⁹ Vgl. Stefan Bratzel, Jürgen Thömmes
„Alternative Antriebe, Autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen“
Heinrich-Böll-Stiftung, Schriften zur Wirtschaft und Soziales, Band 22, 2018

⁴⁰ Vgl. Axel Thielmann, Andreas Sauer, Martin Wietschel
„Gesamt Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030“
Studie Fraunhofer ISI, 2015

⁴¹ Vgl. Johannes Winterhagen: „Evolution statt Revolution – Die Lithium-Ionen-Batterie bleibt auf absehbare Zeit der einzige Stromspeicher für Elektrofahrzeuge“
erschienen in: Automobilwoche EDITION „GENERATION E“, 2017

2.2.4 Brennstoffzellenantriebe

Grundsätzlich ist ein Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV) ein elektrisch betriebenes Fahrzeug, bei dem eine Brennstoffzelle zur On-Board-Erzeugung der elektrischen Energie aus Wasserstoff eingesetzt wird, so dass die Batterie in diesen Fahrzeugen mit deutlich kleinerer Kapazität ausgeführt sein kann. Wie bereits in Abschnitt 2.2.1 zum Energieträger Wasserstoff ausgeführt wurde, liegt ein Nachteil der Technologie heute noch in dem großen Einsatz an elektrischer Energie, die für die Produktion des Wasserstoffs als Energieträger im Fahrzeug notwendig ist. Ohne regenerativ erzeugten Strom, der im Überfluss verfügbar ist, wäre eine Wasserstoffproduktion in großem Maßstab unter dem Gesichtspunkt des Gesamtenergieeinsatzes fragwürdig. Die steigenden Reichweiten in BEV lassen darüber hinaus den Reichweitenvorteil eines Brennstoffzellenantriebs in PKW und leichten Nutzfahrzeugen immer weiter schrumpfen. Darüber hinaus ist der zurzeit noch sehr hohe konstruktive Aufwand für einen kompletten Brennstoffzellenantrieb als nachteilig zu sehen.

Obwohl heute FCEV von einer Reihe von Herstellern in Serie angeboten werden, ist daher für die mittlere Zukunft nicht davon auszugehen, dass diese Antriebsart in PKW ein relevantes Stückzahlpotential erobern wird⁴². Jedoch kann die Brennstoffzelle in der Zukunft bei schweren Nutzfahrzeugen eine sinnvolle Antriebstechnologie darstellen, weil dort nach heutigem Stand aufgrund des hohen Gewichtsanteils für die Batterie ein batterieelektrischer Antrieb nicht sinnvoll erscheint⁴³.

2.3 Szenarien zur Entwicklung der Antriebstechnologien in unterschiedlichen Wirtschaftsräumen

Für die Zulieferer der Automobilunternehmen ist es essentiell, belastbare Aussagen über die Entwicklung der Antriebstechnologien in den nächsten Jahrzehnten zu erhalten, um entsprechende Vorbereitungen für Investitionen, Personalentwicklung oder strategische Veränderungen treffen zu können. Idealerweise liefern diese Vorhersagen ein differenziertes Bild für die wichtigen globalen Märkte und bilden im optimalen Fall auch die unterschiedlichen Strategien und Planungen der einzelnen OEM mit ab. Grundsätzlich ist bei der Betrachtung bekannter Studien zu erkennen, dass diese sowohl hinsichtlich der prognostizierten Anteile für die jeweiligen Antriebstechnologien als auch bei der Bewertung der unterschiedlichen Märkte stark streuen, wobei naturgemäß die Streubreite mit der Größe des betrachteten Zeithorizontes ansteigt. Zwar lassen sich bei einer entsprechend großen Anzahl an relevantem Datenmaterial einige Trends abschätzen und begründete Prognosen ableiten. Dennoch kann bereits an dieser Stelle die Aussage getroffen werden, dass eine intensive Betrachtung und Analyse der Entwicklungen über die nächsten Jahre unabdingbar sein wird.

⁴² Vgl. Andreas Burkert
„Die Brennstoffzelle – Zwischen Euphorie und Ernüchterung“
ATZ 04/2019, Springer-Verlag

⁴³ Vgl. „Nicht jeder batterieelektrische Antrieb ergibt für schwere Nutzfahrzeuge Sinn“
Interview in atz heavyduty, Ausgabe 02/2019, Springer Verlag

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus verschiedenen Studien dargestellt und kommentiert.

1. Studie für den Verband für Massivumformung aus dem Jahr 2018, „Elektromobilität – Quo vadis 2030?“⁴⁴
 - Grundlage der Studie sind rund 100 Veröffentlichungen
 - Prognose BEV für 2025:
 - konservatives Szenario => 5 % BEV
 - Basis-Szenario => 8 % BEV
 - progressives Szenario => 15 % BEV
 - Szenario für 2030:
 - konservatives Szenario => 77,0 % Verbrenner, 13,4 % Vollhybride, 9,6 % BEV
 - Basis-Szenario => 70,4 % Verbrenner, 16,4 % Vollhybride, 13,2 % BEV
 - progressives Szenario => 60,3 % Verbrenner, 15,3 % Vollhybride, 24,4 % BEV
 - benannt sind jeweils die Anteile an der Global Light Vehicle-Produktion
 - Grundlagen für die jeweiligen Szenarien:
 - das progressive Szenario basiert auf den Zielen und Ankündigungen der OEM,
 - das Basis-Szenario basiert auf der tatsächlichen Umsetzbarkeit, vor allem bezogen auf die Kobalt- und Batteriezellenproduktion sowie entsprechender Bereitstellung von privater und öffentlicher Ladeinfrastruktur,
 - das konservative Szenario fußt auf dem Basis-Szenario und geht von zeitlichen Verzögerungen in der Errichtung der Lade-Infrastruktur und temporären Produktionsengpässen sowie darüber hinaus einer zeitlichen Verschiebung politischer Ziele aus
2. ELAB-Studie „ELAB - Wirkungsanalyse alternativer Antriebskonzepte am Beispiel einer idealtypischen Antriebsstrangproduktion“, Abschlussbericht 2012⁴⁵
 - Marktszenarien auf der Grundlage von veröffentlichten Studien, unter anderem von Firmen und Beratungsunternehmen, sowie Ergebnisse nationaler und internationaler Forschungsprojekte
 - ELAB Referenz-Szenario als ausgewogenes Mittel der analysierten Studien, die Anteile benennen die Antriebskonzepte im weltweiten Neuwagengeschäft:
 - 2030: 55 % ICEV und MHEV, 30 % HEV und REEV, 10 % BEV, 5 % FCEV
 - 2050: ca. 15 % ICEV + MHEV, ca. 35 % HEV + REEV, ca. 40 % BEV, ca. 10 % FCEV
3. ELAB-2-Studie „ELAB 2.0 – Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland“, Abschlussbericht 2018⁴⁶

⁴⁴ Vgl. David Felz, Sebastian Lüttig:
„Elektromobilität – Quo vadis 2030?“
erschieden in: Massivumformung, Ausgabe September 2018

⁴⁵ Vgl. Dieter Spath, Wilhelm Bauer, et.al.:
„ELAB – Wirkungsanalyse alternativer Antriebskonzepte am Beispiel einer idealtypischen Antriebsstrangproduktion“
Studienergebnisse, Hans-Böckler-Stiftung, 2012

⁴⁶ Vgl. Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, et. al.: „ELAB 2.0 – Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland“ Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
Abschlussbericht 2018

- Szenarien für die Produktion eines fiktiven Herstellernetzwerkes in Europa
- Stand 2025:
 - Szenario 1: 75 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 15 % BEV
 - Szenario 2: 70 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 20 % BEV
 - Szenario 3: 50 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 40 % BEV
- Stand 2030:
 - Szenario 1: 60 % ICEV und MHEV, 15 % PHEV und HEV, 25 % BEV
 - Szenario 2: 40 % ICEV und MHEV, 20 % PHEV und HEV, 40 % BEV
 - Szenario 3: 10 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 80 % BEV
- Szenario 1 geht von einem moderaten Anstieg der elektrifizierten Antriebe aus, inspiriert vom Benchmark-Ansatz der EU-Kommission zur CO₂-Zielerreichung
- Szenario 2 würde eintreten, wenn regulatorische Maßnahmen in Kraft träten, die die Elektromobilität direkt oder indirekt fördern, wie z.B. Einfahrtsverbote für ICEV auf kommunaler oder regionaler Ebene
- Szenario 3 könnte das Ergebnis weiterer Verschärfungen gesetzlicher Maßnahmen zur Dekarbonisierung sein. Es wäre allerdings nur realisierbar, wenn die Stromnetze insbesondere in Ballungsräumen stark ausgebaut würden.

4. Studie „Automotive metal components for car bodies and chassis“⁴⁷

- Prognose zur Verteilung der Antriebstechnologien im Jahr 2025
- Baseline scenario:

USA:	93 % ICEV + HEV + MHEV	4 % PHEV	3 % BEV
EU 28:	85 % ICEV + HEV + MHEV	6 % PHEV	10 % BEV
China:	85 % ICEV + HEV + MHEV	8 % PHEV	7 % BEV
- High xEV scenario:

USA:	73 % ICEV + HEV + MHEV	14 % PHEV	12 % BEV
EU 28:	76 % ICEV + HEV + MHEV	9 % PHEV	15 % BEV
China:	82 % ICEV + HEV + MHEV	10 % PHEV	8 % BEV
- Low xEV scenario:

USA:	99 % ICEV + HEV + MHEV	1 % PHEV	0 % BEV,
EU 28:	88 % ICEV + HEV + MHEV	5 % PHEV	7 % BEV,
China:	89 % ICEV + HEV + MHEV	6 % PHEV	5 % BEV,
- als am meisten wahrscheinliches Szenario werden für die USA das Baseline Szenario und für die EU 28 sowie China das High xEV-Szenario angesehen

5. „Wie CO₂ die Automobilindustrie verändert“⁴⁸

- in dem Beitrag werden Ergebnisse unterschiedlicher Studien zum Grad der Elektrifizierung von Neufahrzeugen zusammengefasst
- Kernaussage auf der Grundlage einer Einschätzung des PEM in Aachen:

⁴⁷ Vgl. Roland Berger Automotive Competence Center:
„Automotive metal components for car bodies and chassis“
Global market study, München 2017

⁴⁸ Vgl. Matthias Heerwagen:
„Wie CO₂ die Automobilindustrie verändert“
Automobiltechnische Zeitschrift, ATZ, Ausgabe 02 2019, Springer-Verlag

der Anteil von ICEV wird in 2025 noch bei 60 % und im Jahr 2030 bei 45 % liegen

- Darstellung der Ergebnisse unterschiedlicher Studien:

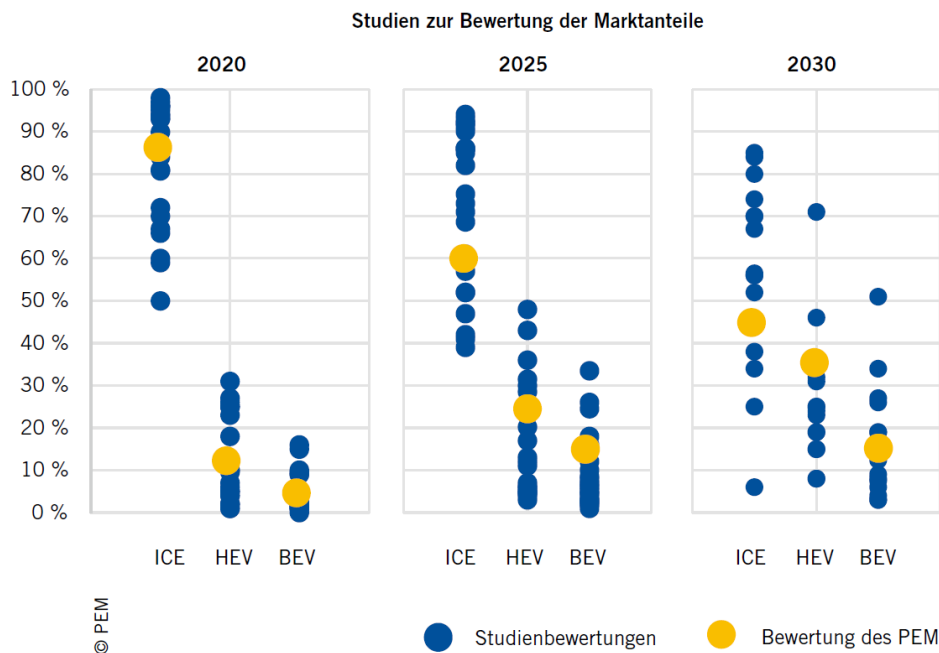


Abbildung 7: Zusammenfassung unterschiedlicher Studienergebnisse ⁴⁸

6. „Boost! Transforming the powertrain value chain – a portfolio challenge“ ⁴⁹

- Prognose der Anteile unterschiedlicher Antriebstechnologien am globalen Neufahrzeugmarkt auf der Grundlage von drei Szenarien bezüglich der in 2050 zu erreichenden CO₂ Grenzwerte:
 - Below 100 => Reduktion auf 95 g CO₂ in 2050
 - Below 40 => Reduktion auf 40 g CO₂ in 2050
 - Below 10 => Reduktion auf 10 g CO₂ in 2050
- mit Blick auf die verabschiedeten Grenzwerte zum CO₂-Ausstoß in der EU kann das Szenario „Below 40“ für 2050 als wahrscheinlich angesehen werden. Legt man dieses als Maßstab zu Grunde, so ergeben sich folgende Anteile:
 - 2025
Fahrzeuge mit primärem Antrieb durch einen Verbrennungsmotor (ICEV + HEV) haben einen Anteil von ca. 80 % und demzufolge besitzen 20 % einen primären Antrieb durch einen Elektromotor (BEV + BEV mit Range Extender)
 - 2030
ca. 65 % (ICEV + HEV) und 35 % (BEV + BEV mit Range Extender, in geringem Umfang als Brennstoffzelle realisiert)
 - 2050
radikale Veränderung, nach der in diesem Zeitraum keine Fahrzeuge mit

⁴⁹ Vgl. Andreas Zielke, et. al.:
„Boost! Transforming the powertrain value chain – a portfolio challenge“
Studie von McKinsey&Company im Zusammenwirken mit dem WZL der
RWTH Aachen, 2011

Verbrennungsmotor (ICEV + HEV) mehr in den Markt kommen,
ca. 80 % der Fahrzeuge als BEV (davon etwa die Hälfte mit Range Extender),
ca. 20 % als FCEV.

- Verläufe in graphischer Darstellung:

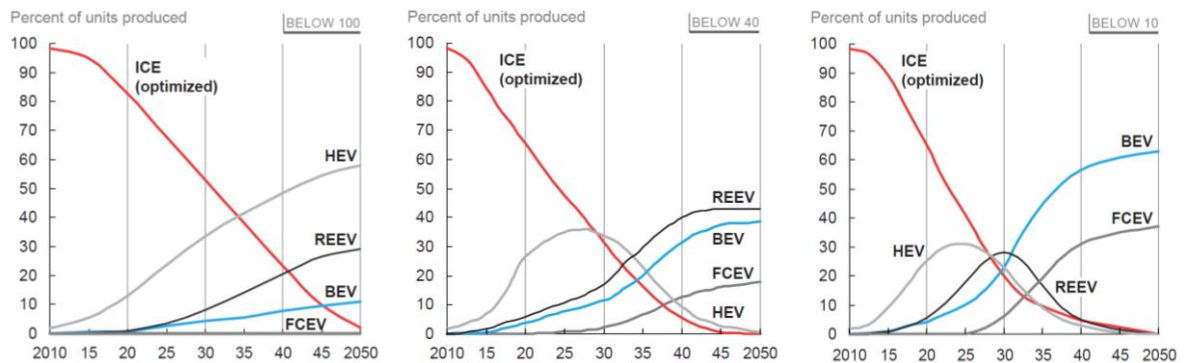


Abbildung 8: Verteilung der Antriebstechnologien ⁴⁹

7. „Klimafreundliche Autos in Deutschland“ ⁵⁰

- Prognose für Deutschland auf der Grundlage eines zentralen Technologie-Szenarios, das von einem Expertengremium als plausibel und erreichbar angesehen wird und weitgehend im Einklang mit den Pariser Klimazielen steht
- Prognoseergebnisse für die Jahre 2020 bis 2050:
 - 2020: 75 % ICEV, 15 % MHEV, 5 % HEV, ca. 2,5 % PHEV ca. 2,5 % BEV
 - 2025: 48 % ICEV, 23 % MHEV, 8 % HEV, 11 % PHEV, 6 % BEV, 4 % FCEV
 - 2030: 21 % ICEV, 32 % MHEV, 11 % HEV, 20 % PHEV, 10 % BEV, 7 % FCEV
 - 2050: 0 % ICEV, ca. 3 % MHEV + HEV, ca. 3 % PHEV, 69 % BEV, 25 % FCEV

8. „Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050“ ⁵¹

- Ziel der Studie war die Erarbeitung verschiedener Energieszenarien und –optionen, um bis zum Jahr 2050 einen treibhausgasneutralen Verkehr zu ermöglichen. Aufgrund der politischen Präferenzierung von elektrischem Strom als primärem Energieträger wird hier das Szenario E+ vorgestellt, in dem regenerativ erzeugter Strom als zentrale, treibhausgasfreie Energieträgeroption angenommen wird.
- Dargestellt sind die Neuzulassungsanteile bei PKW in Deutschland.
 - 2020: 92 % ICEV 6 % PHEV 2 % BEV
 - 2030: 42 % ICEV 51 % PHEV 8 % BEV

⁵⁰ Vgl. European Climate Foundation (ECF), Herausgeber:
„Klimafreundliche Autos in Deutschland – Ein Überblick der sozioökonomischen Auswirkungen“
https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2017/10/ECF_DE_CARS_Screen_Single-Pages.pdf

⁵¹ Vgl. Peter Kasten, et. al.:
„Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2015“
Endbericht einer Studie im Auftrag des Umwelt Bundesamtes, 2016

- 2040:	0 % ICEV	37 % PHEV	64 % BEV
- 2050:	0 % ICEV	25 % PHEV	75 % BEV

Angaben und Prognosen aus weiteren Studien und Präsentationen:

- „Die Zukunft der Mobilität“⁵²
Anteil Elektrofahrzeuge an der globalen Neuwagenproduktion in
 - 2025: ca. 12 % konservativ bis ca. 25 % optimistisch
 - 2030: ca. 25 % konservativ bis ca. 40 % optimistisch
- „Die Automobilzulieferindustrie in Sachsen – Szenario 2025“⁵³
Anteil Elektrofahrzeuge an der globalen Neuwagenproduktion in
 - 2020: < 5 %
 - 2025: 10 – 15 %
 - 2030: ca. 25 %
- „The 2018 Strategy& Digital Auto Report“⁵⁴
 - ungefähre Anteile von Elektro- und Hybridfahrzeugen nach Märkten:
 - Europa:
 - 2025 ca. 25 % elektrisch und 12,5 % hybrid
 - 2030 ca. 44 % elektrisch und 20 % hybrid
 - USA:
 - 2025 ca. 15 % elektrisch und 10 % hybrid
 - 2030 ca. 20 % elektrisch und 30 % hybrid
 - China:
 - 2025 ca. 20 % elektrisch und 12 % hybrid
 - 2030 ca. 50 % elektrisch und 22 % hybrid
- „Fortschrittsbericht 2018 Markthochlaufphase“⁵⁵
In dem Bericht werden auf der Grundlage von unterschiedlichen Szenarien Prognosen für die Zahl der Elektrofahrzeuge am Gesamtfahrzeugbestand in Deutschland genannt:
 - 2020: 0,63 – 1,0 Mio. Fahrzeuge (BEV + PHEV + REEV) am Gesamtbestand an PKW
 - 2025: 2,1 – 3,1 Mio. Fahrzeuge (BEV + PHEV + REEV) am Gesamtbestand an PKW
 - 2030: 4,2 – 7,0 Mio. Fahrzeuge (BEV + PHEV + REEV) am Gesamtbestand an PKW

⁵² Vgl. Center of Automotive Management, Bergisch Gladbach
<https://www.facebook.com/autoinstitut/photos/pb.139305159456120.-2207520000../1155773661142593/?type=3&theater>

⁵³ Vgl. Dirk Vogel:
„Die Automobilzulieferindustrie in Sachsen – Szenario 2025“
Vortrag zum Vernetzungstreffen Effiziente Mobilität Sachsen, 2017

⁵⁴ Vgl. PWC Autorenkollektiv:
„The 2018 Strategy& Digital Auto Report – The future is here: winning carmakers balance metal and mobility“
<https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Digital-Auto-Report-2018.pdf>

⁵⁵ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), Autorenkollektiv:
„Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase“
http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2018_barrierefrei.pdf

Erkenntnisse:

Die vorgestellten Prognosen zeigen eine Streubreite hinsichtlich der vorausgesagten Anteile der jeweiligen Antriebsart sowohl für einen bestimmten Prognosezeitraum, als auch hinsichtlich der unterschiedlichen Märkte. Für die Automobilzulieferunternehmen, insbesondere diejenigen, deren Produkte im Wesentlichen im Bereich der Antriebskomponenten zu finden sind, ist primär eine Einteilung der Antriebstechnologien relevant, nach der unterschieden wird zwischen Fahrzeugen, die über einen Verbrennungsmotor als primäres Antriebsaggregat verfügen (also ICEV, MHEV, HEV und PHEV) und Fahrzeugen, bei denen dies nicht der Fall ist (also REEV, BEV und FCEV). Wenn man die Prognosen aus den diversen Studien nach diesem Schema analysiert, so lassen sich zumindest einige recht deutliche Tendenzen erkennen, auf deren Grundlage sowohl qualitative als auch (mit einer entsprechenden Streubreite) quantitative Aussagen getroffen werden können.

Unter diesem Blickwinkel können die dargestellten Prognosen bewertet werden. Das Ergebnis auf der Grundlage des in den Studien als jeweils am meisten realistisch eingestuftes Szenarios zeigt die Abbildung 9 für den Zeithorizont bis zum Jahr 2030. Sofern in den Studien eine entsprechende Differenzierung genannt wurde beziehen sich die Angaben auf den Wirtschaftsraum der Europäischen Union bzw. Deutschland. Für den Betrachtungszeitraum 2025 liegt der Anteil an Neufahrzeugen ohne einen als Primärtrieb eingesetzten Verbrennungsmotor zwischen 8 % und 15 % (12,6 % im Mittel der Prognosen). Der Anteil steigt für den Betrachtungszeitraum 2030 auf Werte zwischen 8 % und 25 % (15,5 % im Mittel der Prognosen). Somit wäre für diesen Betrachtungszeitraum von einer eher moderaten Änderungsgeschwindigkeit bei den Antriebskonzepten auszugehen.

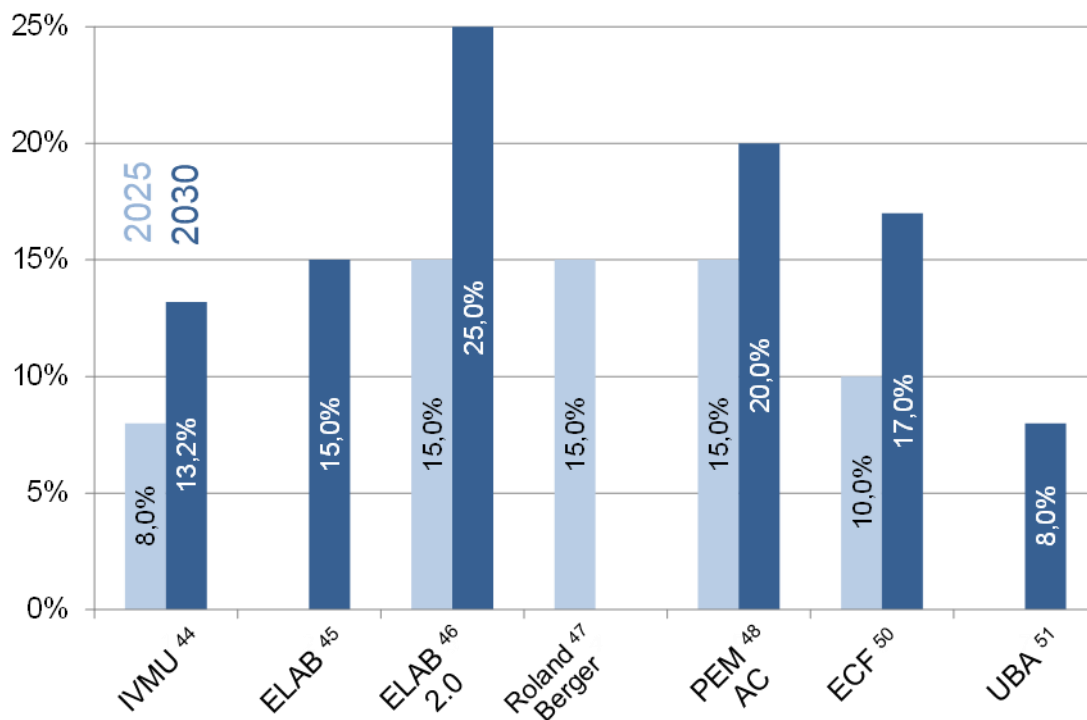


Abbildung 9: Anteil an den Neufahrzeugen (D bzw. EU), die nicht über einen Verbrennungsmotor als Primärtrieb verfügen (REEV, BEV und FCEV)

Was aus der Darstellung in Abbildung 9 nicht hervorgeht ist die Tatsache, dass die Prognosen für die nächsten Jahre einen großen Beitrag der Hybridisierung an der Antriebsstrang-elektrifizierung vorhersagen. Betrachtet man ausschließlich die Studien, die eine Differenzierung zwischen Mild- und Vollhybridisierung ermöglichen, so ergibt sich die in Abbildung 10 dargestellte Situation. Hierbei wird deutlich, dass zumindest in Europa ein erheblicher Teil der Elektrifizierung auf der Grundlage der Hochvoltechnologie durch Vollhybride und Plug-In-Hybride stattfinden wird. Damit wird eine unmittelbare Abkehr von der Technologie der Verbrennungsmotoren vermieden und stattdessen ein allmählicher Wandel hin zur Elektromobilität vollzogen. Es besteht damit das Potenzial, an der Stelle eines abrupten Technologiewechsels einen allmählichen Technologiewandel zu vollziehen. Die in der Abbildung 10 an 100 fehlenden Prozent beziehen sich auf Neufahrzeuge, bei denen kein Verbrennungsmotor als primäres Antriebsaggregat vorhanden ist, also REEV, BEV und FCEV.

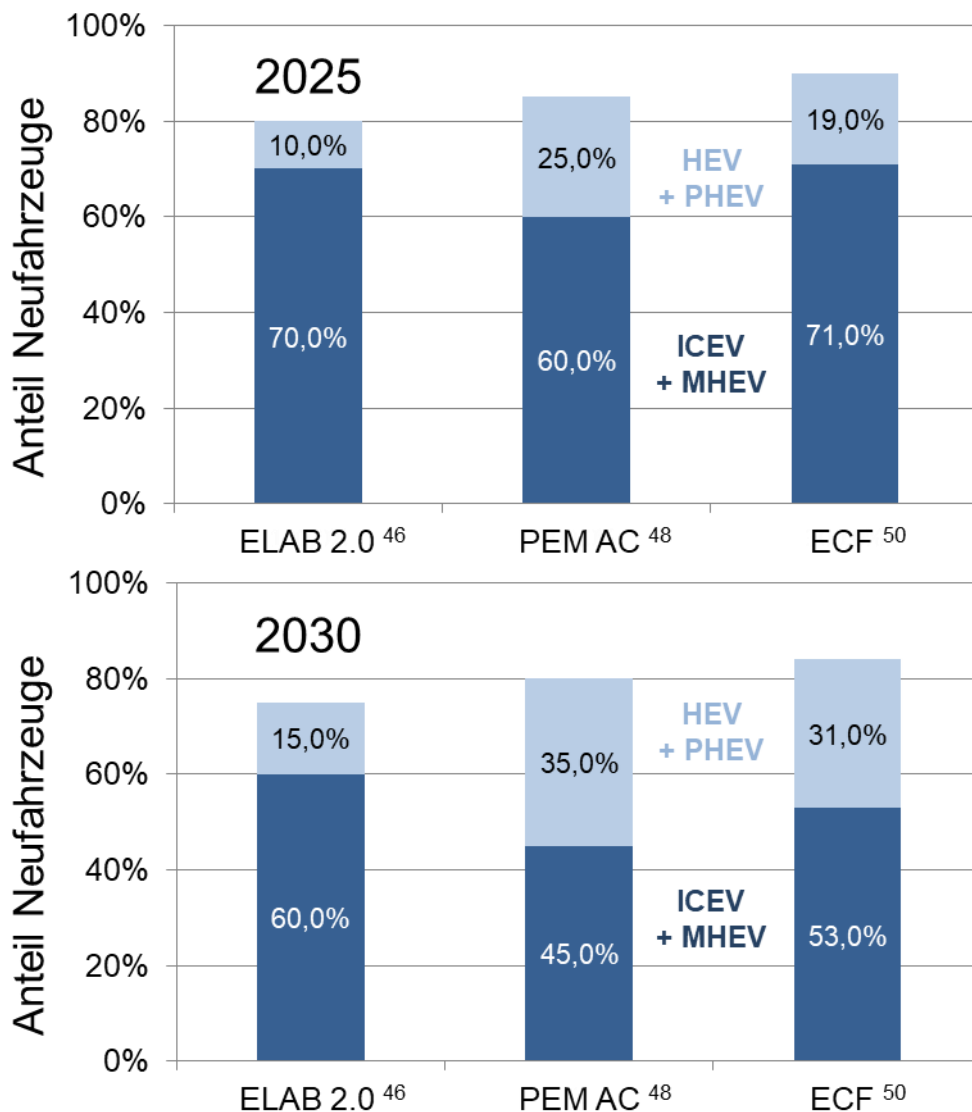


Abbildung 10: Anteile der Hochvolt-Hybrid-Fahrzeuge an den Neufahrzeugen

2.4 Prognoserisiken

In nahezu allen der unter 2.3 vorgestellten Studien und Veröffentlichungen basieren die Prognosen auf der Annahme, dass regulatorische Maßnahmen – insbesondere die Vorgabe von Flottenemissionsgrenzwerten für den CO₂-Ausstoß – der maßgebliche Treiber für die Antriebsstrangelektrifizierung sind. Gegebenenfalls werden die Wirkungen dieser Vorgaben noch unterstützt durch Quotenregelungen für elektrifizierte Antriebe oder durch lokale Restriktionen für bestimmte Antriebstechnologien, wie z.B. Dieselfahrverbote. Aufgrund der uneinheitlichen regulatorischen Vorgaben sind daher für die globalen Märkte unterschiedliche Entwicklungen bzw. Entwicklungsgeschwindigkeiten zu erwarten. Darüber hinaus werden für die Voraussage der Entwicklungen weitere Annahmen zugrunde gelegt, wie z.B. eine ausreichende Verfügbarkeit von Rohstoffen oder eine entsprechende Kundenakzeptanz für Elektrofahrzeuge.

Mögliche Veränderungen der zu Grunde gelegten Randbedingungen stellen ein grundsätzliches Prognose-Risiko dar. Die Aussagefähigkeit der Prognosen muss daher stetig vor dem Hintergrund der Gültigkeit dieser Randbedingungen überprüft werden. Die wesentlichen Prognoserisiken werden in diesem Abschnitt benannt und bewertet.

Einige wesentliche Einflussgrößen sind in der Abbildung 11 dargestellt. Im Folgenden wird auf diejenigen Größen näher eingegangen, die in Diskussionen häufig als potenzielle limitierende Faktoren im Hinblick auf eine Elektrifizierung der Antriebsstränge benannt werden.

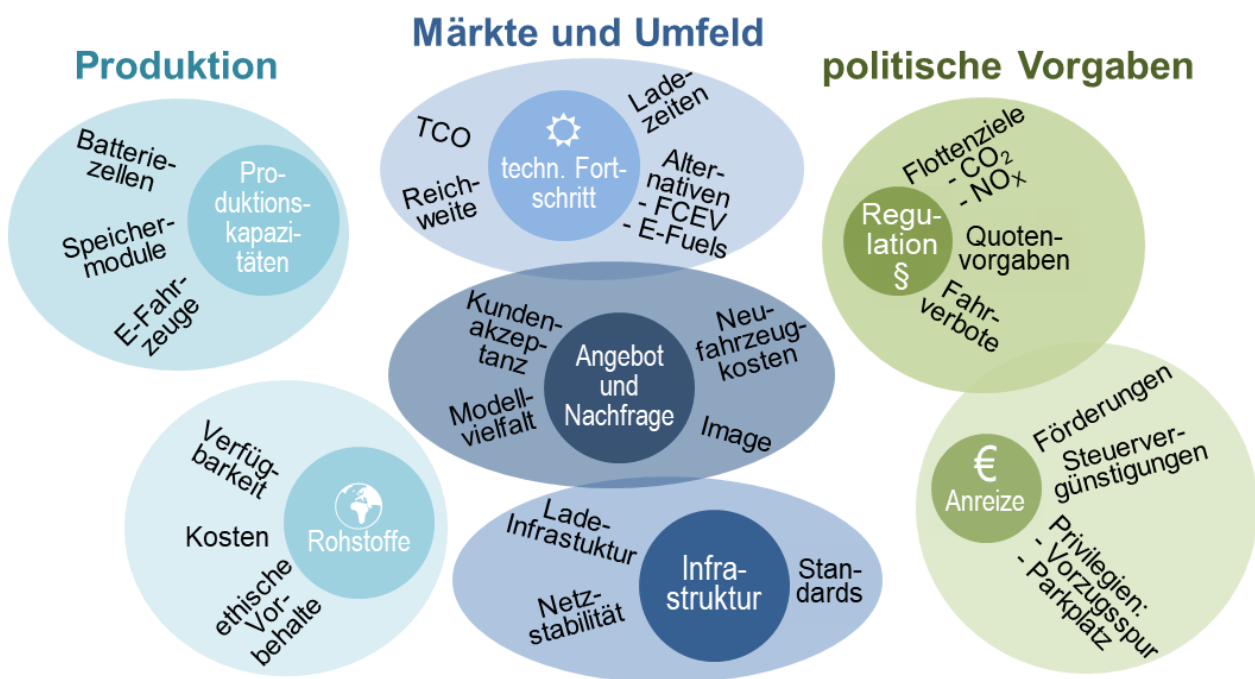


Abbildung 11: Potenzielle Einflussgrößen und Risikofaktoren

Rohstoffverfügbarkeit:

Durch die Elektrifizierung geraten einige Rohstoffe in den Fokus, die für ICEV keine Rolle spielen oder nur von untergeordneter Bedeutung sind, wie z.B. Kupfer (Cu), Lithium (Li), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Kobalt (Co) und die sogenannten seltenen Erden, zu denen z.B. Neodym, Europium und Cer gehören. Für Kupfer, Mangan und Nickel ist davon auszugehen, dass auch bei einem progressiven Wachstum von BEV und HEV keine Engpässe entstehen werden, weil der für die Elektromobilität benötigte Anteil dieser Materialien, gemessen am weltweiten Verbrauch, eher gering ist. Die Hauptnachfrage nach diesen Metallen entsteht also in anderen Industriebereichen. Lithium wird als Rohstoff für die Batteriezellen in steigendem Umfang benötigt. Es sind ausreichend große Vorkommen für Lithium bekannt, allerdings sind nach gängigen Studien erhebliche Ausweitungen hinsichtlich der Gewinnungskapazität notwendig. Wenn diese Kapazitäten nicht in

ausreichendem Maß und mit ausreichender Geschwindigkeit generiert werden, sind temporäre Engpässe bei der Versorgung mit Lithium nicht auszuschließen. Seltene Erden werden für die Permanentmagnete in selbsterregten Synchronmaschinen benötigt. Für diese Antriebstechnologie gibt es z.B. mit Asynchronmaschinen entsprechende technologische Alternativen, so dass davon ausgegangen wird, dass die Metalle der seltenen Erden keinen limitierenden Faktor für die Elektromobilität darstellen werden. Als potenziell kritisch muss die Verfügbarkeit von Kobalt angesehen werden, weil dieses Metall für die Batterien von BEV und HEV benötigt und zurzeit in der dafür geforderten Reinheit nur im Kongo gefördert wird. Hinzu kommt, dass die Kobaltgewinnung heute noch unter teilweise menschenunwürdigen Bedingungen erfolgt und damit ein grundsätzliches Akzeptanzproblem beinhaltet. Wenn es mittelfristig nicht gelingt, den Co-Anteil in den Batterien deutlich zu senken, kann die Verfügbarkeit des Metalls Co ein limitierender Faktor für den Ausbau der Elektromobilität sein ⁵⁶.

Batterie-Zell-Produktion:

Die deutliche Ausweitung der Kapazitäten für die Zellproduktion ist eine notwendige Voraussetzung für den Wandel der Antriebstechnologien hin zur Elektromobilität. Auf der Grundlage bereits angekündigter Produktionserweiterungen sind die Wachstumsprognosen für die Antriebsstrangelektrifizierung umsetzbar. Der Einfluss der Produktionskapazitäten für die Batteriezellen auf die Entwicklung der Elektromobilität ist jedoch sehr hoch und würde sich, wenn angekündigte Produktionsausweitungen nicht wie geplant umgesetzt werden, in erheblichem Maß verlangsamen auswirken.

Energiebedarf, Netzbelastung und Ladeinfrastruktur:

Die meisten Studien gehen davon aus, dass in den entwickelten Industrienationen der Gesamtenergiebedarf durch Elektrofahrzeuge kein limitierender Faktor sein wird, wenn das Laden der Fahrzeuge kontrolliert geschieht. Das bedeutet in der Praxis, dass mit Hilfe der sogenannten Vehicle-to-Grid-Integration (V2G) ein gesteuertes, idealerweise bidirektionales Laden ermöglicht wird, bei dem die Elektrofahrzeuge als optionale Speicher oder auch durch temporäre Rückspeisung zur Netzstabilisierung eingesetzt werden können. Insbesondere lokal begrenzte Überlastungen des Netzes können auf diese Weise vermieden werden.

Es wird davon ausgegangen, dass Elektrofahrzeuge in der Regel am Wohnort oder am Arbeitsplatz geladen werden, so dass die Möglichkeit des Schnellladens an Fernstraßen zwar potentiell gegeben sein muss, aber nicht die oberste Priorität besitzt. Vielmehr muss die öffentliche Ladeinfrastruktur in den Wohngebieten deutlich ausgebaut werden. Das

⁵⁶ Vgl. Schlegel und Partner:
„Rahmenbedingungen der Elektromobilität“
Studie 2018

Mindestziel der EU lautet dabei, dass ein öffentlicher Ladepunkt je 10 BEV/PHEV vorhanden sein muss ⁵⁷.

Die Bereitstellung ausreichender Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum hat einen erheblichen Einfluss auf die Kundenakzeptanz von Elektrofahrzeugen. Wenn sie nicht in ausreichendem Maß erfolgt, wird sie sich massiv als begrenzender Faktor auf die Ausweitung der Elektromobilität auswirken.

Das gilt in ähnlicher Weise auch für Standards und Abrechnungsmodalitäten beim Laden. Zurzeit gibt es sowohl bei der Bedienung der Ladesäulen große Unterschiede (z.B. Aktivierung per Ladekarte oder Aktivierung per App) als auch bei der Abrechnung (z.B. Abrechnung nach Ladezeit, nach Verbrauch, Zahlung über das Smartphone oder per Rechnung am Monatsende). Darüber hinaus unterscheiden sich die Tarife (eventuelle Grundgebühr und nutzungsabhängige Stromkosten) zwischen den Anbietern sowie abhängig von der Frage, ob Roaming-Gebühren anfallen oder nicht, zum Teil erheblich ⁵⁸.

Kundenakzeptanz als weiterer (weicher) Faktor:

Eine wesentliche Voraussetzung für die Realisierbarkeit der vorgestellten Szenarien ist eine ausreichende Kundenakzeptanz von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Eine Reihe von Studien zeigt, dass BEV bei jüngeren Menschen eine positivere Wahrnehmung erfahren als bei älteren. Weiterhin zeigt sich, dass BEV bei Menschen, die in Ballungsräumen leben, tendenziell eine höhere Akzeptanz besitzen als bei der Bevölkerung im ländlichen Raum. Weitere Unterschiede bestehen zwischen den globalen Märkten mit der Tendenz, dass die höchste Akzeptanz für den Kauf eines BEV im chinesischen Markt zu finden ist.

Nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass die OEM verstärkt ihre internen Entwicklungskapazitäten auf elektrifizierte Antriebe ausrichten, zulasten von konventionellen Verbrennungsmotoren, werden Elektrofahrzeuge häufig mit den Attributen „innovativ, zeitgemäß, modern“ in Zusammenhang gebracht. Es wird wichtig sein zu beobachten, wie sich mit zunehmender Verbreitung elektrifizierter Antriebe wachsende (ggf. auch negative) Erfahrungen auf die Kundenwahrnehmung auswirken werden.

Vor diesem Hintergrund werden auch die Fragen nach Standards und Betriebskosten beim Laden von Elektrofahrzeugen an öffentlichen Ladesäulen einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Kundenakzeptanz haben. Wenn die prognostizierten Kostenvorteile von Strom gegenüber fossilen Kraftstoffen nicht in ausreichendem Maße zum Tragen kommen, kann dies erhebliche Auswirkungen auf die Kundenakzeptanz von Elektrofahrzeugen haben. Das Erreichen der Ziele der Fahrzeughersteller hinsichtlich des geplanten Absatzes von Elektrofahrzeugen könnte damit nachhaltig gefährdet werden.

⁵⁷ Vgl. Europäische Kommission:

„Aktionsplan zur Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“, COM2017 652 final

⁵⁸ Vgl. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/elektroauto-ladesaeulen-strompreise/>



Erkenntnisse

Damit die Zulieferunternehmen auf der Grundlage der Prognosen möglichst belastbare Rückschlüsse für das eigene Geschäftsmodell und ihre zukünftige Geschäftsentwicklung ziehen können, ist es unerlässlich, die regulatorischen Rahmenbedingungen in den relevanten Märkten, die technologischen Entwicklungen und Trends sowie die Marktentwicklungen kontinuierlich zu beobachten (oder beobachten zu lassen) und dabei die Veränderungen der beschriebenen Prognose-Risiken im Blick zu behalten. Diese können sich im Fall von deutlichen Abweichungen zu den für die jeweiligen Prognosen getroffenen Annahmen massiv auf die Ergebnisse auswirken und gegebenenfalls sogar eine völlige Neubewertung der Situation notwendig machen. Üblicherweise ergeben sich die Konsequenzen aus Veränderungen der Randbedingungen nicht schlagartig, sondern als Trend, so dass bei entsprechend eng getakteter Analyse der Einflussfaktoren für die Automobilzulieferunternehmen die Möglichkeit besteht, rechtzeitig Maßnahmen als Reaktion auf die Veränderungen einzuleiten.

3 Strategien und Konzepte der OEM

3.1 Einführung

Weltweit ziehen Angebot und Nachfrage nach elektrisch betriebenen Fahrzeugen an. Chinesische Käufer können bereits unter 150 elektrisch angetriebenen Modellen wählen – Deutschland liegt in puncto Angebotsvielfalt mit 65 verfügbaren E-Autos – darunter 20 SUV – weltweit auf dem zweiten Platz. Gleichzeitig bleiben die Förderungsprogramme für die E-Mobilität auf hohem Niveau: Während für die meistverkauften Modelle in Deutschland im Schnitt Prämien und Steuererleichterungen von 17 % des Verkaufspreises gewährt werden, sind es in China 23 % und in Norwegen sogar 35 %. Der weitere Markthochlauf werde in Zukunft stark von der Ladeinfrastruktur und der Kostenentwicklung abhängen, so McKinsey in seinem im Frühling 2019 veröffentlichten Electric Vehicle Index. Für 2020 rechnen die Branchenkenner von McKinsey angesichts der Ankündigungen der Hersteller mit einem wahren Modellfeuerwerk⁵⁹.

3.2 Volkswagen

Nach dem Dieselskandal hat der VW-Konzern einen totalen Imagewechsel vollzogen und möchte zum Vorbild bei Umwelt, Sicherheit und Integrität werden. Um die Umwelt zu schützen und die politischen Vorgaben umzusetzen, richtet sich der größte Automobilhersteller der Welt nach eigenen Angaben konsequent auf Elektromobilität aus. Bis spätestens 2050 möchte der gesamte Konzern ein CO₂-neutrales Unternehmen sein, was für die Zulieferindustrie bedeutet, dass diese ebenfalls CO₂-neutral produzieren muss.

Die Ziele, die VW sich gesetzt hat, sind durchaus ambitioniert:

„Bis 2025 stehen der Volkswagen Konzern und seine Marken nicht nur für die besten Fahrzeuge, sondern gleichermaßen für begeisternde und überlegene digitale Produkte und Dienste. Mit unseren Hardware- und Software-Plattformen, die wir für Dritte öffnen, sind wir der globale Skalen-Champion der Automobilindustrie. Mit unserem digitalen Ökosystem holen wir die Lebenswelt unserer Kunden ins Auto – mit der besten User Experience und Mobilitätsdiensten, die den Alltag erleichtern und Freude machen.“⁶⁰

70 neue, vollelektrische Modelle sollen während der ersten Welle der Transformation zur Verfügung stehen. 30 Milliarden Euro Investitionsvolumen stellt der Konzern dafür bereit und rechnet mit rund 22 Millionen Fahrzeugen in dieser Phase. Als Märkte hat der Konzern vor allem China, die USA und Europa im Visier.

Wesentlicher Kern dieser Philosophie ist die MEB-Plattform, die ausdrücklich auch anderen Herstellern zur Verfügung gestellt werden soll, um höhere Skaleneffekte zu erzielen und Marktpreise unter 20.000 Euro für ein Elektrofahrzeug möglich zu machen. Diese Plattform

⁵⁹ Vgl. <https://www.mckinsey.de/branchen/automobil-zulieferer/electric-vehicle-index>

⁶⁰ Vgl. <https://www.volkswagenag.com/de/group/strategy.html>

wurde speziell für batterieelektrische Fahrzeuge entwickelt, so dass das Design gegenüber etablierten Modellen durchaus verändert ist. Große Räder, ein längerer Radstand, mehr Platz für die Insassen und ein fehlender Mitteltunnel zeichnen die MEB-Plattform von der Formgebung her aus⁶¹.

Außerdem setzt der Konzern künftig stark auf Geschäftsmodelle und Software, die zur neuen Kernkompetenz von VW werden sollen. So sollen eine einheitliche, markenübergreifende Softwareplattform für Fahrzeuge und eine VW Automotive Cloud entstehen. VW erhofft sich davon, neue Standards zu setzen⁶².

3.2.1 Elektrifizierung von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen am Beispiel des Golf 8

Bei der achten Generation des Golf trennt VW konsequent die primär durch einen Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeuge von den batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen. Der Golf 8 kommt im Unterschied zur siebten Generation nicht mehr als BEV in den Markt. Dieses Segment wird durch den Volkswagen ID.3 als Purpose-Design-Fahrzeug ausgefüllt, so dass im Golf 8 die Elektrifizierung der Antriebe alleine durch die Hybridisierung realisiert wird. Diese erfolgt jedoch durch die Einführung von insgesamt 3 mild hybridisierten Varianten und 2 Plug-In-Hybrid-Varianten recht massiv. Die nachstehende Tabelle zeigt die von Volkswagen bislang angekündigten Motorisierungen. Mit Ausnahme des Einstiegsmodells „1,0 TSI“ werden alle Benzinmotoren alternativ zur TSI-Ausführung mit einer als „eTSI mHEV“ bezeichneten Mild-Hybrid-Variante angeboten. Darüber hinaus umfasst die Motorenpalette zwei Plug-In-Hybrid-Varianten, ebenfalls in Verbindung mit einem Benzinmotor. In Veröffentlichungen⁶³ hat Volkswagen angegeben, den Einsatz der milden Hybridisierung in TDI-Dieselmotoren zu prüfen. Zum Verkaufsstart des Golf 8 wurde diese Variante jedoch zunächst nicht umgesetzt.

⁶¹ Vgl. Aus der Präsentation von VW-Strategiechef Michael Jost am 9.5.2019 bei der SIHK zu Hagen.

⁶² Vgl. <https://www.volkswagenag.com/de/group/strategy.html>

⁶³ Vgl. Kurt Blumenröder, Dr. Karsten Bennewitz, Dr. Michael Zillmer, Andreas Mann: „48-V-Mildhybrid-systeme im neuen Golf 8“ ATZ-extra, 48-V-Bordnetz, Ausgabe April 2019

	Hubraum / l	Bezeichnung	Leistung / PS
Benzin	1,0	TSI	90
	1,0	TSI	110
	1,0	eTSI mHEV	110
	1,5	TSI	130
	1,5	eTSI mHEV	130
	1,5	TSI	150
	1,5	eTSI mHEV	150
Erdgas	1,5	CNG	130
Diesel	2,0	TDI	115
	2,0	TDI	150
Plug-In-Hybrid	1,4	TSI	204
	1,4	TSI	245

Abbildung 12: Motorisierungen zum Verkaufsstart des VW Golf 8

Grundsätzlich bietet die Ausführung als MHEV im Golf 8 auf der Basis eines 48-V-Bordnetzes mittels eines Riemen-Starter-Generators in P0-Anordnung die Möglichkeiten

- der Rekuperation bis zu einer Leistung von 12 kW,
- des Segelns bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor,
- einer Komfort-Start-Funktion,
- sowie der Drehmomentunterstützung (Boosten).

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, Komfortverbraucher mit hohen Leistungsanforderungen, wie z.B. elektrisch angetriebene Klimakompressoren, Front- und Heckscheibenheizungen sowie aktive Fahrwerkssysteme zu betreiben. Rein elektrisches Fahren ist mit der P0-Architektur in keiner Fahrsituation vorgesehen.

3.2.2 Elektrifizierung von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen der Oberklasse am Beispiel des Audi A8

Im Bereich der Oberklasse hat Audi mit dem A8 der internen Typenbezeichnung D5 ein Fahrzeug auf den Markt gebracht, welches nur als Hybridfahrzeug erhältlich ist. Hierbei handelt es sich bei den meisten Motorisierungen um eine Mildhybridisierung, welche durch einen Riemenstartergenerator realisiert wird. Dieses wird für das Start-Stopp-System und eine Teilunterstützung des Verbrennungsmotors genutzt. Daneben kann ein Teil der Bremsleistung rekuperiert werden. Zur Realisierung der Mildhybridisierung war eine Umstellung auf ein 48V-Bordnetz notwendig⁶⁴.

Es wird auch eine Plug-In-Version angeboten. Diese besitzt eine Batterie mit einer Energiespeicherfähigkeit von 14,1 kWh und ermöglicht damit eine rein elektrische Reichweite von 40 Kilometern⁶⁵. Somit profitiert dieses Fahrzeug von der steuerlichen Regelung, welche auf privat genutzte Firmenfahrzeuge mit einer elektrischen Reichweite

⁶⁴ Vgl. <https://www.autozeitung.de/audi/a8/typ-d5>

⁶⁵ Vgl. <https://www.auto-motor-und-sport.de/fahrbericht/audi-a8l-60-tfsi-e-quattro-40-kilometer-reichweite/>

von mindestens 40 Kilometern eine Herabsetzung des zu versteuernden monatlichen Satzes von 1% auf 0,5% des Listenpreises im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen vorsieht ⁶⁶. Untenstehend werden die Motorisierungen des Audi A8 aufgelistet.

	Hubraum/l	Bezeichnung	Leistung/PS
Benzin (MHEV)	3,0	55 TFSI Quattro	340
Benzin (MHEV)	4,0	S8 Quattro	571
Diesel (MHEV)	3,0	50 TDI Quattro	286
Benzin (PHEV)	3,0	60 TFSI Quattro	449

Abbildung 13: Erhältliche Motorisierungen des Audi A8

Vor dem Hintergrund des hohen CO₂-Ausstoßes von Oberklassefahrzeugen, welche in Konflikt mit den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten ab 2021 stehen, und des steuerlichen Arbeitnehmervorteils, ist der Audi A8 voraussichtlich als Trendsetter in Bezug auf die Mildhybridisierung zu sehen.

3.2.3 Volkswagen MEB

Der modulare Elektrifizierungsbaukasten (MEB) stellt die Basis für die nächste Generation von Elektrofahrzeugen der Volkswagen-Gruppe dar. Mittelfristig soll so jede Baureihe mit Verbrennungsmotor eine Alternative mit batterieelektrischem Antrieb bekommen. Das erste Fahrzeug, welches auf Basis des MEB produziert wird, ist der VW ID.3. Dieser Kompaktwagen wird ab Frühjahr 2020 ausgeliefert ⁶⁷.



Abbildung 14: Volkswagen ID.3 ⁶⁸

⁶⁶ Vgl. <https://www.automobilwoche.de/article/20191113/NACHRICHTEN/191119971/foerderung-erhoeht-so-sparen-sie-mit-dem-elektro-dienstwagen-steuern>

⁶⁷ Vgl. <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/vw-id-3/>

⁶⁸ Vgl. <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/der-id3-aufbruch-in-eine-neue-aera-5327>

In der Folge plant Volkswagen unter anderem die Modelle mit den Pressenamen ID.Cross (wahrscheinlich ID.4, Kompakt-SUV), ID.Buzz (Kleintransporter/Van) sowie Derivate von anderen Konzernmarken, wie dem Seat El-Born ⁶⁹.

Darüber hinaus wird Volkswagen den MEB an andere OEMs liefern. So wird der Elektrofahrzeughersteller e.GO ein Fahrzeug auf der Basis dieses Baukastens herstellen. Die Karosserie soll hier auf Aluminium-Spaceframe-Basis aufbauen ⁷⁰. Daneben wird Ford den Baukasten an mindestens einem Fahrzeug im Volumensegment nutzen. Die Markteinführung wird im Jahr 2023 erwartet. Daneben prüft Ford die Nutzung des MEBs für ein zweites Fahrzeug ⁷¹.

Im Folgenden wird die Technik des MEBs beschrieben. Ein Großteil der Quellen bezieht sich auf den VW ID.3. Aufgrund der Baukastenstrategie ist zu erwarten, dass die folgenden Modelle des Konzerns ähnliche Spezifikationen aufweisen.

Die Karosserie des ID.3 ist selbsttragend und besitzt einen hohen Stahlanteil. Das Batteriegehäuse ist vorwiegend aus Aluminium hergestellt ⁷².

Durch die Materialwahl ergibt sich je nach Akkukapazität ein Leergewicht von 1700 kg – 1900 kg. Wie in der untenstehenden Tabelle sichtbar wird, akzeptiert Volkswagen unter anderem durch den Einsatz von konventionellen Werkstoffen ein im Vergleich zu Fahrzeugen von ähnlicher Größe und ähnlich großem Batteriespeicher recht hohes Gewicht. Dadurch werden jedoch die Fahrzeugkosten für ein BEV der Kompaktklasse vergleichsweise niedrig gehalten. Beim Reichweitenvergleich ist zu beachten, dass der BMW i3 noch nicht nach dem aktuellen Testverfahren geprüft wird. Die Reichweite nach dem aktuellen Testverfahren, dem WLTP, wird aufgrund des wahrscheinlich höheren Energieverbrauches geringer sein ⁷³.

Modell	VW ID.3	VW ID.3	VW ID.3 ⁷⁴	Hyundai Kona ⁷⁵	BMW i3 ⁷⁶	Nissan Leaf ⁷⁷
Akkuspeicher	45kWh	58kWh	77kWh	64kWh	38kWh	40kWh
Reichweite (Testverfahren)	330km (WLTP)	420km (WLTP)	550km (WLTP)	449km (WLTP)	359km (NEFZ)	285km (WLTP)
Gewicht	1,7t	1,8t	1,9t	1,7t	1,3t	1,6t

Abbildung 15: Daten des VW ID.3 und der Mitbewerber

Als Batteriezellen werden, wie bei heutigen Elektrofahrzeugen üblich, Lithium-Ionen-Batterien verwendet. Laut Volkswagen wird an dem Nachfolger der Lithium-Ionen-Technik, dem Feststoffakku, gearbeitet, wobei mit einer Markteinführung erst Ende der 2020er Jahre

⁶⁹ Vgl. <https://www.auto-motor-und-sport.de/elektroauto/vw-id-elektroauto-meb-22-millionen-technik/>

⁷⁰ Vgl. <https://www.e-go-mobile.com/de/newspool/pressemitteilung-e-go-mit-weltpremiere-auf-dem-internationalen-au-tomobil-salon-genf-2019/>

⁷¹ Vgl. <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/pressemitteilungen/ford-und-volkswagen-weiten-weltweite-kooperation-auf-autonomes-fahren-und-elektrifizierung-aus-5188>

⁷² Vgl. <https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2018/10/powerful-and-scalable-the-new-id-battery-system.html>

⁷³ Vgl. <https://www.adac.de/verkehr/abgas-diesel-fahrverbote/abgasnorm/wltp-messverfahren/>

⁷⁴ Vgl. <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/vw-id-3/>

⁷⁵ Vgl. <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/hyundai-kona-2018-elektro-kompakt-suv/>

⁷⁶ Vgl. <https://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/bmw-i3/2017/technische-daten.html#tab-0>

⁷⁷ Vgl. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/fahrbericht-test/nissan-leaf-2018/>

gerechnet wird ⁷⁸. Der ID.3 verwendet Pouchzellen ⁷⁹, es können im MEB jedoch auch prismatische Batteriezellen verwendet werden.

3.3 Daimler

3.3.1 Mercedes EVA

Mercedes plant ebenfalls eine Vielzahl an Elektrofahrzeugen. Anders als VW nutzt Mercedes zuerst noch keine auf die Elektromobilität zugeschnittenen Plattformen, sondern verwendet die Plattformen der verbrennungsmotorisch angetriebenen Fahrzeuge, um bei der Produktion flexibel auf den Markt reagieren zu können. So ist der bereits erhältliche EQC ein SUV der unteren Mittelklasse, welcher auf der EVA 1 Plattform (EVA = Electric Vehicle Architecture) basiert, welche wiederum auf der Plattform des Mercedes GLC basiert. Dies ist ein verbrennungsmotorisch angetriebenes Fahrzeug. Die 2020 erscheinenden Fahrzeuge EQA (Kompaktklasse) und EQB (SUV/Kompaktklasse) nutzen als technische Basis die EVA 1.5-Plattform, welche eine modifizierte Version der MFA-Plattform (MFA = Modulare Frontantriebsarchitektur) darstellt. Diese Plattform wurde für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor entwickelt. Erst der EQS, eine ab 2021 erhältliche Limousine der Oberklasse, sowie folgende Mittel- und Oberklassefahrzeuge, werden eine eigens auf Elektrofahrzeuge zugeschnittene Plattform mit der Bezeichnung EVA 2 verwenden.

Somit ergeben sich für die auf der EVA 1- und EVA 1.5-Plattform basierenden Fahrzeuge die konstruktiven Nachteile des Conversion Designs. Somit folgt durch den Wegfall von Motor und Getriebe eine Verringerung der Karosseriefestigkeit im Crashfall, welche zum Beispiel beim EQC durch einen Aluminiumrahmen kompensiert werden muss.

⁷⁸ Vgl. <https://vision-mobility.de/galerien/vw-lueftet-den-schleier-ueber-dem-meb-3492.html>

⁷⁹ Vgl. <https://www.heise.de/autos/artikel/Reportage-Prototypenerprobung-VW-I-D-4251640.html?seite=2>

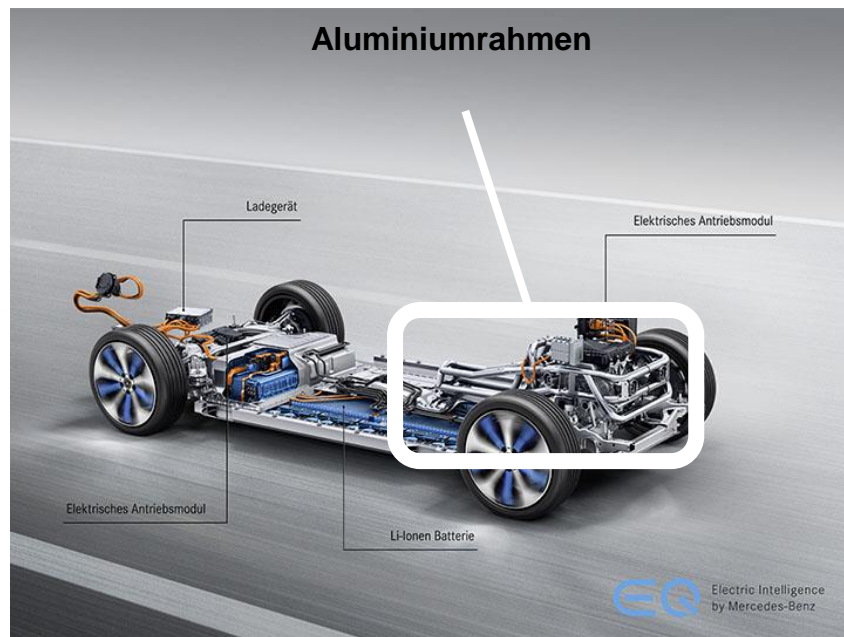


Abbildung 16: Aluminiumrahmen des Mercedes EQC ⁸⁰

Derartige Maßnahmen steigern das Fahrzeuggewicht und somit den Energiebedarf, wodurch die beim Elektrofahrzeug kritische Reichweite verringert wird.

Der EQC besitzt an jeder Achse jeweils einen Asynchron-Elektromotor, wodurch ein Allradantrieb ohne Kardanwelle realisiert wurde. Der Achsantrieb, also „E-Motor, Eingang-Getriebe mit Differential sowie die Leistungselektronik samt der Steuerungssoftware“ werden von ZF geliefert ⁸¹. Die Akkukapazität beträgt vergleichsweise hohe 80 kWh, womit nach WLTP eine Reichweite von 390km realisiert wird ⁸⁰. Von Seiten der Karosseriekonstruktion und -werkstoffe ist eine hohe Ähnlichkeit zum GLC zu erwarten. Dies bedeutet eine für den heutigen ICE-Fahrzeugbau übliche selbsttragende Mischbauweise mit Stahl- und Aluminiumteilen ⁸².

3.3.2 Smart EQ

Die Daimler-Marke Smart hat sich dazu entschieden, ab 2020 nur noch die batterieelektrischen Varianten des Kleinwagens Fortwo/Forfour zu produzieren ⁸³. Die aktuelle Version des elektrisch angetriebenen Smart wird seit 2017 gefertigt und für den Strategiewechsel hin zur reinen Elektromobilität einem Facelift unterzogen. Damit folgt die Marke der Grundidee des Smart Cars, lokal emissionsfreie Stadtfahrzeuge anzubieten ⁸⁴.

Die technische Basis für dieses Modell ist der Smart Fortwo/Forfour der aktuellen Modellgeneration, welche aus einer Kooperation mit dem Hersteller Renault entstanden ist ⁸⁴. Nach dem Prinzip des Conversion-Designs wird hier der im Heck verbaute Verbrennungsmotor durch einen Elektromotor und die notwendige Leistungselektronik

⁸⁰ Vgl. <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/test-mercedes-eqc-elektro-suv/>

⁸¹ Vgl. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/grossauftrag-von-daimler-zf-liefert-das-antriebssystem-fuer-den-eqc-a-845707/>

⁸² Vgl. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Weltpremiere-Mercedes-Benz-GLC-SUV-im-Mass-Anzug.xhtml?oid=9904868>

⁸³ Vgl. <https://www.heise.de/autos/artikel/Modellpflege-fuer-Smart-EQ-Fortwo-und-Forfour-4516996.html>

⁸⁴ Vgl. <https://www.heise.de/autos/artikel/Modellpflege-fuer-Smart-EQ-Fortwo-und-Forfour-4516996.html>

ersetzt; die Batterie wird an der Position des Kraftstofftanks⁸⁵ unterhalb der Sitze montiert⁸⁶.

Der Elektromotor wird von Renault in Frankreich gefertigt⁸⁷. Zur Energiespeicherung werden Batteriezellen der koreanischen Firma LG Chem genutzt⁸⁸, welche bei der 100-%igen Daimler-Tochter Accumotive in Kamenz bei Dresden zu Batteriepaketen verarbeitet werden⁸⁹.

3.4 Volvo

Der schwedische Hersteller arbeitet bereits seit den 70er Jahren an Elektroantrieben. 2010 sammelte Volvo Erfahrungen mit einer batteriebetriebenen Testflotte des Volvo C30. 2012 führte Volvo den ersten Plug-in Hybrid Diesel ein. 2017 fiel die Entscheidung, jedes Modell in der Produktpalette zu elektrifizieren⁹⁰.

Volvo möchte bis 2025 eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straße bringen. Ab 2019 wird jedes neu eingeführte Modell über einen Elektromotor verfügen, wobei aber die meisten Hybridlösungen bleiben werden. So plant Volvo, über das gesamte Modellprogramm hinweg Plug-in-Hybrid- und 48-Volt-Mild-Hybridfahrzeuge einzuführen und wird damit nach eigener Einschätzung eine der umfangreichsten elektrifizierten Modellpaletten der Branche anbieten.

Fünf reine Elektrofahrzeuge will Volvo bis 2021 auf den Markt bringen – drei Modelle davon unter der Marke Volvo – zwei weitere unter der Marke Polestar, die zu einer eigenen, elektrifizierten Hochleistungsmarke ausgebaut werden soll⁹¹.

Auch Nachhaltigkeit und faire Produktionsbedingungen spielen für Volvo eine große Rolle. So setzt das Unternehmen auf Blockchain-Technologie, um die Lieferkette etwa für Kobalt, das für die Batterieproduktion benötigt wird, lückenlos zu dokumentieren⁹². Lieferanten des Herstellers müssen sich also darauf einstellen, früher oder später unabhängig von der Produktebene die entsprechenden Schnittstellen und Technologien im Unternehmen vorzuhalten.

3.5 BMW

Für den bayerischen Hersteller hat Klimaschutz nach eigenen Angaben eine hohe Relevanz, was sich bisher darin gezeigt habe, dass die Effizienz der Verbrennungsmotoren stetig erhöht wurde.

⁸⁵ Vgl. <http://rk.mb-qr.com/de/453.3/>

⁸⁶ Vgl. <https://blog.mercedes-benz-passion.com/2016/11/erste-fahrt-im-neuen-smart-fortwo-electric-drive-in-miami/>

⁸⁷ Vgl. <https://insideevs.com/news/326808/next-generation-smart-electric-drive-to-get-renault-zoe-motor/>

⁸⁸ Vgl. <https://www.automobil-produktion.de/hersteller/wirtschaft/koreanische-lg-chem-liefert-kuenftig-batteriezellen-fuer-elektro-smart-226.html>

⁸⁹ Vgl. <https://www.accumotive.de/produkte.html>

⁹⁰ Vgl. <https://www.volvocars.com/de/volvo/innovationen/zukunft-des-fahrens/antriebe/elektrifizierung>

⁹¹ Vgl. <https://www.volvocars.com/de/volvo/innovationen/nachhaltige-mobilitaet>

⁹² Vgl. <https://www.springerprofessional.de/elektromobilitaet/ressourceneinsatz/volvo-macht-kobalt-beschaffung-mit-blockchain-transparent/17353934>

Mit dem BMW i3 gehörte BMW zu den europäischen Pionieren der Elektromobilität und ist heute Marktführer in Europa, was elektrifizierte Fahrzeuge betrifft. Immerhin fünf reine Elektrofahrzeuge hat BMW bis 2021 angekündigt.

Die Innovationsfelder der Zukunft sieht BMW neben der Elektrifizierung im automatisierten Fahren, in der Vernetzung und bei den Services. Die digitale Welt soll in das Auto der Kunden gebracht werden – so steht es in der Unternehmensstrategie.

Der ökologische Fußabdruck über die gesamte Lieferkette ist auch für BMW ein wichtiges Thema. In Europa bezieht das Unternehmen schon 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen – 2020 soll dies auch weltweit geschehen. Mit der Unterzeichnung des BMW Group Kodex zu Menschenrechten und Arbeitsbedingungen hat das Unternehmen Maßstäbe in Sachen Gleichbehandlung, Diversität, Sicherheit am Arbeitsplatz und dem Schutz persönlicher Daten gesetzt, zu denen auch Lieferanten und Vertriebspartner verpflichtet sind ⁹³.

Dabei setzt das Unternehmen aber nicht ausschließlich auf Elektromobilität, sondern formuliert seinen Ansatz als „Power of Choice“. Der Kunde soll die Wahl zwischen vier Antriebssäulen haben, zu denen Benzin und Diesel gehören. Vierte Säule ist die Brennstoffzellentechnik, an der BMW zusammen mit Toyota intensiv forscht. BMW plant hier schon 2022 eine erste Kleinserie liefern zu können und rechnet mit größeren Stückzahlen ab 2025 – sieht diese Technologie aber eher in Nutzfahrzeugen.

Um angesichts der Verbrenner im Portfolio die Klimaziele erreichen zu können, möchte BMW die Effizienz dieser Motoren weiter verbessern. Bei BMW sollen viele Modelle möglichst am selben Band gefertigt werden können, um Herstellkosten zu sparen. Die Architektur der Fahrzeuge wird darum ähnlich sein – eine einheitliche Plattform wie VW plant BMW für BEV allerdings nicht ⁹⁴.

Für die Zulieferindustrie von BMW ist die Lage angesichts dieser Philosophie derzeit noch relativ entspannt, könnte aber dramatisch kippen, wenn BMW aus politischen Zwängen oder Imagegründen heraus doch noch einen kompletten Kurswechsel vollzieht.

3.6 PSA

Auch PSA stellt sich dem Thema Elektromobilität mit dem am 1. April 2018 gegründeten Geschäftsbereich „Low Emission Vehicles“. Zwar hat bzw. hatte PSA schon seit längerem einige rein elektrische Fahrzeuge im Angebot, wie zum Beispiel den Berlingo Electric oder den C-Zero, doch mit dem neuen Geschäftsbereich soll eine Konzernstrategie für die Energiewende erschaffen werden, die mittlerweile konkret vorsieht, dass ab 2019 für jedes neu erscheinende Modell eine elektrifizierte Variante angeboten wird. So soll bis 2025 das Ziel erreicht sein, Elektroversionen aller Modelle anzubieten. Dabei soll der Geschäftsbereich profitables Wachstum erzielen und PSA bei der Einhaltung der CO₂-Ziele unterstützen.

⁹³ Vgl. <https://www.bmwgroup.com/de/verantwortung/nachhaltiges-wirtschaften.html>

⁹⁴ Vgl. <https://t3n.de/news/elektromobilitaet-genug-bmw-4-1197496/>



Zudem sieht die Strategie flexible Plattformen vor, die Verbrennungsantriebe, Elektroantriebe oder Hybridantriebe möglich machen. So sollen in Zukunft auf einer Produktionslinie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Elektroautos produziert werden, wodurch eine schnelle Anpassung an Veränderungen im Energiemix an den verschiedenen Märkten möglich wird.

Senior Vice President des Geschäftsbereiches „Low Emission Vehicles“ Alexandre Guignard wünscht sich, dass Opel bei der Elektrifizierung eine zentrale Rolle zukommt. Sofern es sich rentiert, könnte Opel zu einer reinen Elektromarke werden. Auch bei der Konzerntochter DS soll ab 2025 jedes neue Modell elektrifiziert sein, also entweder rein elektrisch angetrieben oder als Hybrid^{95 96}.

3.7 Jaguar Land Rover

Jaguar denkt ebenfalls um. So sagt Chief Executive Officer Prof. Dr. Ralf Speth: „Die Zukunft der Mobilität ist elektrisch und als visionäres britisches Unternehmen bekennen wir uns dazu, die nächste Generation unserer emissionsfreien Fahrzeuge in Großbritannien zu fertigen“. Dieses Bestreben wird mit der Ankündigung einer Reihe neuer Elektromodelle untermauert, die im Werk nahe Birmingham gebaut werden sollen. Am selben Standort soll die Herstellung der Batterien und der Antriebselektronik angesiedelt werden. Das erste Modell soll die Luxuslimousine XJ sein. Zudem sollen ab dem Jahr 2020 alle Modelle auch in einer elektrischen Variante angeboten werden⁹⁷.

3.8 Toyota und Nissan

Toyota macht sich seit Jahren einen Namen mit der konsequenten Hybridisierung seiner Modellpalette. Der Prius war der erste Großserien-Pkw mit Hybridmotor⁹⁸.

Der japanische Hersteller setzt hier auch weiterhin seinen Fokus. Toyota und Lexus offerieren insgesamt 20 Vollhybride und damit so viele wie kein anderer Automobilhersteller⁹⁹.

Auch Toyota arbeitet mit einheitlichen Plattformen. Mit der neuen GA-B Plattform möchte Toyota die Fahreigenschaften weiter verbessern, wozu eine Reihe von technischen Neuerungen beitragen soll. So sorgen fortschrittliche Verbindungstechniken im Unterboden für eine hohe Steifigkeit bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Gewicht und Kosten. Die Radaufhängung vorn mit MacPherson-Federbeinen umfasst reibungsarme Dämpfer und verschiedene Federarten. Die Hinterachse lässt sich je nach Fahrzeugart und -charakter als Verbundlenker oder als Mehrlenker ausführen. Der Fahrersitz rückt mit der GA-B Plattform nach unten und hinten in Richtung Fahrzeugmitte. Dies trägt nicht nur zur Senkung des Fahrzeugschwerpunkts bei, sondern sorgt zusammen mit dem verstellbaren Lenkrad auch für eine aktive Sitzposition. Mit einem hohen Maß an Modularität bietet die neue GA-B

⁹⁵ Vgl. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/die-antriebsstrategie-des-psa-konzerns-elektro-fuer-alle-a-759332/>

⁹⁶ Vgl. <https://at-media.groupe-psa.com/de-at/cmp-die-neue-modulare-multi-energy-plattform-der-groupe-psa#prettyPhoto---15.11.2019>

⁹⁷ Vgl. <https://media.jaguarlandrover.com/de-de/news/2019/07/jaguar-land-rover-beschleunigt-die-elektrifizierung-neue-modelle-mit-elektrifizierten>

⁹⁸ Vgl. <https://www.sueddeutsche.de/thema/Toyota>

⁹⁹ Vgl. <https://www.toyota-media.de/blog/unternehmen/artikel/toyota-in-europa-weiter-auf-erfolgskurs-2>

Plattform Designern wie Ingenieuren gleichermaßen die Möglichkeit, attraktive Fahrzeuge unterschiedlicher Größen und Karosseriearten zu entwerfen ¹⁰⁰.

Gemeinsam mit Subaru, so verkündete Toyota im Mai 2019, werde man eine völlig neue Plattform für Elektrofahrzeuge entwickeln ¹⁰¹. Toyota gehört damit zu den Nachzüglern bei batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen ¹⁰².

Um die Hybridtechnik weiter am Leben zu halten und Zeit für die Weiterentwicklung der Brennstoffzellentechnik zu gewinnen, gab Toyota 24.000 Patente rund um seinen Hybridantrieb zur kostenlosen Lizenznutzung frei. Mit dem wasserstoffgetriebenen Modell Mirai ist Toyota hier schon weit vorne und gab auch für diese Technologie bereits 2015 Patente frei, um den Markt zu erweitern ¹⁰³.

Im Herbst 2019 zeigte Toyota auf der Tokio Motor Show anstelle von neuen Fahrzeugen vor allem Mobilitätskonzepte, darunter eine automatisierte E-Auto-Flotte, die ab etwa 2025 als selbstfahrende Taxen oder Supermärkte dienen soll. Allianzen mit Firmen wie Uber und eine einheitliche Softwareplattform sollen dafür den Weg ebnen ¹⁰⁴.

Im Gegensatz zu Toyota gehörte Nissan zu den Herstellern, die sehr früh auf Elektrifizierung gesetzt haben. Das Modell Leaf, von dem seit der Einführung 2010 bereits 340.000 Einheiten verkauft wurden, gehört zu den elektrischen Bestsellern in Europa ¹⁰⁵. Entsprechend weit ist der Hersteller in der Entwicklung vorangeschritten und möchte diese Technologieführerschaft auch künftig weiter verteidigen, so war im Herbst 2019 von Planungschef Philipp Klein zu hören. Mit seinem neuen Twin-Motor präsentiert Nissan eine Allradvariante, die das Unternehmen als „nächste Generation der Elektroautos“ bezeichnet ¹⁰⁶. Auch bei Themen wie automatisiertes Fahren und Robotertaxis möchte Nissan künftig die Nase vorn haben ¹⁰⁷.

3.9 Hyundai

Hyundai entwickelt als einer von sehr wenigen Autoherstellern weltweit alle Arten von Elektrofahrzeugen, von Hybrid- und Plug-In-Hybridautos bis hin zu reinen Elektro- und Brennstoffzellenautos. Die koreanische Hyundai Motor Company mit ihren Marken Hyundai und Kia hat angekündigt, in den nächsten fünf Jahren umgerechnet mehr als 35 Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung sowie Zukunftstechnologien zu investieren. Im Rahmen seiner brennstoffzellen- und batteriebetriebenen Offensive investierte das Unternehmen vor kurzem in drei Unternehmen, die sich auf Wasserstofftechnologien spezialisiert haben. Von Seiten des Konzerns habe man das Investment getätigt, um die eigene Führungsposition

¹⁰⁰ Vgl. <https://www.toyota.de/news/kleinwagenplattform>

¹⁰¹ Vgl. <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/subaru-toyota-plattform-elektrofahrzeuge/>

¹⁰² Vgl. <https://ecomento.de/2019/06/06/toyota-und-subaru-gemeinsame-plattform-fuer-batterie-elektroautos/>

¹⁰³ Vgl. FAZ 4.4.2019

¹⁰⁴ Vgl. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/akio-toyoda-vom-autobauer-zur-plattform-so-richtet-der-toyota-chef-den-konzern-neu-aus/25161168.html?ticket=ST-2026737-CPnJQVMsfnPxeHmPncU-ap1>

¹⁰⁵ Vgl. <https://ecomento.de/2018/10/05/nissan-leaf-fuehrt-elektroauto-verkaufscharts-in-europa-an/>

¹⁰⁶ Vgl. <https://germany.nissannews.com/de-DE/releases/release-7139bfc8ed3758354bde0996410ae57b-twin-motor-und-allradantrieb-nissan-gibt-ausblick-auf-nachste-elektroauto-generation>

¹⁰⁷ Vgl. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/neue-strategie-kampfansage-von-nissan-wir-werden-die-fuehrung-bei-elektroautos-verteidigen/21107420.html?ticket=ST-1024226-M9yccRGVzMonHnbA6pGf-ap1>

im globalen Wasserstoff-Brennstoffzellen-Ökosystem zu stärken. Ende September wurde bekannt, dass Hyundai, zusammen mit strategischen Partnern, ein Geschäftsmodell entwickelt hat, mit dem grüner Wasserstoff produziert und der Aufbau einer Wasserstoffversorgung in ganz Europa ermöglicht werden kann ¹⁰⁸.

3.10 Neue Mitbewerber

Während die Lobbyisten der deutschen Automobilhersteller lange an Verbrennungsmotoren festgehalten haben und Teile der Politik dies immer noch tun, setzen ganz neue Mitbewerber zum Sprint an. Sie konzipieren kleine Elektrofahrzeuge für den Massenmarkt. Wenn wir an Firmen wie Kodak, Blaupunkt, Nokia oder Quelle denken, die einst Marktführer waren und dann durch zu langes Festhalten an nicht mehr zeitgemäßen Technologien vom Markt verschwanden, könnte dies die deutsche Automobilindustrie zur Vorsicht mahnen. Einige etablierte Hersteller scheinen das erkannt zu haben und gehen Kooperationen ein, um durch die Nutzung gemeinsamer Plattformen und Standards die Kosten und damit die Verkaufspreise von Elektrofahrzeugen angesichts der neuen Konkurrenz wettbewerbsfähig zu gestalten. Ob dies ausreichen wird, um diesen extrem agilen Firmen dauerhaft Paroli zu bieten, bleibt abzuwarten.

3.10.1 e.GO

Die e.GO Mobile AG wurde 2015 von Prof. Dr. Günther Schuh als Hersteller von Elektrofahrzeugen gegründet, nachdem hier bereits der StreetScooter entwickelt worden war. Auf dem RWTH Aachen Campus steht den mehr als 450 Mitarbeitern ein Netzwerk aus Forschungseinrichtungen der Hochschule und mehr als 360 hier angesiedelten Technologieunternehmen zur Verfügung. Agile Teams entwickeln vorrangig kleine, leichte, kostengünstige Fahrzeuge für die Kurzstrecke. Für die Serienproduktion wurde ein neues Industrie-4.0-Werk errichtet. Hier geht mit dem Mover auch ein Elektrobuss in Serie ¹⁰⁹.



Abbildung 17: e.Go ¹¹⁰

¹⁰⁸ Vgl. <https://www.elektroauto-news.net/2019/hyundai-investiert-massiv-in-brennstoffzellentechnologie/>

¹⁰⁹ Vgl. <https://e-go-mobile.com/de/unternehmen/ueber-e-go/>

¹¹⁰ Vgl. © e.GO Mobile AG

3.10.2 Aptera

Aptera heißt das futuristische Elektroauto, an dessen erstem Prototypen 2009 auch Google beteiligt war. Mit Radnabenmotoren ausgestattet und mit einer Karosse, die wie im Bootsbau aus Verbundwerkstoffen gefertigt wird, hebt es sich von bestehenden Fahrzeugen extrem ab. Mit 800 kg ist der Zweisitzer relativ leicht und soll mit der größten Akkuvariante eine Reichweite von bis zu 1600 km realisieren können. Derzeit suchen die Gründer im Rahmen einer Crowdfunding-Kampagne nach Investoren, um erste Prototypen bauen zu können ¹¹¹. Auch wenn der Aptera von einer Marktreife weit entfernt ist, steht er doch beispielhaft für die vielen Initiativen und Innovationen, von denen einige sicherlich den Weg in den Markt schaffen könnten und der etablierten Automobilindustrie irgendwann Marktanteile abjagen könnten.

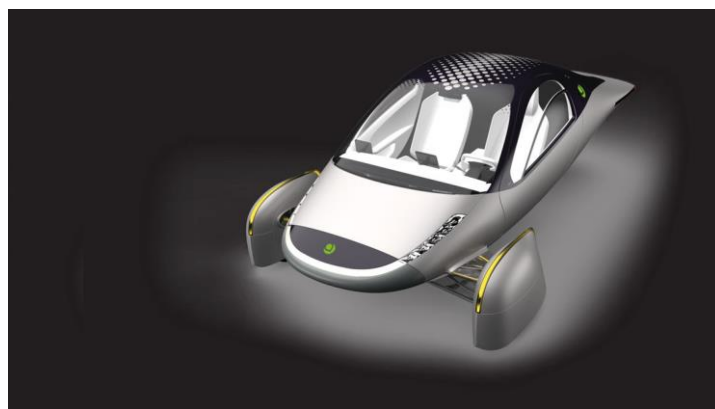


Abbildung 18: Aptera ¹¹²

3.10.3 Tesla

Global meistverkauftes E-Auto war 2018 der Tesla Model 3 mit 146.000 Einheiten und damit einem Anteil von 7 % ¹¹³. Gerade erst verkündete das Unternehmen, dass ein Produktionsstandort in Brandenburg errichtet werden soll. Als Grund wird dabei unter anderem die Spitzenposition dieser Region im Bereich regenerativer Energien, die eine CO₂-neutrale Produktion möglich machen könnte, genannt. 2020 soll mit dem Bau begonnen werden – schon 2021 soll hier ein SUV vom Band rollen ¹¹⁴. Damit könnte Tesla seine europäischen Marktanteile möglicherweise weiter ausbauen. Für die deutsche Zulieferindustrie könnte dies eine neue Chance sein – jedoch wird die Produktion dort sicherlich nach neusten Standards voll digitalisiert ablaufen. Wer hier mitspielen will, muss sich also auf digitalisierte Prozesse und das Wertesystem von Tesla in Sachen Nachhaltigkeit einlassen – gute Produkte alleine werden dafür nicht ausreichen.

¹¹¹ Vgl. <https://www.golem.de/news/aptera-elektrokleinfahrzeug-soll-1-600-km-reichweite-schaffen-1909-143564.html>

¹¹² Vgl. <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/startups/aptera-elektroauto-comeback/>

¹¹³ Vgl. <https://www.mckinsey.de/branchen/automobil-zulieferer/electric-vehicle-index>

¹¹⁴ Vgl. <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/tesla-musk-gigafactory-deutschland-brandenburg-1.4680397>

3.10.4 SAIC

Die SAIC Motor Corporation Limited produzierte schon in den 50er Jahren Komponenten für die Automobilindustrie – später auch komplette Fahrzeuge ¹¹⁵. In den 80er Jahren ging man bereits eine Kooperation mit VW ein, um einen in China produzierten VW Santana auf den asiatischen Markt zu bringen. Heute gehört das Unternehmen zu den größten Firmen des Landes, unterhält Niederlassungen auf dem ganzen Globus und hat Expansion zu seinem Schlüsselziel erklärt (Abbildung 19). Neben SAIC Volkswagen gibt es mit Roewe und MG auch eigene Marken aus dem Hause SAIC ¹¹⁶. Anfang 2019 wurde in China mit dem Bau eines neuen Werkes für die Produktion von Elektroautomobilen begonnen – auf Basis der VW MEB-Plattform ¹¹⁷. Auch hier soll nach Industrie 4.0 Standards gefertigt werden, was die Kollaboration mit globalen Entwicklungs- oder Lieferantenteams möglich macht, wenn man über die entsprechenden Technologien verfügt ¹¹⁸.



Abbildung 19: Strategie SAIC ¹¹⁹

3.10.5 Aiyaws

Das chinesische Startup hat den europäischen Markt fest im Visier und wird anders als andere, eher IT-affine Gründer von erfahrenen Autobauern geführt, die von Unternehmen wie VW oder Volvo kommen und nicht länger auf die Mobilitätswende warten wollten. Seit 2017 planen sie das Auto der Zukunft völlig neu, das ab 2020 lieferfähig sein soll. Es entsteht auf einer skalierbaren Aluminium-Plattform, die eine Karosserie aus hochfesten Stählen überbaut. Der Materialmix von 52 Prozent Aluminium und 48 Prozent Stahl führt zu einem Leergewicht von 1730 Kilo, inklusive der zwischen den Achsen verbauten 63-kWh-Batterie, deren Zellen von CATL stammen. Das SUV soll mit einer Batterieladung bis zu 430 Kilometer weit fahren können. Mit einem angestrebten Preis von 30 000 Euro und einer Fülle

¹¹⁵ Vgl. https://www.saicmotor.com/english/company_profile/history_and_heritage/index.shtml

¹¹⁶ Vgl. <https://www.car-it.com/saic-setzt-auf-elektro-autos/id-0061097>

¹¹⁷ Vgl. https://www.aft-group.de/saic_ningde-plant/

¹¹⁸ Vgl. <https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2018/10/the-new-e-factory-in-anting.html>

¹¹⁹ Vgl. http://www.saicmotor.com/english/latest_news/operations.shtml

an Assistenzsystemen könnten sie eine ernsthafte Konkurrenz für die Modelle der etablierten Hersteller sein ¹²⁰.



Abbildung 20: Aiyas U5 ¹²¹

3.10.6 Byton

In Las Vegas präsentierte Byton 2018 erstmals das Konzept seines elektrischen SUV.

Schon 2019 bei der IAA in Frankfurt wurde als Umsetzung der M-Byte vorgestellt, der 2020 in Serie gehen und ab 2021 auch in Europa lieferbar sein soll. Mit großem 48-Zoll-Bildschirm versehen und wahlweise mit Hinterrad- oder Allradantrieb lieferbar, liegen aus den internationalen Märkten schon mehr als 50.000 Bestellungen vor, obwohl es bisher noch gar keine Infrastruktur für Lieferung und Service gibt ¹²². Mit einer Reichweite von mehr als 500 Kilometern und einem Preis von rund 50.000 Euro könnte das Modell ein ernsthafter Mitbewerber werden ¹²³.

Zu den Gründern von Byton, das zur chinesischen „Future Mobility Corporation“ gehört und als Marke für Elektrofahrzeuge aufgebaut wurde, gehört auch der ehemalige BMW-Manager Carsten Breitfeld. Nachdem er das Team im Frühling 2019 verließ, wurde der Serienstart des M-Byte nach hinten verschoben.



Abbildung 21: M-Byte mit großem Display¹²⁴

¹²⁰ Vgl. <https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/motor/chinesischer-autohersteller-aiways-u5-soll-den-markt-aufmischen-16396778.html>

¹²¹ Vgl. <https://www.electrive.net/2019/09/21/china-stromer-aiways-u5-fuer-die-eu-zugelassen/>

¹²² Vgl. <https://www.automobil-produktion.de/hersteller/byton-startet-serienfertigung-des-m-byte-363.html>

¹²³ Vgl. <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/byton-m-byte/>

¹²⁴ Vgl. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/elektrofahrzeug-m-byte-so-stellt-sich-byton-das-auto-der-zukunft-vor/23834188.html>



Erkenntnisse:

Alle Hersteller setzen auf Elektromobilität – viele derzeit noch als Hybridlösung, was die Situation für die Zulieferindustrie erst einmal entschärft.

Einheitliche Plattformen lassen den Markt mit der Zeit zu einem Oligopol werden. Wenige Hersteller – oft in Kooperation – werden dominieren, was den Preisdruck auf die Zulieferindustrie erhöhen könnte.

Viele Hersteller bekennen sich explizit zu Werten wie Klimaschutz, Nachhaltigkeit und fairen Produktionsbedingungen. Diese Werte müssen auch die Lieferanten teilen, wenn sie wettbewerbsfähig bleiben wollen. Schnittstellen und Technologien zur lückenlosen Dokumentation über die gesamte Wertschöpfungskette müssen auch Zulieferbetriebe anbieten können.

Ganz neue Wettbewerber drängen auf den Markt. Sie erfinden Fahrzeuge völlig neu ohne auf angestammte, über Jahrzehnte eingefahrene Muster oder gar bestehende Arbeitsplätze Rücksicht nehmen zu müssen. Traditionsbetriebe in der Automobilindustrie müssen aufpassen, von diesen agilen, extrem innovativen Unternehmen, die oft hohe IT-Kompetenz mitbringen, nicht überholt zu werden.

Software wird ebenso wichtig wie Hardware. Die Berufsbilder verändern sich. Man braucht künftig weniger Werker in der Produktion und stattdessen mehr Softwareentwickler. Die Weichen für diesen Wandel müssen jetzt in den Schulen und bei der beruflichen Bildung gestellt werden.

Mit der Marktreife automatisierter Fahrzeuge kommen neue Qualitätskriterien und das Thema Sicherheit rückt stärker in den Fokus. Möglicherweise können hier die europäischen Hersteller stärker punkten, wenn sie bis dahin den Anschluss nicht verpasst haben. Die Zulassungszahlen werden durch diese Technologie eher sinken.

4 Entwicklung der Zulassungszahlen von Elektro- und Hybridfahrzeugen in Deutschland

Um einen Trend in den unterschiedlichen Fahrzeugklassen auszumachen, wurden im Rahmen dieser Studie die Zulassungszahlen des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) ausgewertet¹²⁵. Dabei wurde das Hauptaugenmerk auf die BEV, sowie Hybridfahrzeuge gelegt, wobei die Zulassungszahlen von Q1 2018 bis Q3 2019 in dieser Studie berücksichtigt wurden.

Eingeteilt werden die PKW beim KBA in die folgenden Klassen:

- Minis
- Kleinwagen
- Utilities
- Kompaktklasse
- Oberklasse
- obere Mittelklasse
- Mittelklasse
- Mini-Van
- Großraum-Van
- SUV
- Geländewagen
- Sportwagen.

Da viele als Geländewagen eingeteilte Fahrzeuge umgangssprachlich auch als SUV bezeichnet werden (z.B. Porsche Macan), wurden die Kategorien SUV und Geländewagen in dieser Auswertung zusammengefasst. Gleiches wurde mit Minis und Kleinwagen sowie Mittelklasse und oberer Mittelklasse gemacht.

4.1 BEV

Bei der klassenübergreifenden Betrachtung der Zulassungen (Abbildung 22) von Fahrzeugen mit Elektroantrieb zeigt sich ein deutlicher Zuwachs von 2019 im Vergleich zum Vorjahr 2018.

¹²⁵ Vgl. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/monatl_neuzulassungen_node.html

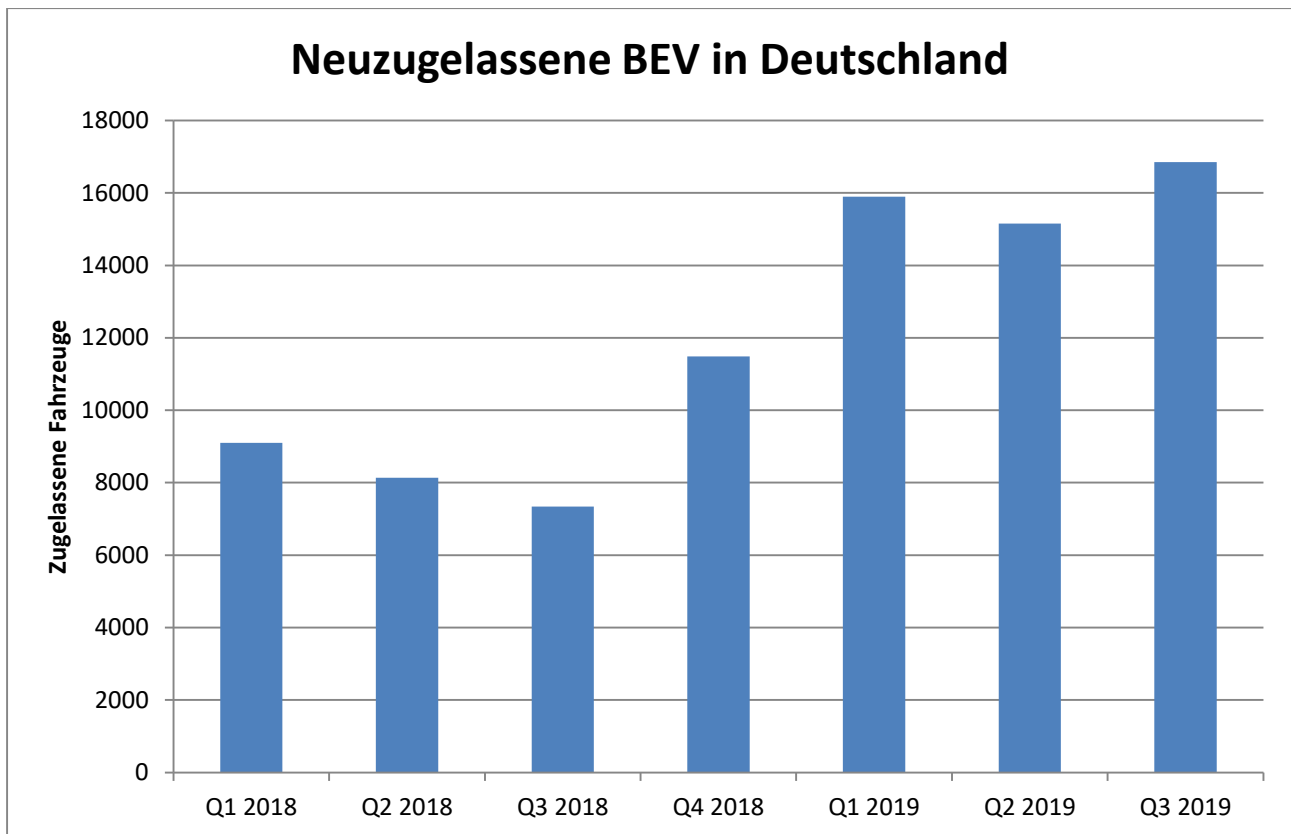


Abbildung 22: neuzugelassene BEV in Deutschland

Im Verhältnis zu den gesamt in Deutschland zugelassenen Fahrzeugen ist der Anteil jedoch immer noch gering und liegt bis Q3 2019 bei unter 2 % der in Deutschland neuzugelassenen Fahrzeuge.

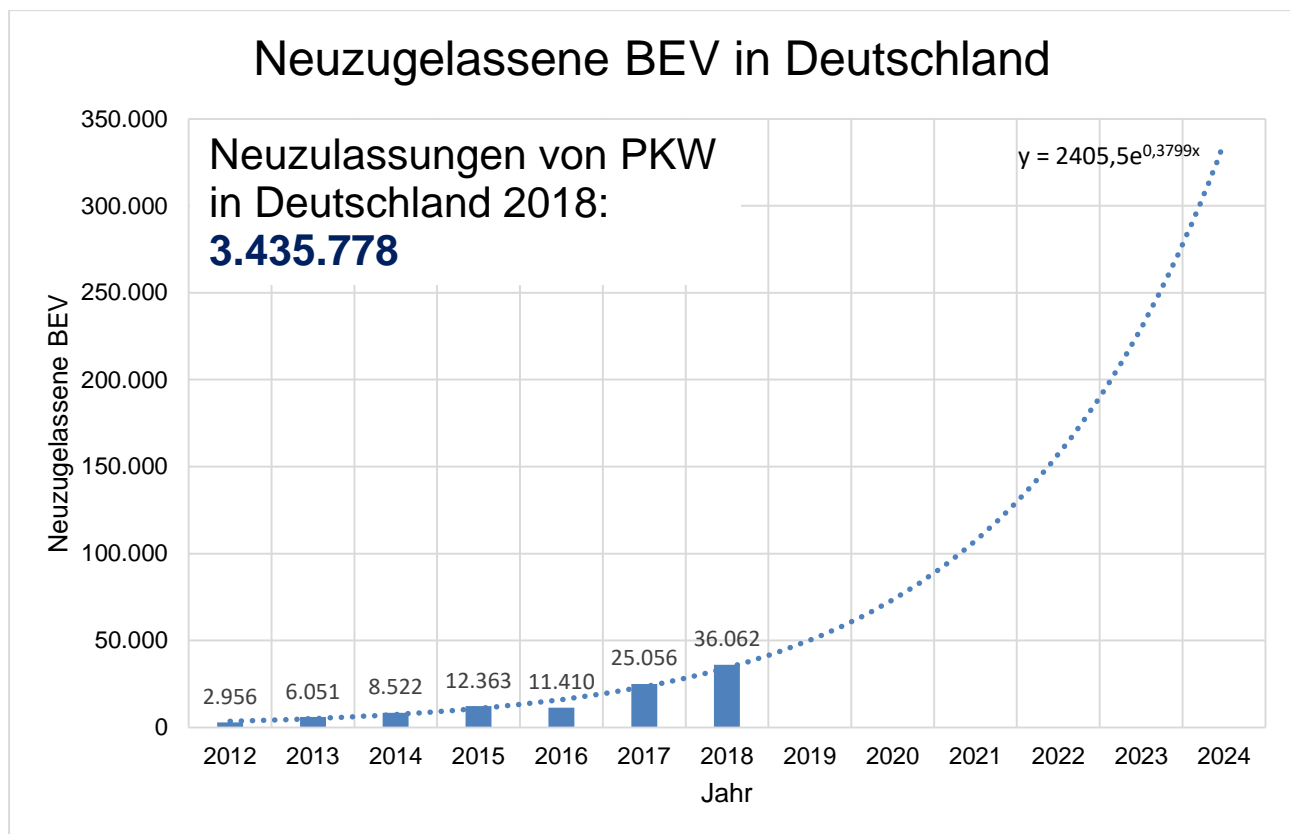


Abbildung 23: Neuzugelassene BEV in Deutschland (2012 - 2018)

In Abbildung 23 werden die Zulassungszahlen von BEV in Deutschland für den Zeitraum von 2012 bis 2018 betrachtet. Dabei ist über diesen Zeitraum ein deutlicher Zuwachs erkennbar.

Die dargestellte Trendlinie zeigt die mögliche Entwicklung der Zulassungen bis zum Jahr 2024, wenn diese wie in den letzten Jahren weiterhin exponentiell ansteigen.

Auf Grund der starken jährlichen Änderungen, welche von nicht vorhersehbaren Faktoren wie der Kundenakzeptanz, den Kosten für die Anschaffung sowie den Unterhalt, den auf dem Markt angebotenen Fahrzeugen, der Infrastruktur und den politisch vorgegebenen Rahmenbedingungen beeinflusst werden, ist eine fortlaufende Verifikation der Zahlen sinnvoll. Durch die in Zukunft wachsende Datenbasis lässt sich der Trend, welcher einem hohen Änderungsgradienten unterliegt, weiter überprüfen.

Allerdings zeigt sich, dass das Ergebnis der Trendanalyse auf Basis der Zulassungszahlen eine gute Deckung mit den in Kapitel zwei prognostizierten Zahlen aufweist. Bei gleichbleibenden Gesamtzulassungszahlen läge der Anteil von BEV Mitte der 2020er Jahre bei ca. 10 %.

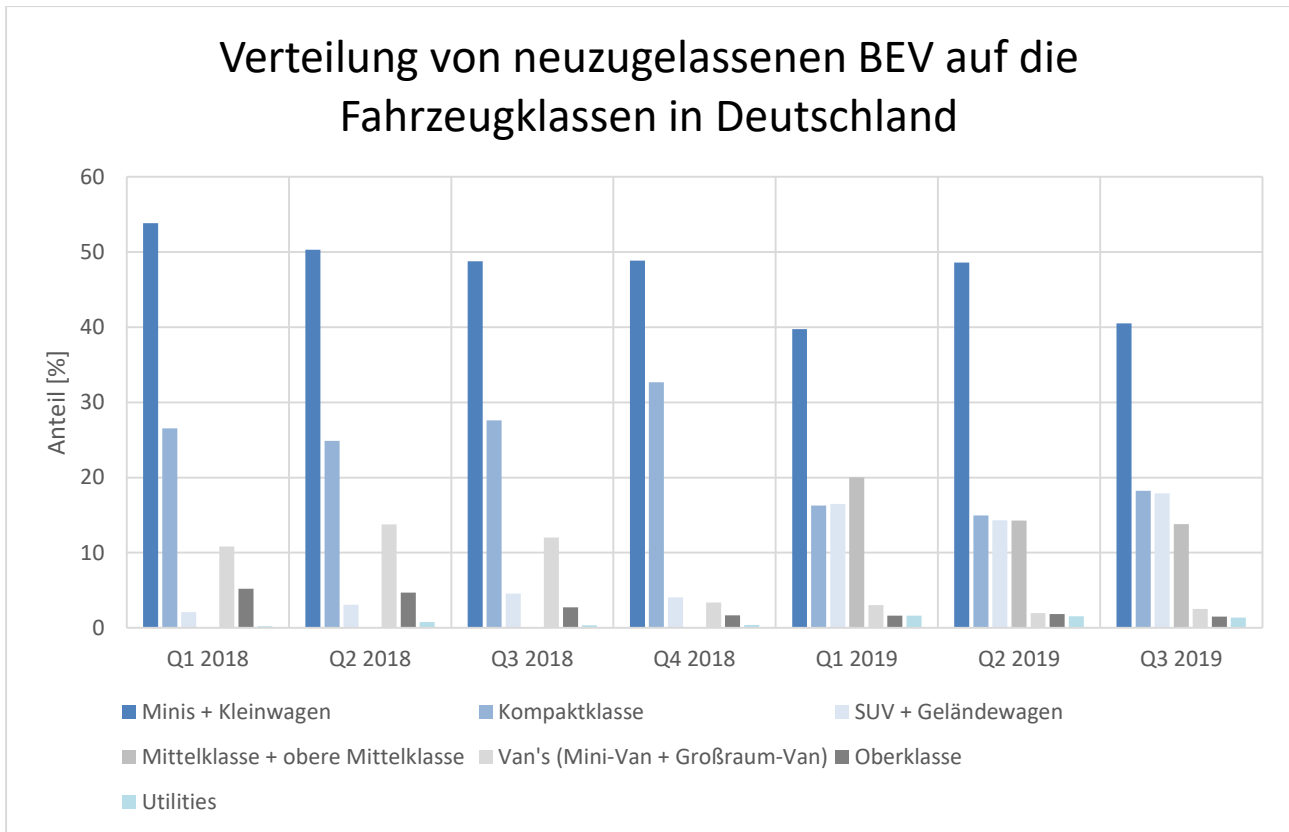


Abbildung 24: Verteilung von neuzugelassenen BEV auf die Fahrzeugklassen in Deutschland

Bei einem Blick auf den Anteil der einzelnen Fahrzeugklassen im Segment der E-Fahrzeuge (Abbildung 24) zeigt sich, dass die Minis und Kleinwagen mit zum Teil um die 50 % stark vertreten sind. Ein Grund dafür ist die gute Einsatzmöglichkeit von Kleinwagen mit Elektroantrieb innerhalb der Städte, sowie im naheliegenden Umland, bei einem „günstigen“ Preis.

Wie im gesamten Markt ist auch unter den BEVs ein Zuwachs der SUVs und Geländewagen erkennbar. Dabei wurde der Anteil unter den BEVs im Vergleich zum dritten Quartal im Vorjahr fast vervierfacht.

Zu beachten ist jedoch bei der Betrachtung der Zulassungszahlen, dass aufgrund der wenigen Modelle und Fahrzeuge am Markt einzelne neue Modelle für starke Schwankungen sorgen. Dies ist beispielsweise in der Mittelklasse zu beobachten. Diese Klasse war im Jahr 2018 ohne jegliche Zulassungen bei den elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Mit der Markteinführung des Tesla Model 3 ergaben sich jedoch im ersten bis dritten Quartal 2019 zwischen 13,8 % und 20 % Anteil dieser Klasse bei den Neuzulassungen, durch ein einzelnes Modell. Ähnliches ist im Segment der SUVs zu beobachten, welches mit der Einführung des Audi E-Trons deutlich gewachsen ist.

4.2 Hybrid

Als weitere Antriebsform für die Zukunft gilt der Hybridantrieb. Wie zuvor bei den BEV werden auch hier die Zulassungszahlen in Deutschland im Zeitraum vom ersten Quartal 2018 bis zum dritten Quartal 2019 betrachtet.

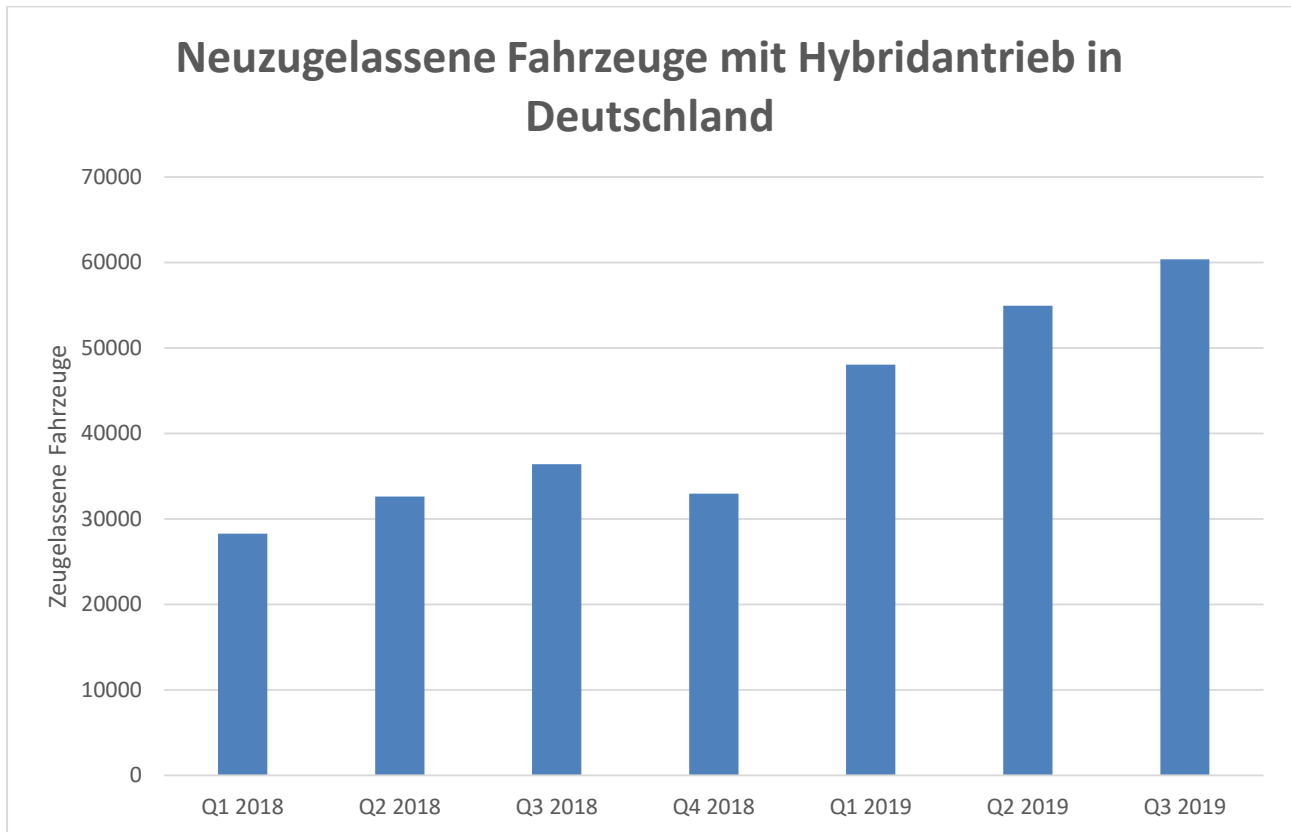


Abbildung 25: neuzugelassene Fahrzeuge mit Hybridantrieb in Deutschland

Wie in Abbildung 25 ersichtlich wird, lässt sich bei den Hybridfahrzeugen (MHEV, PHEV, HEV) ein deutlicher Anstieg der neuzugelassenen Fahrzeuge feststellen.

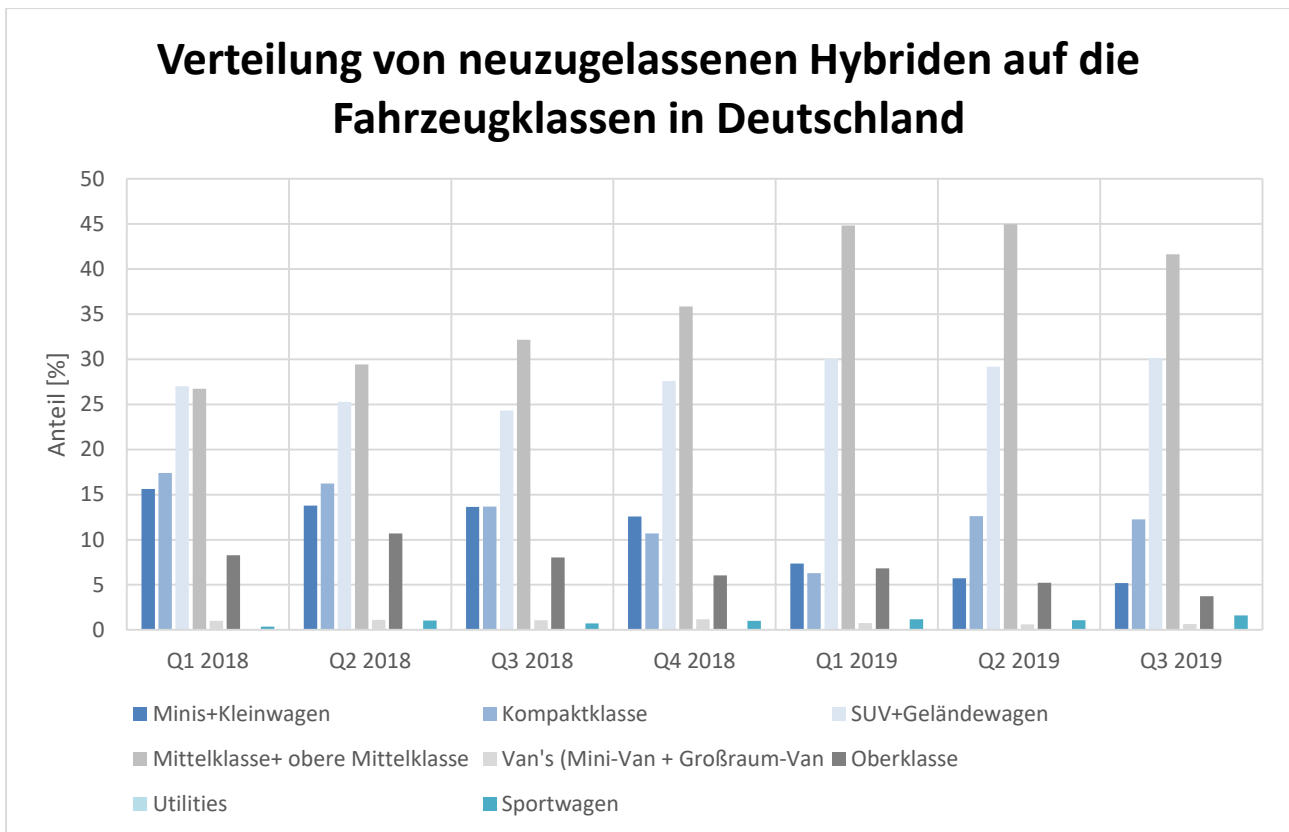


Abbildung 26: Verteilung von neuzugelassenen Hybriden auf die Fahrzeugklassen in Deutschland

Betrachtet man die Abbildung 26, fällt dort der nachlassende Anteil von kleinen Fahrzeugen und der hohe Anteil an großen Fahrzeugen wie SUV, Geländewagen, Mittelklasse sowie oberer Mittelklasse auf.

Auffällig ist, dass der größte Anteil der neuzugelassenen Hybridfahrzeuge mit über 40 % zur Mittelklasse und oberen Mittelklasse gehört.

Dabei wird deutlich, dass Hybridantriebe aktuell häufig in Fahrzeugklassen zum Einsatz kommen, mit denen oftmals längere Strecken zurückgelegt werden. Dabei bietet der Hybrid den Vorteil des schnell und flächendeckend verfügbaren Kraftstoffs bei gleichzeitig teilelektrischem Fahren und damit einhergehenden Verbrauchsvorteilen, welche besonders im Stadt- oder im „stop and go“-Verkehr zum Tragen kommen.

5 Technologische Trends

5.1 Purpose- oder Conversion-Design?

Um einen eventuellen Trend von Elektrofahrzeugen im Purpose- oder Conversion-Design besser einordnen zu können, wird zunächst kurz auf die Unterschiede der beiden Konzepte eingegangen. Da VW konzernintern beide Konzepte entwickelt hat, werden die Unterschiede am Beispiel des e-Golf und des VW ID.3 erläutert.

Wie der Begriff Conversion-Design schon vermuten lässt, handelt es sich dabei um eine Umwandlung. So wird ein ursprünglich für Verbrennungsmotoren konzipiertes Fahrzeug in ein Elektroauto umgewandelt. Anders verhält es sich beim Purpose-Design. Hier wird das Fahrzeug von Beginn an für den „Zweck“ konzipiert, ausschließlich batterieelektrisch angetrieben zu werden.

Wie in Abbildung 27 zu sehen ist, handelt es sich beim e-Golf um eine Umwandlung vom konventionellen Golf 7 zu einem Elektroauto. Der Karosserieaufbau unterscheidet sich zwischen den beiden Modellvarianten nicht. Mit dem modularen Querbaukasten eröffnet sich die Möglichkeit, die elektrische Antriebseinheit mit den Elementen aus der Serienfertigung des Golf 7 zu kombinieren. Um den Entwicklungsaufwand und somit auch die Kosten gering zu halten, wurden möglichst viele Teile des Golf 7 verwendet und die elektrischen Komponenten, zum Beispiel der Elektromotor, so verbaut wie das Pendant aus dem Golf 7, bzw. die Komponenten an Stellen verbaut, an denen Bauteile wegfallen, die beim Verbrennungsmotor benötigt werden. Als Beispiel seien die Batterieeinheiten genannt, die an der Stelle des ursprünglichen Benzintanks verbaut sind. Zusätzlich wurden Batteriezelleinheiten unter den Vordersitzen untergebracht. Im Mitteltunnel verlaufen Hochvoltleitungen und -schaltungen. Wie die konventionelle Variante, hat auch der e-Golf Frontantrieb mit Frontmotor.

Fahrwerkseitig unterscheidet sich der e-Golf auch nicht vom Golf 7 mit Motorisierungen über 122 PS. Unter 122 PS wird der Golf 7 hinten, anstatt mit einer Mehrlenkerachse, mit einer Verbundlenkerachse ausgeliefert. Beim e-Golf kommt zum unterschiedlichen Antriebskonzept eine deutlich stärkere Geräuschkämmung hinzu.



Abbildung 27: Volkswagen e-Golf ¹²⁶



Abbildung 28: Volkswagen ID.3 ¹²⁷

Der ID.3 ist ein Elektroauto im Purpose-Design, da die Plattform ausschließlich für Elektroantriebe entwickelt wurde und die Einbindung eines Verbrennungsmotors nicht vorsieht.

In Abbildung 28 sind die großen Batterie-Stacks unter dem Fahrzeugboden sowie die Platzierung der Elektroaggregate auf der Hinterachse deutlich erkennbar. Der klassische Mitteltunnel, der bei konventionellen Fahrzeugen für die Unterbringung des Getriebes (bei längs eingebauten Motoren), der Kardanwelle (bei Heck- oder Allradantrieb) und der Abgasanlage vorgesehen ist, fällt beim Purpose-Design fast vollständig weg. Weiterhin fällt auf, dass der ID.3 über Heckantrieb verfügt, anstatt über Vorderradantrieb wie beim e-Golf.

Vergleicht man die Fahrgastzellen, so wird schnell klar, dass unter anderem ein Vorteil eines Elektroautos im Purpose-Design speziell im Platzangebot im Innenraum liegt, hervorgerufen durch die „Sandwichbauweise“. Durch die skalierbaren Batterie Stacks ist es möglich, den Radstand je nach Fahrzeugklasse anzupassen. Ferner ermöglicht dieses Konzept eine profilorientierte Bauweise, wodurch die Fertigungskosten minimiert werden. Zusätzlich ergibt sich durch die Batteriestacks ein niedriger Schwerpunkt. Die Gewichtsverteilung kann durch die Positionierung der Antriebsaggregate begünstigt werden. Diese Vorteile können beim Conversion-Design nicht im vollen Umfang genutzt werden.

Abgesehen von den Entwicklungskosten sind die Produktionskosten für ein Elektroauto im Purpose-Design sicherlich günstiger, da einige Strukturteile gezielter auf das batterieelektrische Antriebskonzept ausgelegt werden können oder gar vollständig entfallen.

Um einen möglichen Trend zu erkennen, welches Konzept von den Herstellern fokussiert wird - speziell mit Blick auf Deutschland - wurden die Zulassungszahlen vom KBA ausgewertet sowie die Zukunftsstrategien hinsichtlich Elektromobilität mit Blick auf die Technik ausgewählter europäischer Automobilhersteller zusammengefasst.

Das folgende Diagramm zeigt die Anteile von Conversion- und Purpose-Designs der neuzugelassenen BEV in Deutschland vom ersten Quartal 2018 bis zum dritten Quartal 2019.

¹²⁶ Vgl. https://www.vwpress.co.uk/en-us/gallery/images?page=5&model_id=239&models=e-Golf%202014

¹²⁷ Vgl. https://www.volkswagenag.com/de/group/fleet-customer/facts_and_figures/MEB.html

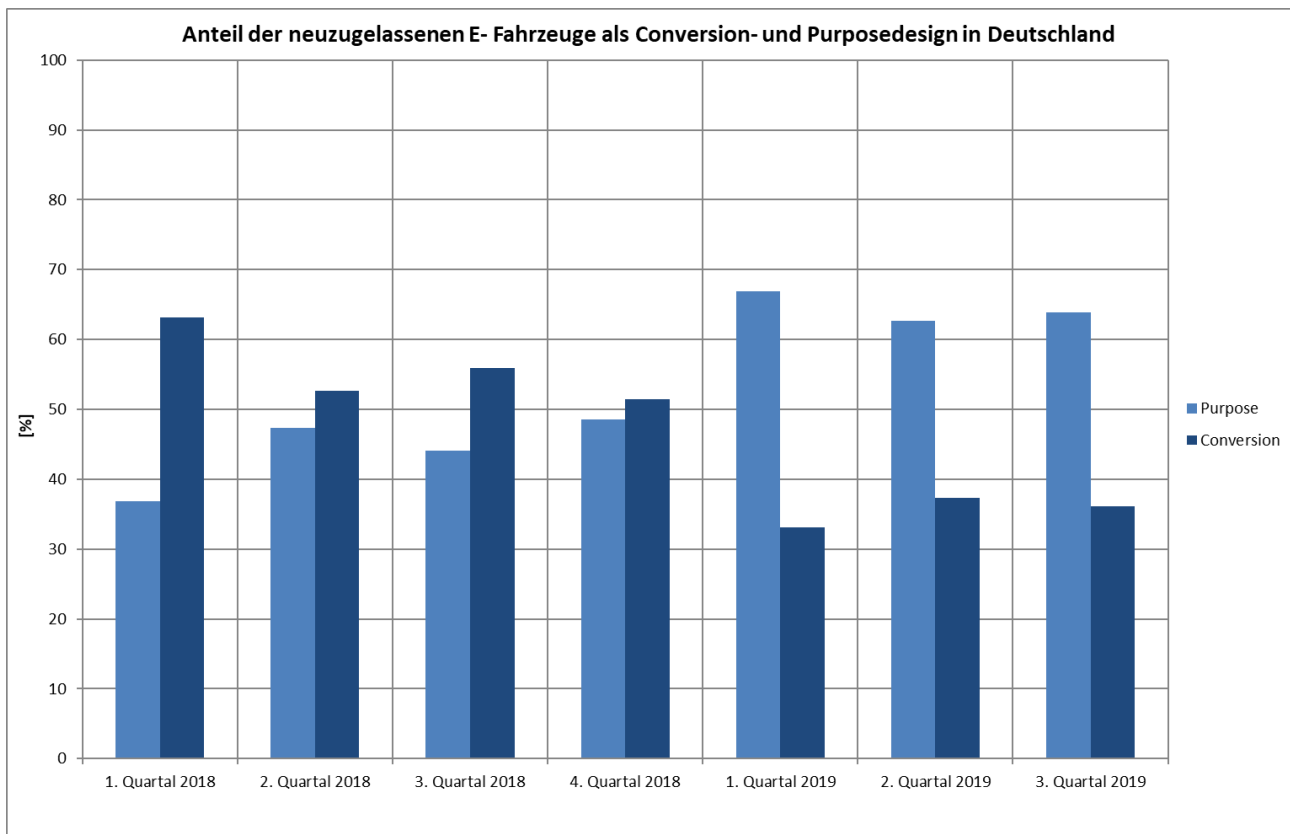


Abbildung 29: Anteil der neuzugelassenen E-Fahrzeuge als Conversion- und Purpose-Design in Deutschland ¹²⁸

Auf den ersten Blick ist ein Anstieg der Purpose-Design-Fahrzeuge erkennbar. Beleuchtet man aber die Zulassungszahlen im Detail, wird klar, dass der deutliche Anstieg ab dem 1. Quartal 2019 durch die Markteinführung des Tesla Model 3, bei dem es sich um ein BEV im Purpose-Design handelt, hervorgerufen wird.

Betrachtet man jeweils das Jahr 2018 und 2019, so lässt sich kein eindeutiger Trend in Richtung Purpose- oder Conversion-Design feststellen.

Dies deckt sich mit den im Folgenden betrachteten Zukunftsstrategien von ausgewählten und einflussreichen Automobilherstellern aus dem europäischen Raum.

So gibt es die selbstbewusste Variante, in absehbarer Zeit seine gesamte Fahrzeugflotte 100 % elektrisch anzutreiben.

Bei der etwas konservativeren Variante, eine Plattform zu bauen, die sowohl reine Verbrennungs- oder Elektroantriebstechnik (oder eine Hybridtechnik) zulässt, ergibt sich allein aus der konzeptübergreifenden Plattformbauweise ein Conversion-Design. Zudem werden teilweise weiterhin reine Verbrenner-Konzepte verfolgt.

VW wählt die erste Variante und ist damit bisher der einzige deutsche Automobilhersteller, bei dem die komplette PKW-Produktpalette in Zukunft weitestgehend rein elektrisch angetrieben werden soll ⁶¹. Mit dem VW ID.3, der auf der neuen MEB-Plattform als Purpose-

¹²⁸ Vgl. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/monatl_neuzulassungen_node.html

Design aufgebaut ist, setzt VW den konzerninternen Grundstein. Den Golf 8 wird es nicht mehr als BEV geben und in Zukunft soll die gesamte PKW-Flotte Stück für Stück rein elektrisch angetrieben werden, der Großteil davon voraussichtlich als Purpose-Design. Mit der PPE- Plattform (Premium Platform Electric), die gemeinschaftlich von Porsche und Audi entwickelt wird und im Vergleich zur MEB-Plattform die Möglichkeit für mehr Leistung und Performance bietet, soll das höhere Marktsegment bei BEV bedient werden ¹²⁹.

Dass diese Variante ein hohes Risiko birgt, zeigt der Misserfolg von Smart in den USA. Die 100 prozentige Umstellung auf reinen Elektroantrieb führte zu einer derart geringen Nachfrage, dass Smart in den USA keine Neufahrzeuge mehr zum Verkauf anbietet und die Marke vollständig vom US- amerikanischen Markt zurückgezogen wurde ¹³⁰.

Um dieses Risiko möglichst gering zu halten, verfolgen andere europäische Hersteller, zum Beispiel PSA, eine Strategie mit flexiblen Plattformen, die Verbrennungsantriebe, Elektroantriebe oder Hybridantriebe möglich machen. So sollen in Zukunft auf einer Produktionslinie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Elektroautos produziert werden, wodurch eine schnelle Anpassung an Veränderungen im Energiemix an den verschiedenen Märkten möglich wird. Zudem umfasst die Strategie, dass ab 2019 jedes neu erscheinende Modell auch über eine rein elektrische Variante verfügt. Am Beispiel des neuen Opel Corsa, der auch mit Elektroantrieb als Corsa-e angeboten wird, lässt sich das Conversion-Design erkennen ^{131 132}.

Nachdem beim i3 im Purpose-Design die Nachfrage sehr zurückhaltend ausfiel, werden auch bei BMW die Plattformen flexibel ausgelegt, sodass zukünftig Verbrennungs-, Elektro- und Plug-In-Antriebe realisiert werden können. Mit den angekündigten voll elektrischen Modellen, wie dem iX3, dem Elektropendant des X3, oder dem i4, der technisch eng verwandt mit dem 4er Gran Coupé sein soll, wird das Conversion-Design deutlich ¹³⁰.

Mercedes-Benz möchte in Zukunft für jede Baureihe eine elektrische Alternative anbieten. Die erste in Serie produzierte Baureihe ist der EQC, der auf dem GLC basiert und ab Ende 2019 gebaut werden soll. Dabei soll der EQC flexibel zusammen mit vier anderen konventionell angetriebenen Modellen (C-Klasse Limousine und T-Modell, GLC und GLC Coupé) auf einer Montagelinie in Bremen produziert werden. 2020 soll der EQB auf Basis des GLB als reines Elektroauto folgen ¹³³. Ab 2021 soll der EQS auf einer neu konzipierten Plattform namens EVA 2 erscheinen, die rein für Elektrofahrzeuge entwickelt wird.

Unter dem Motto „Electric First“ ist ab 2027/2028 eine Plattform geplant, die primär für Elektroantriebe entwickelt werden soll, aber auch mit anderen Antriebskonzepten kombiniert werden kann. Somit wird bei Mercedes-Benz zum einen das flexiblere Conversion-Design

¹²⁹ Vgl. <https://www.elektroauto-news.net/2019/basis-fuer-luxus-premium-platform-electric-ppe-audi-porsche/>

¹³⁰ Vgl. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/e-mobilitaet-die-strategien-der-automobilhersteller-a-836455/>

¹³¹ Vgl. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/die-antriebsstrategie-des-psa-konzerns-elektro-fuer-alle-a-759332/>

¹³² Vgl. <https://at-media.groupe-psa.com/de-at/cmp-die-neue-modulare-multi-energy-plattform-der-groupe-psa#prettyPhoto---15.11.2019>

¹³³ Vgl. <https://www.daimler.com/produkte/pkw/mercedes-benz/produktion-eqc.html>

für die zukünftigen Produkte fokussiert, zum anderen aber auch eine eigenständige Elektroplattform entwickelt ¹³⁴.

5.2 Technologische Trends – verallgemeinerte Zusammenfassung

Im Folgenden werden Trends aufgeführt, die im Wesentlichen unabhängig vom oben beschriebenen Plattform-Design sind. Sollte es doch Abhängigkeiten geben, wird darauf hingewiesen.

Ein Paukenschlag dürfte die durch Volkswagen überraschende Ankündigung sein, dass bis 2050 die Produktion CO₂-neutral werden soll. Um diesem Ziel gerecht zu werden, müssen logischerweise auch die Zulieferketten CO₂-neutral produzieren ⁶¹.

Das Produkt Batteriekasten rückt immer weiter in den Fokus. Zwar gibt es bis jetzt noch keine herstellerübergreifende Strategie, doch lässt sich sagen, dass Lithium-Ionen-Batterien auf absehbare Zeit die bevorzugte Lösung sein werden ¹³⁵.

Durch das Purpose-Design ergeben sich Chassis-Strukturen, die eine profilintensive Bauweise ermöglichen. Dies gilt sowohl für den Batteriekasten, wie auch für die Bereiche des Vorderwagens und des Hecks. Bei Konzepten im Conversion-Design muss oft die Crash-Struktur verstärkt werden, da der Verbrennungsmotor, der bei konventionellen Fahrzeugen einen großen Teil der Energie bei einem Frontal-Crash aufnimmt, fehlt.

Die Karosseriewerkstoffe werden sich in den jeweiligen Fahrzeugsegmenten nicht nennenswert von denen eines ICEV unterscheiden. Fahrzeuge wie der BMW i3 sind eine Ausnahme.

Die zukünftigen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren erfahren eine milde Hybridisierung mit 48 V Bordnetzen. Zudem werden mehr Varianten mit Voll-Hybrid- und Plug-In-Hybridantrieb im Angebot der Automobilhersteller zu finden sein.

¹³⁴ Vgl. Auto Motor und Sport, Artikel: „Mercedes-Zukunft – Daimler Strategien (Neuheiten)“ (13/2019)

¹³⁵ Vgl. Axel Thielmann, Christoph Neef, Tim Hettesheimer, Henning Döscher, Martin Wietschel, Jens Tübke „Energiespeicher-Roadmap (Update 2017)“ Studie Fraunhofer ISI, 2017

6 Auswirkungen des Wandels zur Elektromobilität auf die Beschäftigung

Der Wandel im Bereich der Antriebstechnologien wird sich auf die Beschäftigung in der Automobilindustrie und in anderen Branchen auswirken. Eine Reihe von jüngeren Studien beschäftigt sich daher mit der Frage, welche Effekte die Elektromobilität auf den Arbeitskräftebedarf in der Automobilindustrie und für den Arbeitsmarkt in Deutschland insgesamt haben wird. Bei der Auswertung der Studien zeigt sich, dass grundsätzliche Aussagen zur Entwicklung der Beschäftigungssituation auf der Basis eines angenommenen Szenarios zum Elektrifizierungsgrad bei Neufahrzeugen relativ gut getroffen werden können. Auswirkungen auf besonders spezialisierte Zulieferunternehmen sowie auf einzelne Wirtschaftsregionen können bislang jedoch nur unzureichend abgebildet werden. Es wird für die Beantwortung dieser Fragestellungen noch ein erheblicher Forschungsbedarf gesehen. Die im Folgenden zitierten Studien liefern daher in erster Linie ein Bild zur Gesamtsituation, die in Deutschland zukünftig zu erwarten ist. Sie lassen nur bedingt Rückschlüsse zu auf spezielle Zulieferbereiche und machen auch keine Aussagen dazu, ob Regionen mit besonders starker Ausprägung von Automotive-Unternehmen oder einer sehr produktspezifischen Ausprägung der dort ansässigen Unternehmen unter Umständen sogar stärker von positiven oder negativen Effekten getroffen werden. Dennoch bieten die vorliegenden Studien insgesamt eine gute Grundlage, um ein Bild von den zu erwartenden Beschäftigungseffekten zu erhalten und insbesondere auch die maßgeblichen Einflussgrößen auf die Beschäftigung zu erkennen.

6.1 Übersicht zu maßgeblichen aktuellen Studien

In der jüngeren Vergangenheit gerät das Thema der Beschäftigungsauswirkungen zunehmend in das Blickfeld von Politik und Verbänden. Eine 2017 erschienene Dokumentation der wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages zu den „Beschäftigungswirkungen eines Strukturwandels der Automobilindustrie in Richtung Elektromobilität“¹³⁶ gibt eine Übersicht zu neueren Studien, die sich mit dieser Fragestellung befassen. In der nachstehenden Tabelle sind die wichtigsten der dort zitierten Studien aufgelistet sowie zusätzlich einige wichtige Studien, die im Jahr 2018, also nach der Dokumentation der wissenschaftlichen Dienste des Bundestages, erschienen sind.

¹³⁶ Vgl. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: „Beschäftigungswirkungen eines Strukturwandels der Automobilindustrie in Richtung Elektromobilität“, Dokumentation WD 5 – 3000 – 070/17, 28. August 2017

Titel	Herausgeber	Erscheinungsjahr
Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Stuttgart	2017
Arbeitsplatzeffekte einer umfassenden Förderung der Elektromobilität in Deutschland	Institut für Politikevaluation (IPE), Frankfurt	2016
Entwicklung der Beschäftigung im After Sales - Effekte aus der Elektromobilität	Institut für Automobilwirtschaft (IFA), Esslingen	2014
Elektromobilität und Beschäftigung. Wirkung der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB)	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart	2012
Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland (ELAB 2.0)	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart	2018
Elektromobilität 2035 - Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg	2018

Abbildung 30: Übersicht zu aktuellen Studien mit Bezug zur Beschäftigungssituation

6.2 Einflussgrößen auf die Beschäftigung

Die geringere Anzahl an Bauteilen eines Elektroantriebs gegenüber einem verbrennungsmotorischen Antrieb und die daraus resultierende geringere Komplexität des Elektroantriebs wirken sich auf den Produktionsaufwand für die Einzelteile sowie den Montageaufwand für das Gesamtsystem und damit letztendlich auf den benötigten Personaleinsatz zur Fahrzeugherstellung aus. In der Regel geht man bei einem Verbrennungsmotor von einer Bauteilzahl von ca. 1.400 für den Motor und seine Peripherie aus, wogegen für einen Elektroantrieb nur rund 200 Teile benötigt werden. Neben der Komplexität des Antriebsaggregates sind für eine Abschätzung der Beschäftigungswirkungen jedoch eine Reihe weiterer Einflussgrößen relevant, die im folgenden Bild zusammengefasst sind.

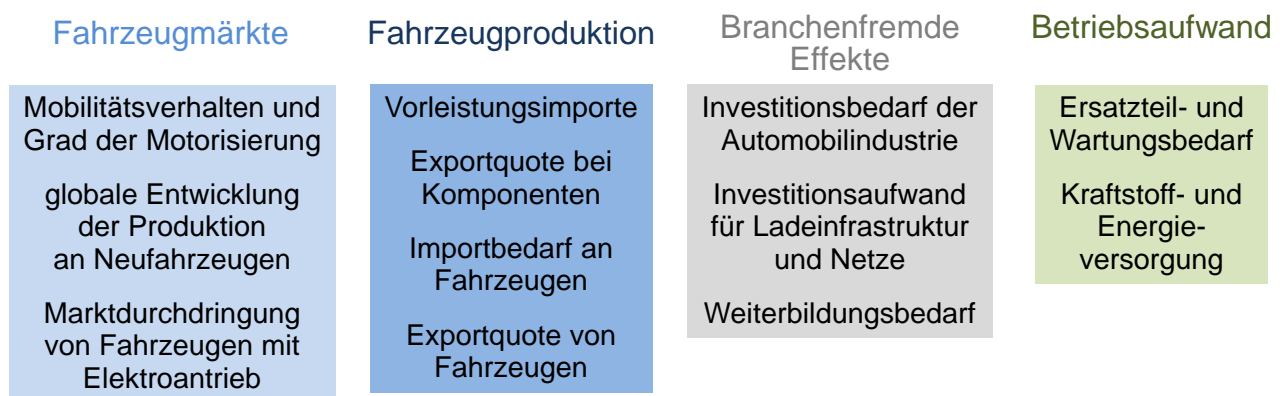


Abbildung 31: Einflussgrößen auf die Beschäftigung in Deutschland

In den zurzeit vorliegenden Studien wird von einem weitgehend gleichbleibenden Motorisierungsgrad ausgegangen, das heißt, dass mögliche zukünftige Effekte einer „Shared Mobility“ nicht betrachtet werden. Die wesentliche Einflussgröße stellt daher neben der globalen Entwicklung der Neufahrzeugproduktion der Elektrifizierungsgrad, das heißt die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen und die daraus abzuleitende Aufteilung zwischen ICEV, PHEV, BEV und FCEV dar. Eine weitere Einflussgröße stellen die Vorleistungsimporte dar. So ist zum heutigen Zeitpunkt nicht absehbar, ob überhaupt - und wenn ja in welchem Umfang - Batteriezellen in Deutschland hergestellt werden. So ist

zurzeit davon auszugehen, dass die deutschen Fahrzeughersteller sich eher auf den Zusammenbau der Batteriestacks konzentrieren. Auch wenn die eingesetzten Prozesse jeweils wenig personalintensiv sind, gibt es dennoch Auswirkungen, zum Beispiel durch die Auswahl der entsprechenden Vormaterialhersteller.

Der Erfolg der deutschen Automobilhersteller und ihrer inländischen Zulieferer beruht ganz wesentlich auf der Exportstärke der Industrie, so dass die Exportquote auch bei elektrifizierten Fahrzeugantrieben einen wesentlichen Einfluss auf die Beschäftigungssituation hat. Wenn die deutsche Automobilindustrie ihrem eigenen Anspruch eines Leitانبietlers für Elektromobilität in der Zukunft gerecht wird, liegen hierin sogar Chancen für ein Wachstum der Industrie. In gleicher Weise ist es für die inländische Beschäftigung relevant, wie sich der Importbedarf an Fahrzeugen, also die Differenz von Neuzulassungen und Inlandsabsatz, durch den Wandel zur Elektromobilität entwickelt. Zu den Importen werden in diesem Zusammenhang sowohl Fahrzeuge ausländischer Hersteller als auch im Ausland gefertigte Fahrzeuge deutscher Hersteller gezählt.

Die stetige Zunahme an Produktivität in der Automobilindustrie wirkt sich unabhängig von dem Wandel im Bereich der Antriebstechnologien auf den Bedarf an Arbeitskräften aus. Hierbei ist grundsätzlich davon auszugehen, dass das Potenzial für Produktivitätssteigerungen bei neuen Komponenten und Technologien höher ist als bei etablierten. Ob und wenn ja in welchem Umfang Produktivitätssteigerungen hinsichtlich ihrer Beschäftigungseffekte berücksichtigt werden, wird bei der Darstellung der Ergebnisse der jeweiligen Studien in Abschnitt 6.3 angegeben.

Neben der eigentlichen Produktion von Fahrzeugen und deren Komponenten gibt es Auswirkungen in automobilfremden Branchen, die sich auf die Beschäftigung auswirken. Hier sind in erster Linie die Effekte zu nennen, die sich durch den Investitionsbedarf der Fahrzeughersteller und ihrer Zulieferer vor dem Hintergrund des sich vollziehenden Technologiewandels bei Fertigungs- und Montageanlagen ergeben. Weiterhin sind umfangreiche Investitionen im Bereich der Ladeinfrastruktur und des Netzausbaus notwendig, um den Wandel in Richtung Elektromobilität zu ermöglichen. Weitere (positive) Beschäftigungseffekte ergeben sich aus dem Weiterbildungsbedarf der Belegschaften in der Automobilindustrie, um die bereits im Beruf befindlichen Personen auf die veränderten Anforderungen zu schulen und für die Herstellung neuer Antriebstechnologien zu ertüchtigen.

Batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge werden mit hoher Wahrscheinlichkeit einen geringeren Ersatzteil- und Wartungsbedarf besitzen, als Fahrzeuge mit Verbrennungs- oder Hybridmotor. Somit wirkt sich die Elektromobilität auch auf Aftersales (Reparatur und Wartung) und Aftermarket (Ersatzteilherstellung) sowie die dort benötigte Zahl an Arbeitskräften aus. Gleiches gilt für den Bereich der Kraftstoff- und Energieversorgung, weil mit zunehmendem Anteil an elektrisch betriebenen Fahrzeugen ein Wandel von fossilen Energieträgern hin zu elektrischem Strom einhergeht. Im Falle eines breiteren Einsatzes synthetisch hergestellter Kraftstoffe würden sich damit verbunden weitere Verschiebungen hinsichtlich des Arbeitskräftebedarfes ergeben.

6.3 Auswirkungen der Elektromobilität auf die Beschäftigung in Deutschland

In einem 2017 erschienenen Bericht in der MTZ ¹³⁷ wird eine grundlegende Veränderung der gewohnten Arbeitswelt infolge der Antriebsstrangelektrifizierung prognostiziert. Erwartet werden massive Verschiebungen innerhalb der Wertschöpfungskette, vor allem bei den Zulieferunternehmen. Innerhalb der gesamten Automobilbranche könnten mehr als 100.000 Stellen abgebaut werden. Auch im Ersatzteilmarkt werden erhebliche Einbußen prognostiziert, weil die Wartungs- und Reparaturkosten nach einer in dem Bericht zitierten Studie des Instituts für Automobilwirtschaft (IFA) an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt in Nürtingen-Geislingen um rund 35 % unter denen eines vergleichbaren Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor liegen.

Eine detaillierte Betrachtung liefert die im Jahr 2018 erschienene Studie „ELAB 2.0 – Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland“ des Fraunhofer IAO ¹³⁸, die das Ziel hat, auf wissenschaftlicher Grundlage die Auswirkungen der Elektromobilität auf die Beschäftigung am Standort Deutschland zu untersuchen. Die Studie knüpft an die im Jahr 2012 erschienene Vorgängerstudie ELAB an, schließt im Unterschied zu dieser aber die Automobilzulieferer in die Betrachtungen mit ein. Genannt wird eine Beschäftigungsbasis von 840.000 Menschen in der Automobilindustrie, wobei davon ausgegangen wird, dass nochmal mindestens die gleiche Anzahl an Personen indirekt durch die Automobilbranche beschäftigt wird. Durch die Studie berücksichtigt werden ausschließlich produktionsnahe Bereiche, also Fertigung, Qualitätssicherung und Produktionsplanung. Auswirkungen z.B. auf die Beschäftigungssituation in F+E und Distribution werden nicht betrachtet. Untersuchungsobjekt ist jeweils der komplette Antriebsstrang, beim verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeug also Motor und Getriebe sowie Peripheriesysteme wie Abgasanlage und Tank. Beim elektrisch betriebenen Fahrzeug beziehen sich die Betrachtungen auf den Elektromotor, die Leistungselektronik sowie die Traktionsbatterie. Referenz für die Studie ist ein Antriebssystem für ein Fahrzeug im C-Segment, zu dem z.B. VW Golf, BMW 1er oder Mercedes A-Klasse zu zählen sind. Die Prognosen beziehen sich ausgehend von den Daten in 2017 auf den Zustand im „Ziel-Jahr“ 2030 (mit 2025 als „Stütz-Jahr“). Die Berechnungen erfolgen auf der Grundlage von 3 Szenarien mit einem 1. moderaten, 2. starken und 3. sehr starken Anstieg von elektrisch betriebenen Fahrzeugen, wobei teilweise noch die Auswirkungen veränderter Anteile von BEV und PHEV bei den elektrischen Antrieben untersucht werden. Folgende Verteilungen liegen den Berechnungen zu Grunde:

- 2025:
- Szenario 1: 75 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 15 % BEV
 - Szenario 2: 70 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 20 % BEV
 - Szenario 3: 50 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 40 % BEV

¹³⁷ Vgl. Andreas Burkert: „Die Elektromobilität fordert ihren Tribut“
Motorentechnische Zeitschrift MTZ, Ausgabe 02/2017

¹³⁸ Vgl. Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, Florian Herrmann, Daniel Bormann, Carolina Sachs:
„ELAB 2.0 – Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland“
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

- 2030: - Szenario 1: 60 % ICEV und MHEV, 15 % PHEV und HEV, 25 % BEV
 - Szenario 2: 40 % ICEV und MHEV, 20 % PHEV und HEV, 40 % BEV
 - Szenario 3: 10 % ICEV und MHEV, 10 % PHEV und HEV, 80 % BEV

Die Auswirkungen auf die Beschäftigung werden sowohl ohne als auch mit einer Berücksichtigung von Produktivitätssteigerungen bewertet. Bei letzterem wird für konventionelle Antriebselemente von einer jährlichen Produktivitätssteigerung von 2 % und für neue Antriebselemente von 3 % ausgegangen.

Lässt man die Produktivitätssteigerungen zunächst unberücksichtigt, so ergeben sich je nach Szenario für das Jahr 2030 Verringerungen des Personalbedarfes zwischen 11 % (Szenario 1) und 35 % (Szenario 3). Rechnet man diese prozentualen Veränderungen auf eine Gesamtzahl von 5,75 Mio. Antriebssträngen hoch (das entspricht der Zahl der Stand 2017 in Deutschland produzierten Einheiten) führt dies zu einer Verringerung der Anzahl an Arbeitsplätzen zwischen 23.000 und 72.000 bis 2030. Bezieht man (realistisch zu erwartende) Produktivitätssteigerungen in die Betrachtungen mit ein, so ergibt sich ein Beschäftigungsrückgang von 74.000 (Szenario 1) bis 107.000 (Szenario 3). In diesem Zusammenhang ist es jedoch bemerkenswert, dass auch ohne den Wandel zur Elektromobilität, das heißt durch Produktivitätssteigerungen alleine bei Verbrennungsmotoren, bis 2030 ein Rückgang von 27 % der 210.000 im Bereich der Antriebsstrangproduktion beschäftigten Personen (Stand 2017) zu erwarten ist.

Die Studie hebt die besondere Bedeutung von Plug-In-Hybrid-Antriebssträngen als mögliche Brückentechnologie auf die Beschäftigungssituation hervor. Aufgrund der Kombination eines Verbrennungsmotors (mit Peripherie) und eines Elektroantriebs (mit Peripherie) wird für die Produktion von Antrieben für PHEV ein überproportionaler Personaleinsatz erforderlich. Dies zeigt sich deutlich an den Ergebnissen einer Sensitivitätsanalyse, die auf der Grundlage des Szenario 1 durchgeführt wurde. Ändert man das dort für 2030 angenommene Verhältnis von 15 % PHEV und 25 % BEV auf Werte von 5 % PHEV und 35 % BEV (das heißt, dass der Anteil von ICEV und MHEV mit 60 % konstant bleibt) so ändert sich der Wert für die prozentuale Abnahme der Beschäftigung (ohne Berücksichtigung von Produktivitätssteigerungen) von -11 % bereits auf -19 %. Zur Dämpfung negativer Beschäftigungseffekte empfiehlt die Studie der Politik daher die weitere regulatorische Unterstützung von PHEV in Form einer Anrechnung auf die CO₂-Flottenziele der Hersteller.

Als weiteres Handlungsfeld wird in der Studie die Definition von zukünftigen Tätigkeitsprofilen und Kompetenzbedarfen für Mitarbeiter benannt, um durch geeignete Weiterbildungsangebote die Belegschaften auf die mit den neuen Antriebstechnologien im Zusammenhang stehenden Herausforderungen vorzubereiten. Es wird darauf hingewiesen, dass den Belegschaften in hohem Maß die Bereitschaft zur Veränderung abverlangt werden wird. Es wird weiterhin darauf hingewiesen, dass bestimmte Kompetenzfelder nur durch die Einstellung neuer und nicht alleine durch Umschulung/Weiterbildung vorhandener Mitarbeiter zu besetzen sein werden.

Weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Beurteilung von Beschäftigungswirkungen wird bei Beschäftigungsgruppen außerhalb der Produktion, also z.B. in Entwicklung, Konstruktion und Versuch sowie bei kleineren Zulieferunternehmen, insbesondere vor dem Hintergrund der Wirkung von Produktionsnetzwerken und -verbänden, gesehen.

Im August 2018 wurde vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) die Studie „Elektromobilität 2035“¹³⁹ vorgelegt, in der die Wachstums- und Beschäftigungseffekte einer Elektrifizierung des Antriebsstrangs bei Personenkraftwagen für Deutschland untersucht werden. Es wird hierbei von einem Szenario ausgegangen, in dem bis 2035 Elektrofahrzeuge (hier zu verstehen als BEV + FCEV) einen Anteil von 23 % bei den Neufahrzeugen ausmachen. PHEV werden in diesem Szenario dem „Restbereich“ von 77 % zugeordnet, weil bei diesen Fahrzeugen unabhängig vom Grad der Hybridisierung ein Verbrennungsmotor als primäres Antriebsaggregat vorhanden ist.

Berücksichtigt werden in der Studie neben der Auswirkung auf produktionsnahe Arbeitsplätze auch Effekte in anderen Branchen, resultierend aus Investitionsbedarfen für Produktionsmittel sowie Ladeinfrastruktur und Netze und auch Effekte, die sich aus einem Weiterbildungsbedarf ergeben. Eingerechnet werden ferner Produktivitätssteigerungen, bei denen davon ausgegangen wird, dass sie sich für die Produktion von Verbrennungsmotoren von 4 % in 2018 auf 1 % bis 2035 abschwächen werden. Bei den Fahrzeugen mit Elektroantrieb ergeben sich Produktivitätseffekte zum einen durch die kürzere Produktionszeit (statt 20 h bei ICEV lediglich 15 h bei BEV) sowie einen um 50 % höheren Wert für angenommene Produktivitätssteigerungen. Die Studie geht ferner von einer etwa gleichbleibenden Export- und Importquote bei den Fahrzeugen aus, sowie einem nahezu 100 %igen Importbedarf für Batteriezellen.

Auf dieser Grundlage ergibt sich in der Summe ein Wegfall von 120 Mio. Arbeitsstunden in 2035, was in etwa 10 % aller geleisteten Arbeitsstunden entspricht. Entsprechend ergeben sich Auswirkungen auf die Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) und die Zahl der benötigten Erwerbstätigen, darüber hinausgehend werden aber auch Auswirkungen auf Berufsbilder und Anforderungsniveaus prognostiziert.

Beim Bruttoinlandsprodukt wird für 2035 eine Abweichung von – 0,6 % (entsprechend 20 Mrd. €) gegenüber einer Basisprojektion (ohne Einflüsse durch die Elektromobilität) berechnet. Hinsichtlich der Beschäftigungsentwicklung zeigt das Abbildung 34 den auf der Grundlage des Szenarios zu erwartenden Verlauf. Ab 2022 wechselt demnach der Beschäftigungseffekt sein Vorzeichen. Führt der Wandel zur Elektromobilität zu Beginn zu positiven Effekten hinsichtlich der Zahl der Erwerbstätigen, so ergeben sich ab 2022 in der Summe Arbeitsplatzverluste, resultierend in einem Wegfall von 114.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2035.

¹³⁹ Vgl. Anke Mönning, Christian Schneemann, Enzo Weber, Gerd Zika, Robert Helmrich „Elektromobilität 2035 – Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen“, IAB Forschungsbericht 8/2018

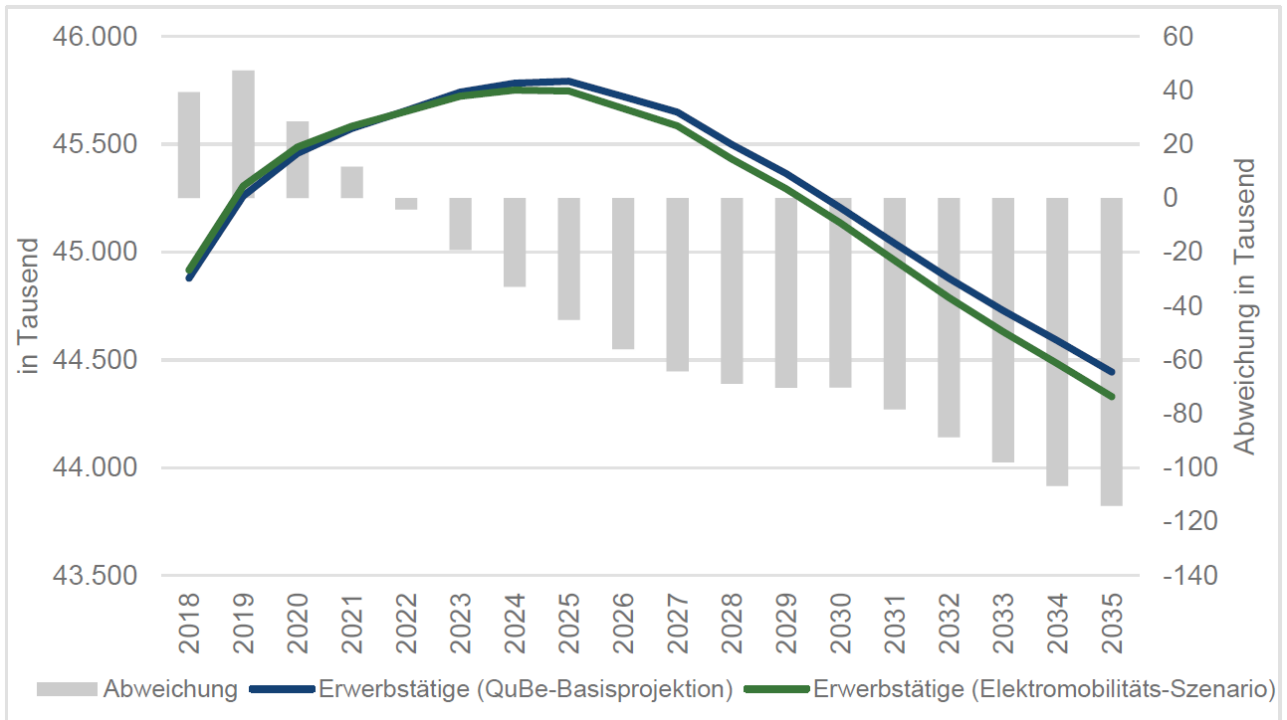


Abbildung 32: Szenarienvergleich des Beschäftigungseffektes in Deutschland ¹³⁹

Wie die Aufschlüsselung nach Wirtschaftszweigen in Abbildung 33 aufzeigt, ergeben sich die wesentlichen Verluste mit ca. 83.000 in 2035 in der Automobilindustrie. Bereiche, die profitieren, sind der Maschinenbau, die Informations- und Kommunikationstechnologie, die Weiterbildungsbranche, Energieversorger und das Baugewerbe.

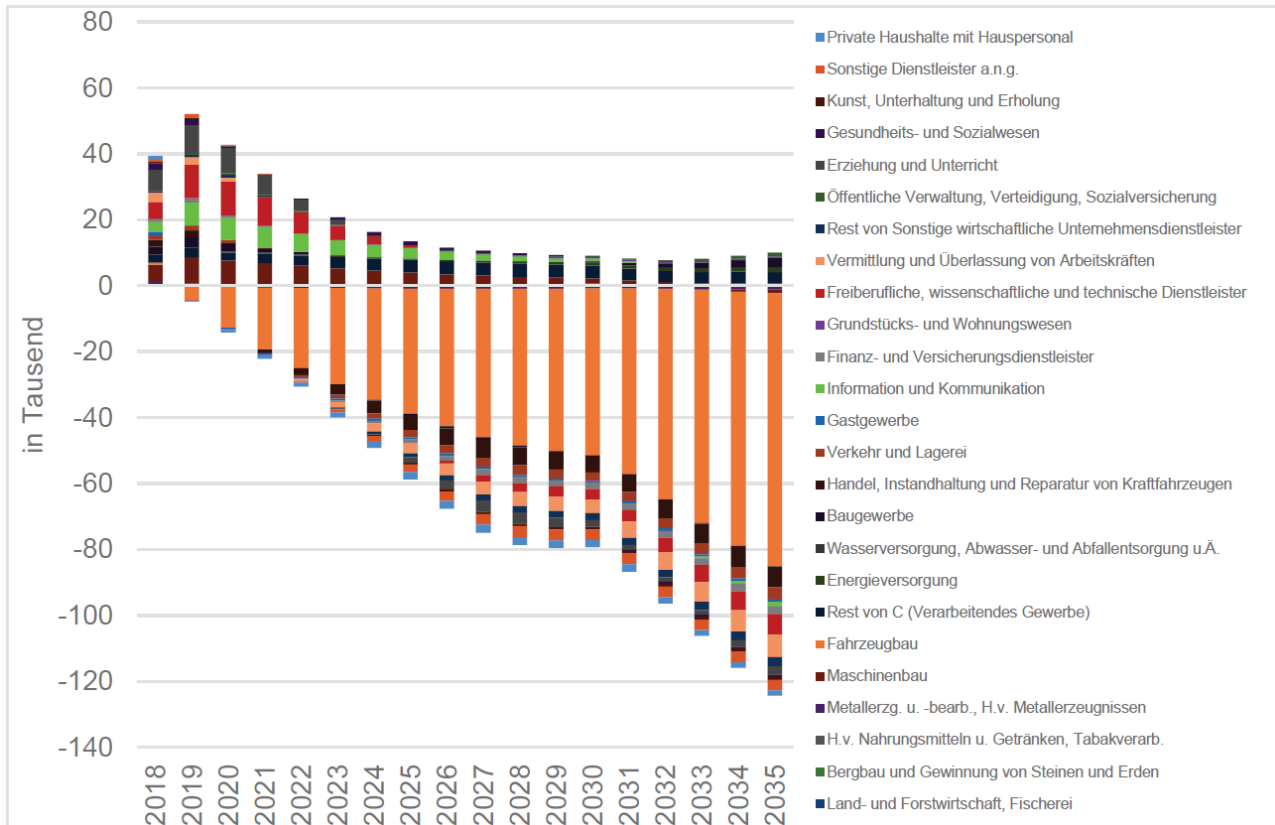


Abbildung 33: Szenarienvergleich nach Wirtschaftszweigen ¹³⁹

In einer berufsbezogenen Betrachtung, wie sie in Abbildung 34 dargestellt ist, erkennt man, dass der langfristige Rückgang der Arbeitskräftenachfrage insbesondere die Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe sowie die Berufe der Metallerzeugung und -bearbeitung sowie des Metallbaus betrifft.

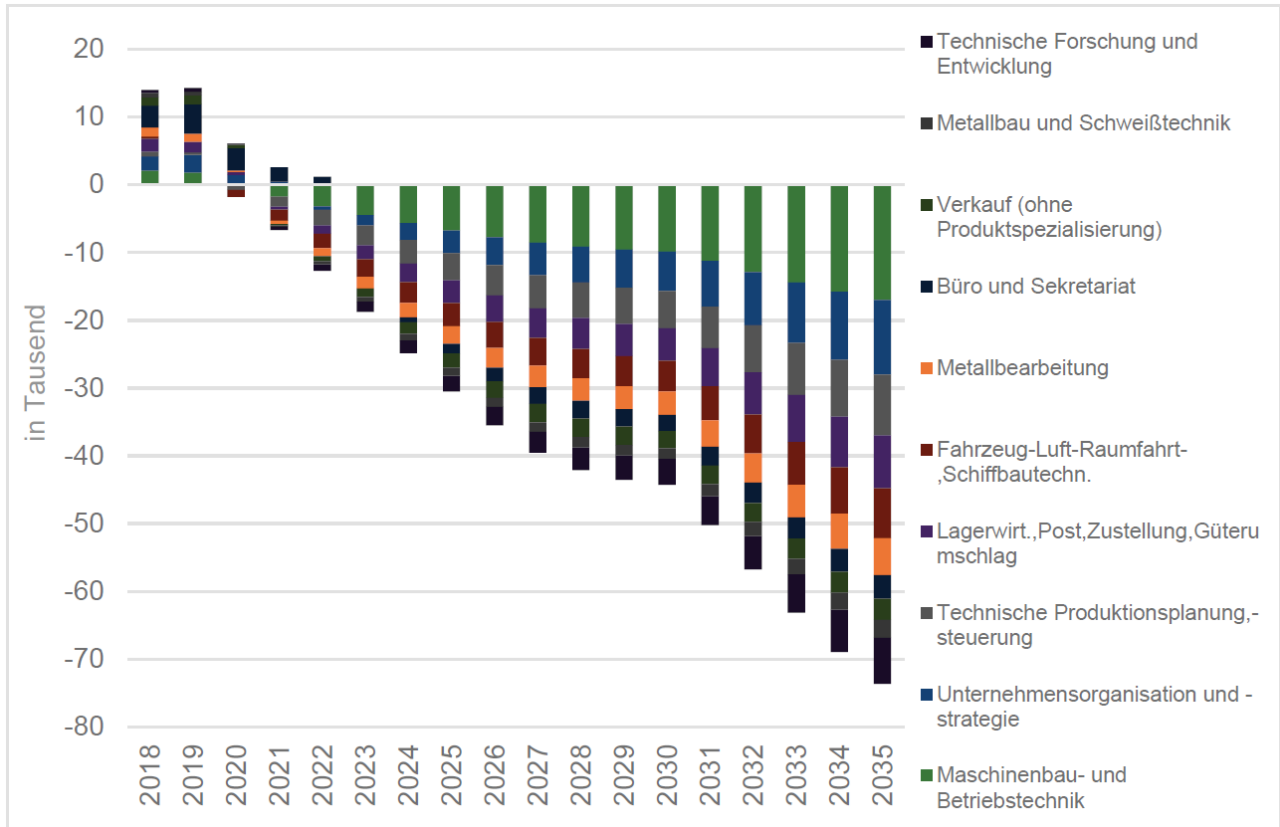


Abbildung 34: Szenarienvergleich nach Berufen ¹³⁹

Betrachtet man die Beschäftigungseffekte auf der Ebene des Anforderungsniveaus (Abbildung 35), so kann man feststellen, dass zunächst alle Qualifikationsniveaus profitieren, langfristig aber auch alle Qualifikationsniveaus von einem Rückgang betroffen sind, auch wenn dieser bei den Erwerbstätigen mit einem niedrigen Anforderungsniveau früher und bei Spezialisten und Experten erst später einsetzt. Insgesamt ist dies mit der weniger komplexen Struktur von elektrifizierten Antriebssträngen zu begründen.

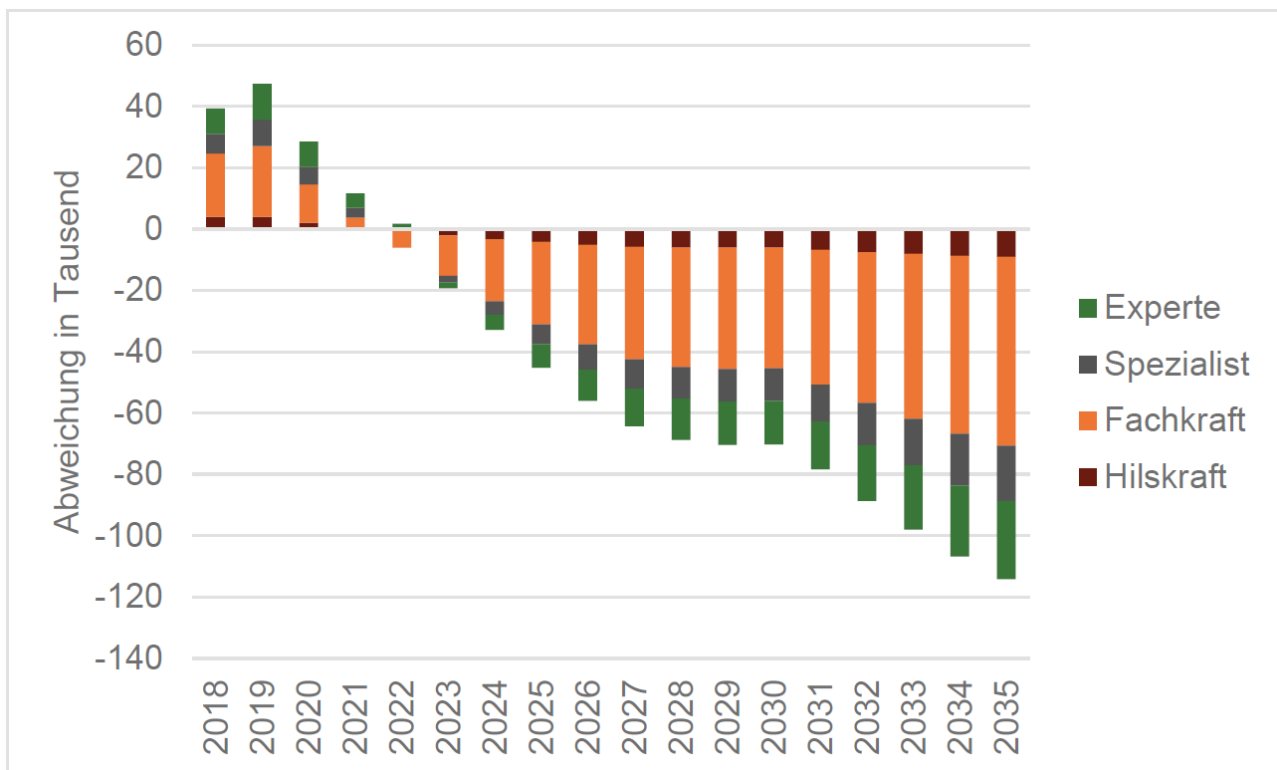


Abbildung 35: Szenarienvergleich nach Anforderungsniveau ¹³⁹

Zusammenfassend wird in der Studie festgestellt, dass auf der Grundlage eines Anteils von 23 % Neufahrzeugen ohne Verbrennungsmotor bis zum Jahr 2035 ein Arbeitsplatzabbau von 130.000 (davon 83.000 im Fahrzeugbau) zu erwarten ist, wogegen nur etwa 16.000 Arbeitsplätze in anderen Branchen neu geschaffen werden, so dass sich in der Summe ein Beschäftigungsrückgang von 114.000 in Deutschland ergibt.

Mit Blick auf die Automobilzulieferindustrie wird darauf hingewiesen, dass in der Studie die prognostizierten Effekte nicht explizit zwischen OEM und Tier-1, -2 und -3-Lieferanten unterschieden werden können. Weiterer Forschungsbedarf wird insbesondere bei der Betrachtung der Zulieferer gesehen, da diese hinsichtlich ihrer Produktdiversifizierung, sowie ihrer Wettbewerbssituation und Substituierbarkeit recht heterogen sind. Insgesamt wird für die Zulieferer eine Intensivierung des Wettbewerbs prognostiziert, nicht zuletzt da auch neue Akteure aus anderen Branchen (z.B. der Informations- und Kommunikationstechnologie, Batterieherstellung, Elektromaschinenbau) zu neuen Wettbewerbern werden könnten.

7 Interviews mit Zulieferunternehmen

7.1 Befragte Unternehmen

In einer Online-Umfrage im Herbst 2019 wurden 401 Unternehmen aus Südwestfalen befragt, die dem Transferverein Südwestfalen als Zulieferbetriebe bekannt sind. In einer Studie von 2014 ermittelte die SIHK etwa 530 Betriebe in dieser Branche, so dass die Zahl der im Rahmen dieser Studie kontaktierten Unternehmen etwa 77 % der Branche entspricht¹⁴⁰.

Mit einer Rückmeldung von 51 beträgt die Rücklaufquote 12,7 %. Ergänzt um neun persönliche Interviews mit Zulieferbetrieben und weiteren Gesprächen mit Branchenkennern können die Ergebnisse als repräsentativ für die Region angenommen werden.

Folgende Struktur ergibt sich aus den Ergebnissen der Online-Befragung:

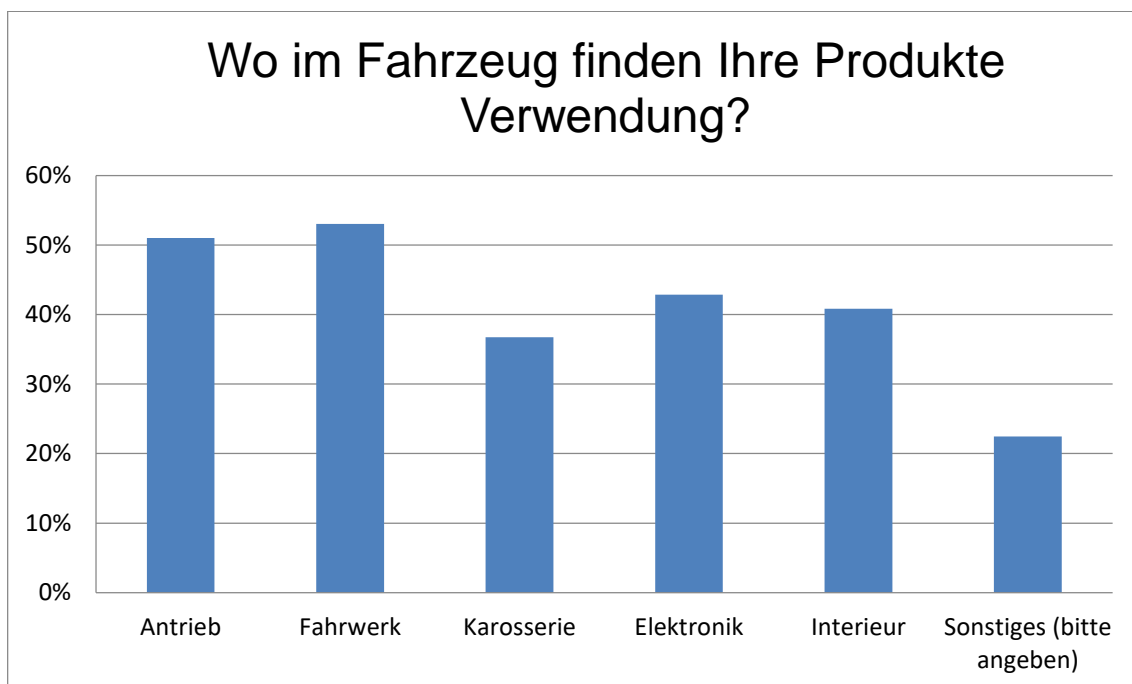


Abbildung 36: Umfrage - Produkte

Unter „Sonstiges“ fallen hier beispielsweise Experten für Oberflächentechnik, aber auch Hersteller von Werkzeugen.

Die Betriebe sind hinsichtlich der Lieferkette relativ weit von den OEMs entfernt. Überwiegend Tier-2 und -3 finden sich in der Region Südwestfalen wieder, was sich auch mit den Ergebnissen der Befragung von 2014 deckt.

¹⁴⁰ Vgl. https://www.suedwestfalen.com/sites/default/files/broschuere_automotive_studie_endfassung.pdf



Abbildung 37: Umfrage - Platz in der Lieferkette

Erste Auswirkungen des Mobilitätswandels sind in der Region bereits spürbar - auch wenn für fast 40 % noch alles unverändert ist. Diese Unternehmen stellen von ihrer Ausrichtung her etwa den Durchschnitt der Befragung dar – Trends hinsichtlich der gefertigten Produkte oder der Position in der Lieferkette sind hier nicht zu erkennen.

7.2 Erste Auswirkungen auf einzelne Unternehmen

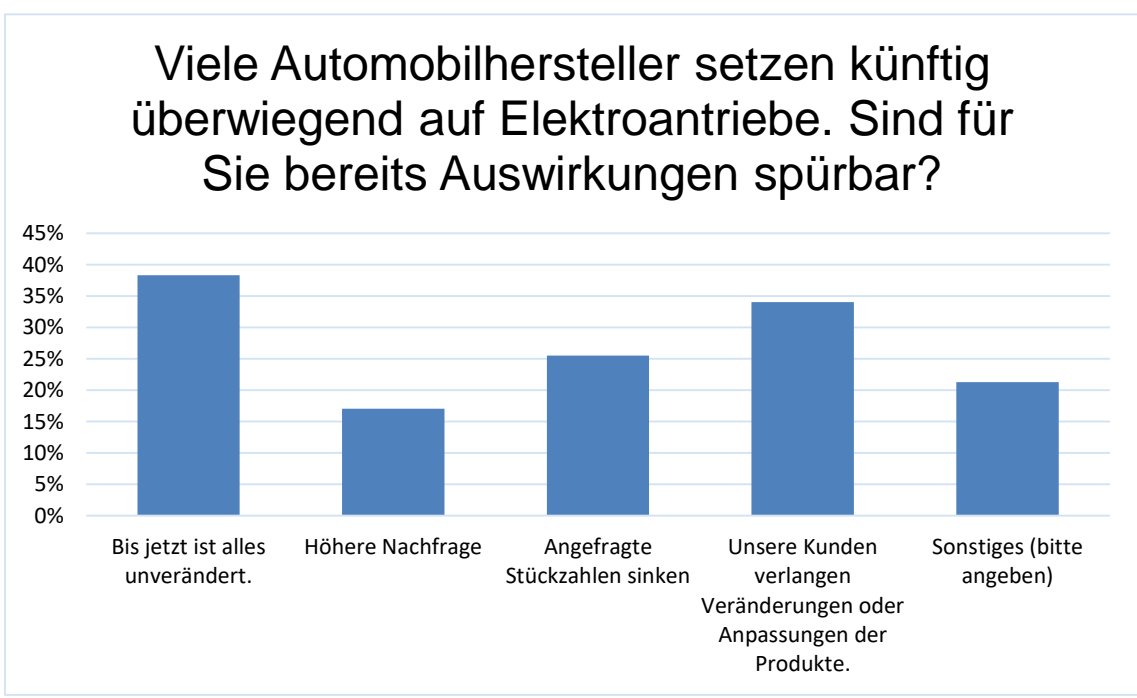


Abbildung 38: Umfrage - Veränderungen

Auch die Unternehmen, die sinkende Stückzahlen verzeichnen, kommen aus allen Bereichen. Eine höhere Nachfrage verzeichnen vorwiegend Firmen aus den Bereichen Fahrwerk, Karosserie, Interieur und Elektronik – Hersteller von Teilen oder Komponenten für den Antrieb sind hier nicht vertreten. Viele dieser Betriebe mit höherer Nachfrage haben spezielle Produkte für die Elektromobilität im Portfolio oder profitieren als Anlagenbauer von Investitionen der OEMs, die durch neue Modelle und Linien nötig werden.

Etwa ein Drittel gibt an, dass die Auftraggeber veränderte oder angepasste Produkte anfragen. Auch diese Firmen ziehen sich durch alle Branchen. Sie erkennen in den Anfragen bereits einen Rückgang von Komponenten von Verbrennungsmotoren hin zu E-Antrieben. Viele Komponenten stehen vor dem Produktionsende. Außerdem wünschen die Kunden zunehmend kürzere Lieferzeiten.

Erste Änderungen, positiv wie negativ, bestätigen auch die persönlich geführten Gespräche: Zulieferbetriebe müssen oft die Vorentwicklung leisten und sich mit neuen Technologiethemen beschäftigen. Derzeit wird viel getestet – die Aufgabenstellungen an die Zulieferbetriebe werden anspruchsvoller.

Manche Betriebe spüren noch keinerlei Veränderungen – andere registrieren z.B. ein sinkendes Volumen an Tiefziehteilen oder fürchten das Auslaufen von langfristigen Projekten in den nächsten Jahren.

7.3 Strukturelle Veränderungen innerhalb der Branche

Nach der Mehrzahl der befragten Betriebe sind strukturelle Veränderungen bereits deutlich sichtbar.

7.3.1 Forschung und Entwicklung

In Sachen F+E berichten sowohl viele Zulieferbetriebe als auch die Branchenkenner von zahlreichen Tests und Forschungsaufträgen. Man experimentiert mit anderen Werkstoffen, etwa leitenden Metallen oder säurebeständigen Kunststoffen. Auch Fertigungsverfahren verändern sich – so werden manche Teile nun additiv gefertigt oder umgeformt statt gegossen, um andere Materialeigenschaften zu erreichen.

Die Entwicklungsverantwortung wird zunehmend in die Hände der Zulieferindustrie gelegt. Viele OEMs nutzen gerne die Kompetenzen ihrer Lieferanten, um die vielen neuen E-Modelle, die derzeit entwickelt werden, auf die Straße zu bringen.

Die Fertigung ist leider von diesen Entwicklungsaufträgen losgelöst und wird oft ins Ausland vergeben. Manche Betriebe haben auch die Erfahrung gemacht, dass die Fertigung teilweise zurück zu den OEMs geholt wird, um die eigenen Mitarbeiter zu beschäftigen.

7.3.2 Budgets

Budgets verschieben sich spürbar in Richtung Software, automatisiertes Fahren oder Infotainment, während bei den klassischen Komponenten eher Gleichteile zum Zuge kommen, um die Mehrkosten zu kompensieren. Generell sorgt die Plattformphilosophie von

OEMs dafür, dass die Zulieferindustrie in manchen Bereichen künftig weniger unterschiedliche Produkte entwickeln und herstellen muss.

Trotzdem sehen einige Betriebe einen Trend hin zu mehr unterschiedlichen Teilen in geringer Stückzahl, was eine flexiblere Fertigung nötig macht. Zu diesem Ergebnis kommt auch die VIA Consult GmbH, die im Rahmen einer Studie 2019 Interviews mit sieben Zulieferbetrieben aus Südwestfalen geführt hatte: „Die durch die E-Mobilität nochmals erhöhte Modellvielfalt geht einher mit niedrigeren Stückzahlen je Produktvariante. Folglich sehen sich die Unternehmen mit einem höheren Bedarf an unterschiedlichen Maschinen und Werkzeugen konfrontiert.“¹⁴¹

Hier haben nach unseren Befragungen viele Unternehmen aus der Region Investitionsbedarf. Viele haben aber bereits die Digitalisierung der Produktion auf der Agenda.

Die Unternehmen, die noch keine Änderungen verzeichnen, kommen vorwiegend aus den Bereichen Werkzeugbau, Vormaterial oder Dienstleistung und sind in der Regel keine Teilelieferanten.

7.3.3 Politische Rahmenbedingungen

Deutlich kritisiert von fast allen Teilnehmern der Befragungen wird die Politik. Viele Entscheidungen wirken wenig durchdacht oder auch inkonsequent – das verunsichert den gesamten Markt. Die Flottenziele lassen sich nach jetzigem Stand von den meisten Herstellern nicht umsetzen, so dass hohe Pönalen drohen, die die Branche weiter schwächen könnten.

Der Umgang mit der Dieselkrise wird ebenfalls kritisiert, da hier eine effiziente Technologie, die bei der Erreichung der Klimaziele in der Übergangsphase helfen könnte, durch den Betrug der OEMs in Misskredit gebracht wurde. Hier wünschen sich viele einen differenzierten Umgang und eine neutrale Bewertung der Technologie. Auswirkungen sind bereits spürbar. Viele OEMs sichten intern ihre Mitarbeiter und Budgets um in Richtung Elektro und automatisiertes Fahren – der Diesel wird von ihnen aufgegeben.

Auch in Sachen Forschung gibt es Verbesserungsbedarf: So sind viele Fördermittel KMU (kleine und mittlere Unternehmen) vorbehalten. Sobald ein Betrieb über 500 Mitarbeiter hat, wird er wie ein Großkonzern beurteilt. Hier fehlt, gerade für den Mittelstand in Südwestfalen, noch eine Zwischenkategorie.

Generell dauert, so die Meinung der Befragten, die Bearbeitung von Forschungsanträgen viel zu lange. Im Schnitt vergehen 9 bis 12 Monate, ehe man mit der Umsetzung starten kann. Gewünscht wird ein „Short-Track“, um schnell beginnen zu können, da man bei agilen Methoden ohnehin nicht bei der Antragstellung das Ergebnis komplett kalkulieren und in Worte fassen kann. Hier wäre ein Umbau der Strukturen bei der Beantragung hilfreich.

¹⁴¹ Vgl. <https://via-consult.de/wp-content/uploads/2019/09/Studie-Auswirkungen-der-Elektromobilit%C3%A4t-auf-mittelst%C3%A4ndische-Automobilzulieferer.pdf>

7.3.4 Prognosefähigkeit

Generell herrscht in der gesamten Branche über alle Gewerke und die gesamte Lieferhierarchie hinweg eine große Unsicherheit. Unsichere politische Rahmenbedingungen, Globalisierungseffekte und das schwer vorhersehbare Käuferverhalten sorgen dafür, dass man den Absatz nur sehr schwer planen kann.

Der stockende Ausbau der Ladeinfrastruktur oder emotional aufgeladene Themen wie Kobalt für die Batterieherstellung sorgen dafür, dass viele Konsumenten nur sehr zögerlich auf die neue Technologie umsteigen. Erwartungen werden seit Jahren nicht erfüllt und die Absatzzahlen an Elektrofahrzeugen liegen weit unter den Prognosen.

7.4 Strategien für die Industrie in der Region

Die Frage nach Strategien, um diesen Änderungen zu begegnen, zeigt, dass die heimische Zulieferindustrie überwiegend proaktiv agiert. Immerhin die Hälfte der Befragten hat klare Konzepte. Viele stellen sich intern neu auf und investieren in neue Maschinen und Technologien. Andere suchen nach neuen Märkten außerhalb der Automotive-Branche.

Hier ein paar Äußerungen auf unsere Frage, was die Unternehmen konkret tun, um den Änderungen zu begegnen:

- Standortmodernisierung und neue Technologien
- wir entwickeln uns vom Massenproduzenten hin zum Entwicklungslieferanten
- alles im Auge behalten; intensiver Kontakt mit dem Kunden, um Veränderungen und veränderte Anforderungen frühzeitig zu erkennen
- verstärkt Produkte und Technologien anbieten, die antriebsunabhängig sind
- neue Kunden suchen; neue Produkte suchen; vertiefende Wertschöpfung; Beobachtung der neu entstehenden Märkte
- wir haben unsere Maschinenkapazitäten erweitert
- Erweiterung des Produktportfolios
- Akquisition von Neukunden außerhalb der Automotive-Branche
- technologische Veränderung intern, um auf andere Bedürfnisse reagieren zu können.
- Investitionen

Ähnlich empfehlen es auch die Branchenkenner. Sie raten dazu, sich in der aktuellen konjunkturellen Situation auf die Forschung zu konzentrieren, zu untersuchen, welche Teile für Themen wie Elektromobilität oder autonomes Fahren relevant sind und in diese Richtung zu arbeiten.

Unternehmen haben jetzt die Chance, Entwicklungspartner für OEMs zu werden – wenn sie selbst zu klein sind im Schulterschluss mit Anderen, als Netzwerk oder Cluster oder auch mit Unterstützung der Hochschulen.

Lieferanten müssen künftig noch schneller und flexibler sein, vor Ort ansprechbar und am besten international aufgestellt, um auch Fertigungsstandorte der OEMs im Ausland bedienen zu können.

Technologien zur Kostensenkung in der Produktion sollten jetzt umgesetzt werden – Digitalisierung, Automatisierung und Industrie 4.0 sind Themen, die man spätestens jetzt angehen sollte.

7.5 Zusammenarbeit

Von Ihren Auftraggebern fühlen sich die meisten Unternehmen eher zu wenig informiert:

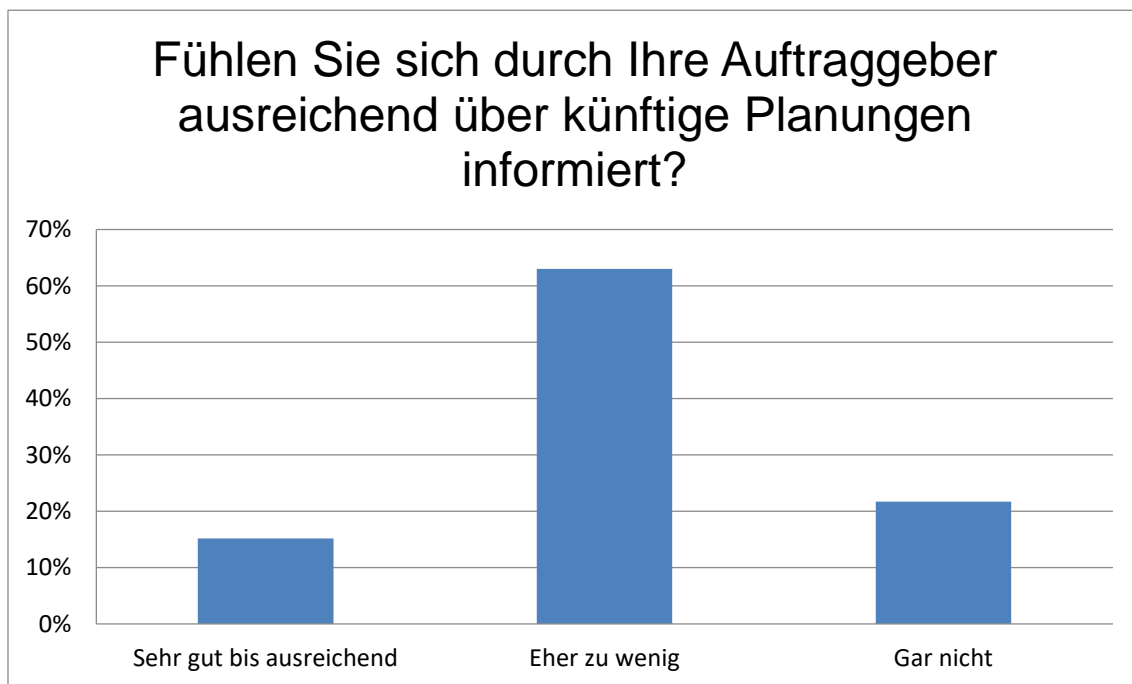


Abbildung 39: Umfrage - Informationen

Sie recherchieren selbst auf Messen, in der Fachpresse oder im Austausch mit Kollegen. Experten bemängeln, dass einige Zulieferbetriebe derzeit noch zu wenig Eigeninitiative zeigen und fürchten, dass diese etwa die Digitalisierung verschlafen.

Generell scheint sich die Zusammenarbeit massiv zu verändern, wobei der Datenaustausch eine große Rolle spielt und der Zulieferbetrieb sich auf die Spielregeln seiner Auftraggeber einlassen muss:



Abbildung 40: Umfrage - Auflagen

Die Einhaltung der Qualitätsmanagement-Norm IATF 16949 wird inzwischen von den Herstellern konsequent eingefordert. Generell ist ein Trend in Richtung Nachhaltigkeit erkennbar.

7.6 Arbeitsplätze

Was die Auswirkungen auf die Mitarbeiterstruktur angeht, gibt es deutliche Umbrüche. Ein kleiner Teil sieht positive Effekte, ein größerer Teil negative und die Mehrzahl geht von einer deutlichen Veränderung der Mitarbeiterstruktur aus. Gießereien scheinen von den negativen Auswirkungen besonders betroffen zu sein - Elektronikspezialisten sehen eher positive Effekte.

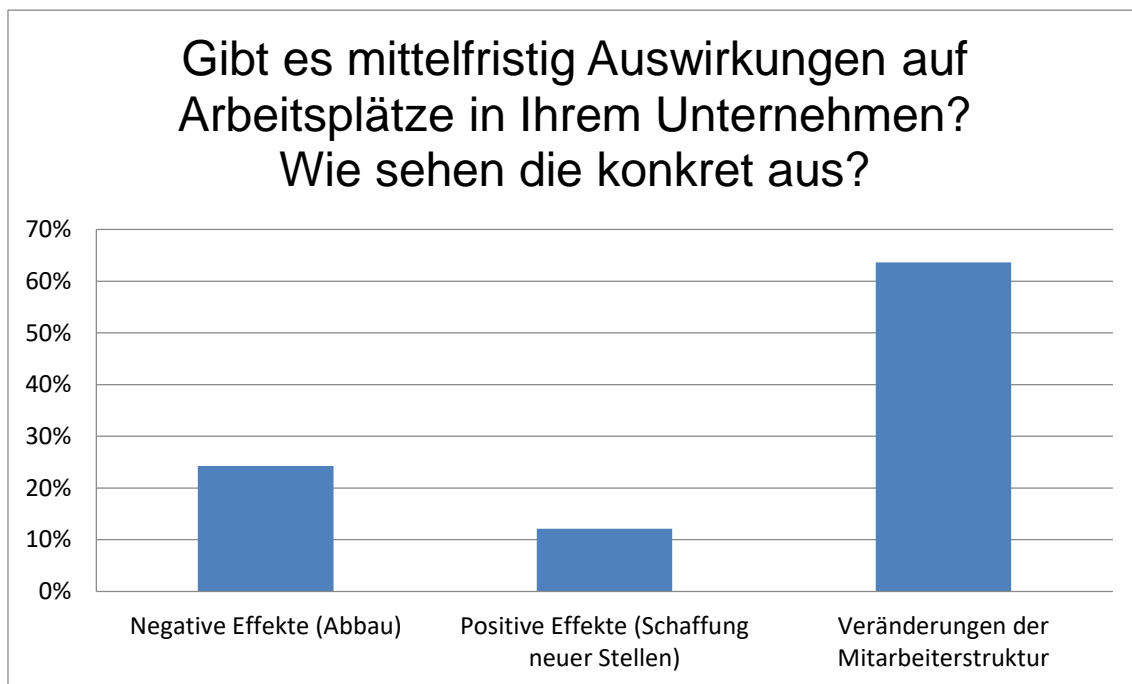


Abbildung 41: Umfrage - Arbeitsmarkteffekte

Auch, wenn einige Unternehmen schon Stellen abbauen mussten, geht die Mehrheit der Befragten davon aus, die veränderten Anforderungen durch den demographischen Wandel oder die Nichtverlängerung von Zeitverträgen realisieren zu können. Etwa ein Viertel der Unternehmen organisiert sich neu und jeder fünfte Befragte geht davon aus, dass Mitarbeiter ohne ausreichende Qualifikation früher oder später auf der Straße landen werden:

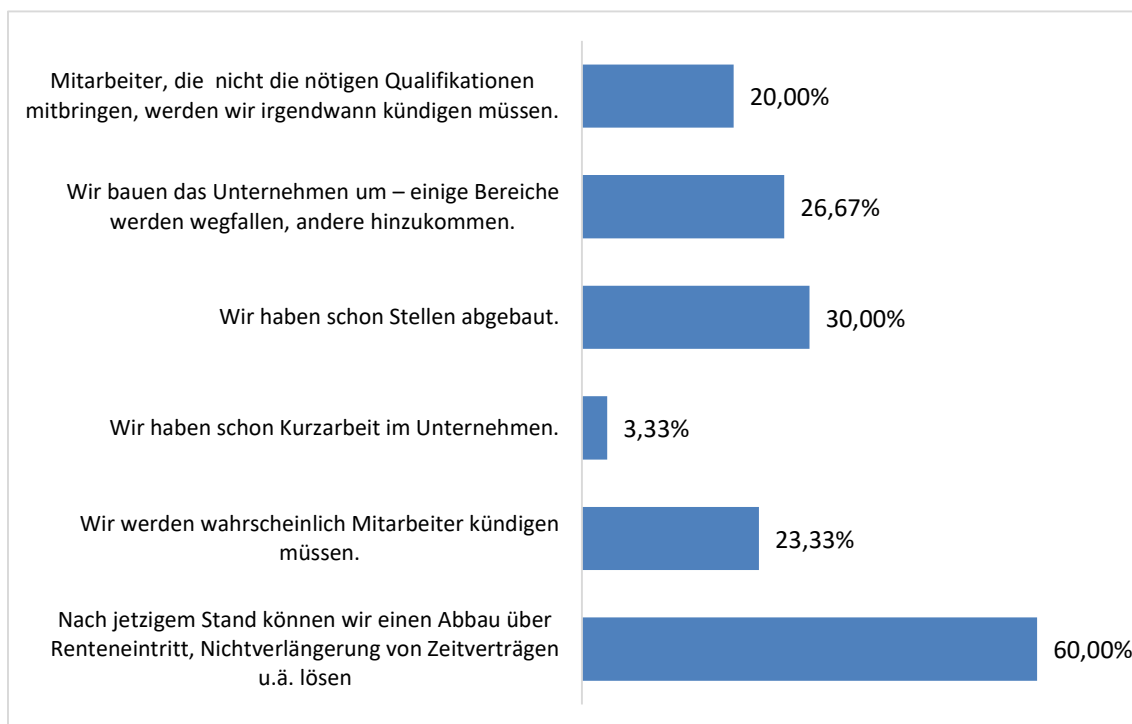


Abbildung 42: Umfrage - konkrete Auswirkungen auf Arbeitsplätze

Auch die Branchenkenner sind sicher, dass sich die Mitarbeiterstruktur drastisch ändern wird. Immer weniger benötigt werden klassische Werker in der Fertigung, da diese – falls man kein Nischenprodukt anbietet - entweder zunehmend ins Ausland verlegt oder automatisiert wird. Stattdessen werden Mitarbeiter benötigt, die Prozesse kennen und gleichzeitig digitale Kompetenzen aufweisen. Hier gibt es noch großen Schulungs- und Förderbedarf, der schnell und unbürokratisch gelöst werden muss.

Nahezu alle Befragten glauben, dass in den nächsten 5-10 Jahren der Verbrennungsmotor (oft als Hybrid) nicht wegzudenken ist und so die Arbeitsmarkteffekte vorläufig eher gering ausfallen werden.

Die Mehrheit der Befragten geht davon aus, dass mittelfristig Verbrenner und Hybridmotoren mehr als 75 % des Marktes in Europa ausmachen werden. Dies verschafft der Branche noch Zeit für die Umstellung ihrer Prozesse, Produkte und Organisation.

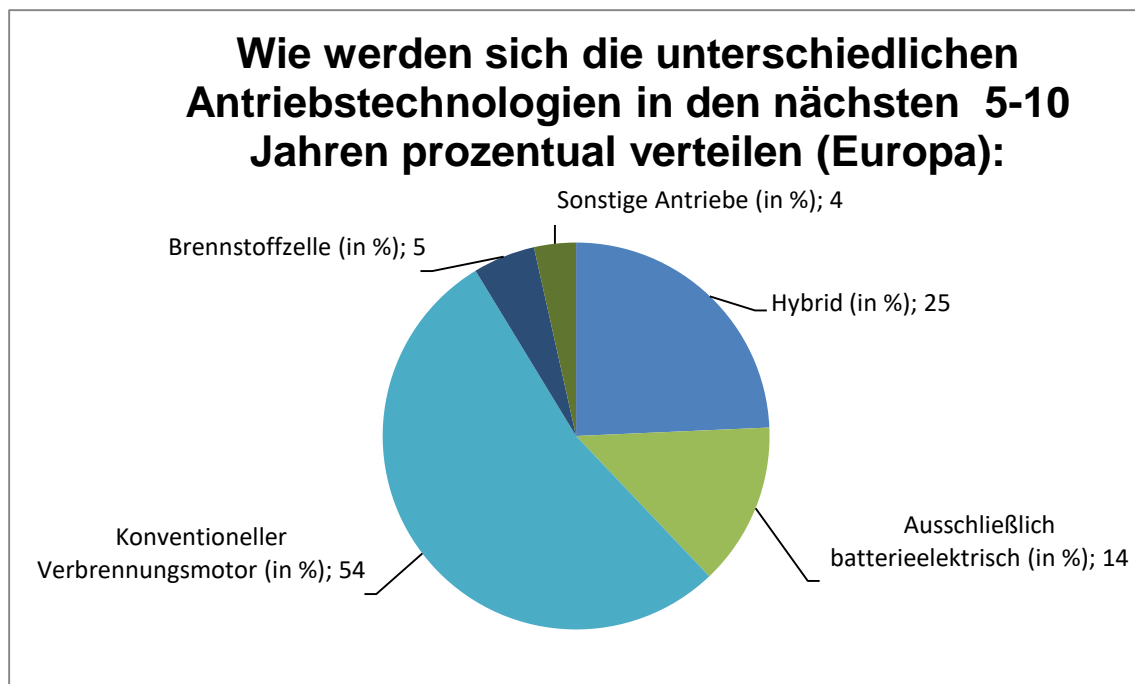


Abbildung 43: Umfrage - Einschätzung der Technologien in den nächsten Jahren

Erkenntnisse:

Nahezu alle Teilnehmer der Befragung sehen Elektromobilität eher als Übergangstechnologie oder als Nischenprodukt für die Stadt, die zwar einen Teil der künftigen Mobilität ausmachen wird, aber die Märkte vorerst nicht dominieren wird. Rein batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge werden demnach nur einen kleinen Teil der künftigen Flotten darstellen. Der Fokus vieler Hersteller und Konsumenten liegt eher auf Hybridfahrzeugen. Dadurch verändern sich viele Antriebskomponenten zwar in ihrer Auslegung oder hinsichtlich des Einbauortes – sie fallen aber nicht komplett weg, was die Situation vorerst entspannt.

Was die Umstellung der Fahrzeuge auf neue Antriebstechnologien betrifft, suchen viele Hersteller gezielt das Know-how der Zulieferbetriebe. Erwartet wird, dass diese einen Teil der Forschung übernehmen, was sehr kleine Unternehmen oft nicht leisten können. Netzwerke sind hier sinnvoll, um die aktuellen Herausforderungen gemeinsam anzugehen.

Trotz einiger Plattformphilosophien werden im Bereich der E-Mobilität Zulieferteile in besonders vielen unterschiedlichen Varianten und jeweils relativ kleinen Stückzahlen nachgefragt. Das können Betriebe nur umsetzen, wenn sie eine sehr flexible Fertigung besitzen. Viele müssen hier investieren, oft fehlt auch das geeignete Know-how, um entsprechend umzustellen. Hier benötigen die Firmen Unterstützung in Form von finanzieller Förderung und auch Beratung.

Die Mitarbeiterstruktur wird sich, auch getrieben durch den globalen Wettbewerb, drastisch verändern. Dauerhaft scheint – abgesehen von komplexen Nischenprodukten - eine Produktion in Deutschland bzw. Südwestfalen nur noch wettbewerbsfähig zu sein, wenn sie einen hohen Automatisierungsgrad aufweist. Gefragt sind darum künftig vor allem Kompetenzen in Automation und Programmierung. Mitarbeiter müssen jetzt in diese Richtung ausgebildet werden.

Wohl noch nie war der Markt so schnelllebig und durch gesellschaftliche, politische und globale Effekte so komplex wie heute. Technologien, die heute noch als zukunftsfähig gelten, könnten morgen schon wieder verworfen werden. Diese Unsicherheit auf Seiten der Hersteller und Verbraucher hemmt Investitions- und Kaufentscheidungen gleichermaßen. Das bedeutet, dass man als Unternehmen jederzeit alle Strömungen im Blick haben muss – auch über den Tellerrand hinaus - und immer wieder prüfen muss, ob es durch gesellschaftliche Trends und Themen Auswirkungen auf die eigenen Kunden und damit die eigene Produktpalette geben könnte. Auch hier lohnt ein Zusammenschluss mit anderen Firmen aus der Branche, um Trends früh zu erkennen und gegenzusteuern.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Regulationen für PKW	2
Abbildung 2: Grenzwerte und Prognosen	5
Abbildung 3: Grenzwerte 2020 global	10
Abbildung 4: Prinzipielle Möglichkeiten zur Realisierung von Fahrtrieben	11
Abbildung 5: Konzepte zur parallelen Anordnung von Verbrennungsmotor und E-Maschine.....	15
Abbildung 6: Ausführungen von Hybridantrieben.....	17
Abbildung 7: Zusammenfassung unterschiedlicher Studienergebnisse	22
Abbildung 8: Verteilung der Antriebstechnologien	23
Abbildung 9: Anteil an den Neufahrzeugen (D bzw. EU), die nicht über einen Verbrennungsmotor als Primärtrieb verfügen (REEV, BEV und FCEV)	26
Abbildung 10: Anteile der Hochvolt-Hybrid-Fahrzeuge an den Neufahrzeugen.....	27
Abbildung 11: Potenzielle Einflussgrößen und Risikofaktoren	28
Abbildung 12: Motorisierungen zum Verkaufsstart des VW Golf 8	34
Abbildung 13: Erhältliche Motorisierungen des Audi A8	35
Abbildung 14: Volkswagen ID.3	35
Abbildung 15: Daten des VW ID.3 und der Mitbewerber	36
Abbildung 16: Aluminiumrahmen des Mercedes EQC	38
Abbildung 17: e.Go	43
Abbildung 18: Aptera	44
Abbildung 19: Strategie SAIC	45
Abbildung 20: Aways U5	46
Abbildung 21: M-Byte mit großem Display.....	46
Abbildung 22: neuzugelassene BEV in Deutschland	49
Abbildung 23: Neuzugelassene BEV in Deutschland (2012 - 2018).....	50
Abbildung 24: Verteilung von neuzugelassenen BEV auf die Fahrzeugklassen in Deutschland.....	51
Abbildung 25: neuzugelassene Fahrzeuge mit Hybridantrieb in Deutschland	52
Abbildung 26: Verteilung von neuzugelassenen Hybriden auf die Fahrzeugklassen in Deutschland.....	53
Abbildung 27: Volkswagen e-Golf	55
Abbildung 28: Volkswagen ID.3	55
Abbildung 29: Anteil der neuzugelassenen E-Fahrzeuge als Conversion- und Purpose- Design in Deutschland	56
Abbildung 30: Übersicht zu aktuellen Studien mit Bezug zur Beschäftigungssituation	60
Abbildung 31: Einflussgrößen auf die Beschäftigung in Deutschland	60
Abbildung 32: Szenarienvergleich des Beschäftigungseffektes in Deutschland	65
Abbildung 33: Szenarienvergleich nach Wirtschaftszweigen	66
Abbildung 34: Szenarienvergleich nach Berufen	67
Abbildung 35: Szenarienvergleich nach Anforderungsniveau	68
Abbildung 36: Umfrage - Produkte.....	69

Abbildung 37: Umfrage - Platz in der Lieferkette	70
Abbildung 38: Umfrage - Veränderungen	70
Abbildung 39: Umfrage - Informationen	74
Abbildung 40: Umfrage - Auflagen.....	75
Abbildung 41: Umfrage - Arbeitsmarkteffekte	76
Abbildung 42: Umfrage - konkrete Auswirkungen auf Arbeitsplätze	76
Abbildung 43: Umfrage - Einschätzung der Technologien in den nächsten Jahren.....	77

9 Kurzzusammenfassung der Studienergebnisse

Fachhochschule Südwestfalen
Wir geben Impulse

Studie zu den möglichen Auswirkungen
der Elektromobilität auf die Automobilzuliefer-
industrie in Südwestfalen

B.Eng. Dennis Golombek
B.Eng. Philip Lemcke
Prof. Dr.-Ing. Andreas Nevoigt
Dipl.-Wirt.-Ing. Sonja Pfaff
B.Eng. Nils-Hendrik Ziegler

Labor für Fahrwerktechnik
FH Südwestfalen

Fachhochschule
Südwestfalen
University of Applied Sciences

A Newton's cradle with five silver spheres. The leftmost sphere is in motion, having just struck the others or about to. The background is a dark, reflective surface with a faint grid pattern.

Präsentation der Ergebnisse

Übersicht

Methodik

- 1 Politische Rahmenbedingungen
- 2 Technologische Rahmenbedingungen und Prognosen
- 3 Strategien und Konzepte der OEM
- 4 Entwicklung der Zulassungszahlen
- 5 Technologische Trends
- 6 Auswirkungen auf die Beschäftigung
- 7 Interviews mit Zulieferunternehmen

Schlussfolgerungen und Diskussion



Präsentation der Ergebnisse

Methodik

- Review / Meta-Studie durch Auswertung rund 400 Quellen:
 - veröffentlichte Studienergebnisse,
 - Fachbeiträge aus Wissenschaft, Industrie und von Verbänden,
 - Mitteilungen aus Politik und Verwaltung,
 - öffentlich zugängliche Statistiken
 - Pressemitteilungen, etc.
- Fokus Südwestfalen
 - Online-Umfrage in der südwestfälischen Automobilzulieferindustrie
 - rund 20 Interviews mit Industrieunternehmen, Beratern und Verbandsvertretern

Folie 3 (03/2020)



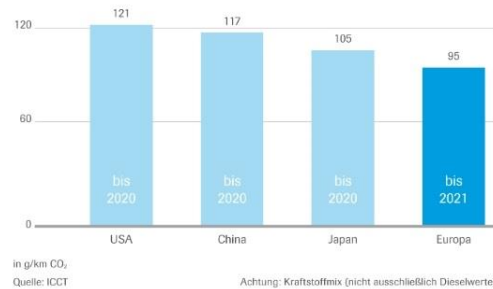
Die Ergebnisse in den Abschnitten 1 – 6 basieren im Wesentlichen auf der Auswertung von Veröffentlichungen unterschiedlicher Herkunft (Studien, Fachbeiträge, gesetzliche Vorgaben, Statistiken, etc.). Insgesamt wurden hierfür rund 400 Quellen gesichtet. Erhebungstichtag war der 30.11.2019.

Der Fokus auf Südwestfalen ergibt sich mit der Durchführung einer Online-Befragung, darunter Mitglieder des Automotive-Netzwerks Südwestfalen, sowie durch persönliche Interviews mit Unternehmen und Fachleuten.

Präsentation der Ergebnisse

1 Politische / regulatorische Rahmenbedingungen

- Maßgeblicher Treiber: Klimaziele von Kyoto (1997) und Paris (2015)
Primäres Ziel: Reduzierung von Treibhausgasen
- EU: erste CO₂-Regulierung schon 2009
 - EU: Flottenwert 95 g/km für 2021
 - D: ab 2020 Dienstwagenregelung 0,25%, Subventionen (bis zu 6.000 €)
- USA: unberechenbar
 - Trump vs. Kalifornien
- China: seit 2013 Aktionsplan gegen Luftverschmutzung
 - forciert E-Fahrzeuge aus politischen Gründen mit Quoten und Subventionen (8.000€)
 - strebt Technologieführerschaft an



Folie 4 (03/2020)



Wesentlicher Treiber für die Elektromobilität sind die regulatorischen Rahmenbedingungen, die sich aus den Zielen der Klimakonferenzen in Kyoto und Paris ableiten. Wesentliches Ziel ist dabei die globale Reduzierung von Treibhausgasen. Unterschiedliche Regulationen bedingen unterschiedliche Umsetzungsgeschwindigkeiten bei der Antriebselektifizierung in den verschiedenen Märkten.

Europa hat heute die strengsten Vorschriften hinsichtlich des CO₂-Ausstoßes mit einem durchschnittlichen Grenzwert von 95 g CO₂ pro gefahrenem Kilometer ab 2021. Diese Werte sinken bis 2025 um 15 % bzw. bis 2030 um 37,5 %. Diese Ziele sind mit Maßnahmen am Verbrennungsmotor alleine nicht zu erreichen und erzwingen den Einsatz eines bestimmten Anteils elektrifizierter Fahrzeuge.

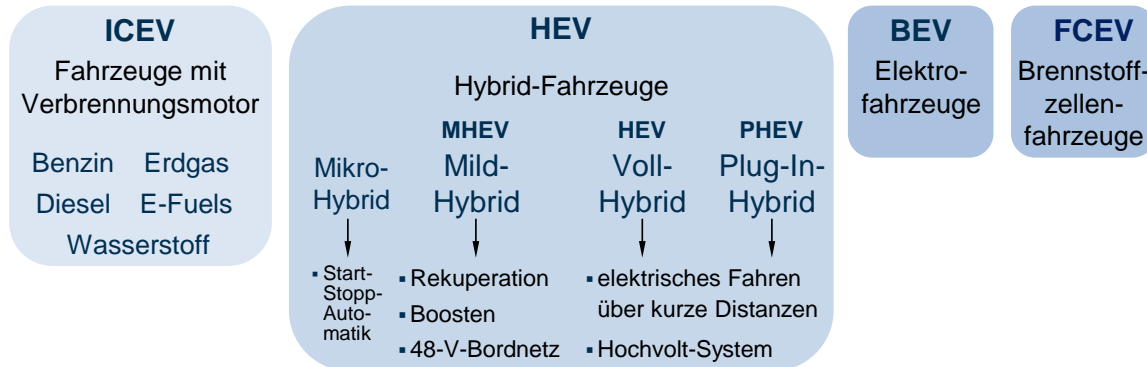
In China besteht neben dem Klimaschutz die Notwendigkeit zur Reduzierung der Luftverschmutzung in den Mega-Cities, so dass BEV in besonderer Weise subventioniert werden und auch Quoten (12 % in 2020) für Fahrzeuge mit elektrischen Antrieben bestehen. China sieht in dem Wandel zur Elektromobilität darüber hinaus die Chance, eine Technologieführerschaft im Bereich der Fahrzeugtechnik zu erreichen.

Die CO₂-Grenzwerte in den USA sind wenig ambitioniert, so dass davon ausgegangen werden kann, dass sich im nordamerikanischen Markt der Wandel zur Elektromobilität am langsamsten vollziehen wird.

Präsentation der Ergebnisse

2 Technologische Rahmenbedingungen

Marktreife Antriebstechnologien für PKW



- gesetzliche Vorgaben erzwingen in den nächsten Jahren den zunehmenden Einsatz elektrifizierter Antriebe in PKW
- staatliche Förderungen begünstigen den Markteintritt von PHEV und BEV

Erkenntnisse und Einschätzungen

Folie 5 (03/2020)



Die Gesamtenergiebilanz von Fahrzeugen, die mit synthetischen Kraftstoffen (E-Fuels) oder Wasserstoff (also auch FCEV) betrieben werden, ist aufgrund des hohen Energieeinsatzes für die Herstellung dieser Kraftstoffe deutlich schlechter, als die eines batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugs.

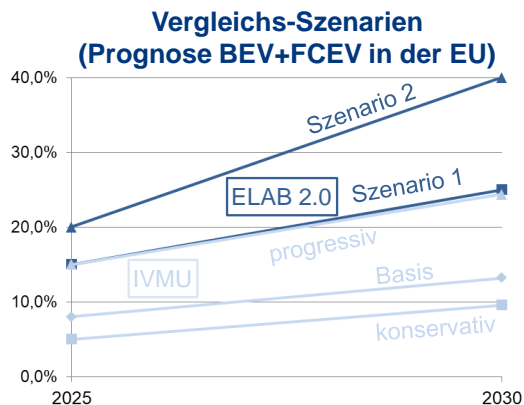
Aus diesem Grund werden seitens der Politik – nicht zuletzt mit Blick auf das Erreichen der nationalen Ziele zur CO₂-Reduktion – heute vor allem PHEV und BEV durch Förderungen begünstigt. Neben ICEV (zunehmend hybridisiert) werden daher vor allem BEV in den Märkten eine relevante Rolle spielen.

Es ist Stand heute nicht davon auszugehen, dass Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) oder mit synthetischen Kraftstoffen betriebene ICEV in den nächsten Jahren im PKW-Bereich eine stückzahlrelevante Rolle spielen werden.

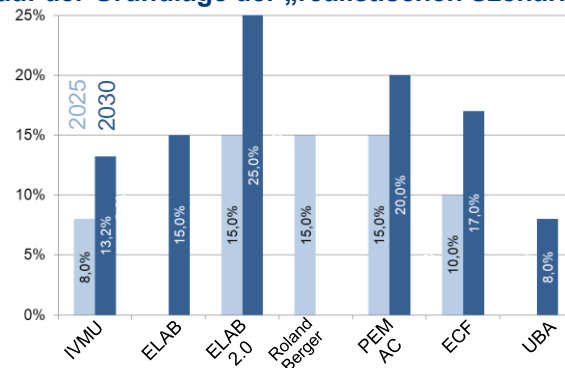
Größeres Potential für FCEV wird im Bereich der Nutzfahrzeuge gesehen, weil dort für BEV das Gewicht der Batterie als Energiespeicher sehr groß würde, was die BEV-Technologie insgesamt im Nutzfahrzeugbereich fragwürdig erscheinen lässt.

Präsentation der Ergebnisse

2 Technologische Rahmenbedingungen – Prognosen zur Verteilung der Antriebskonzepte in Neufahrzeugen



Anteil BEV+FCEV an Neufahrzeugen in der EU auf der Grundlage der „realistischen Szenarien“



- eher konservative Annahmen werden in den Studien als „am meisten realistisch“ eingeschätzt
- zunehmende Streuung der Vorhersagen mit wachsendem Prognosehorizont

Erkenntnisse und Einschätzungen

- Anteil Neuzulassungen ohne Verbrennungsmotor in 2030 bei ca. 15 – 25 % in der EU
- schnelleres Wachstum von BEV in China, moderateres Wachstum in den USA
- 2050: 50 – 95 % BEV + FCEV

Folie 6 (03/2020)



Die in Studien aufgezeigten Prognosen zur Verteilung der Antriebstechnologien in zukünftigen Neufahrzeugen definieren für die jeweilige Technologie eine Spannbreite. Diese steigt mit wachsendem Prognosehorizont.

Teilweise zeigen die Studien Differenzierungen nach den entsprechenden Märkten auf.

Auf der Grundlage aktueller Studien lassen sich für den Wirtschaftsraum EU Anteile von Neufahrzeugen ohne Verbrennungsmotor in 2025 von 8 % bis 15 % und in 2030 zwischen 15 % und 25 % vorhersagen.

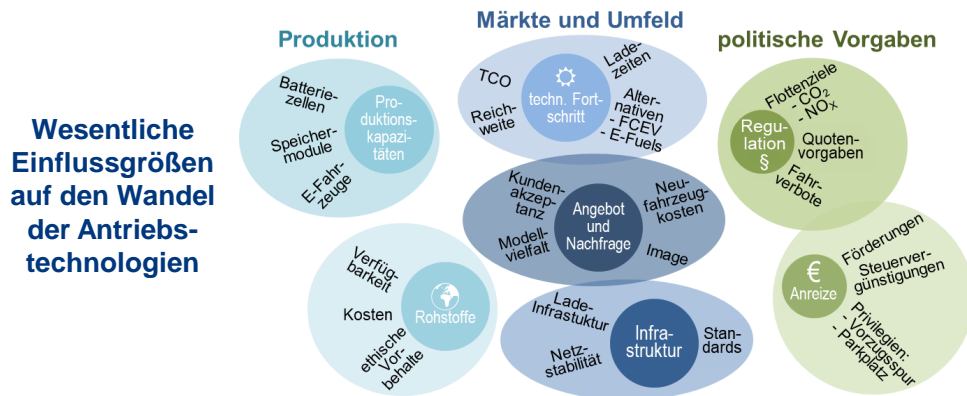
Prognosen bis zum Jahr 2050 sind heute noch mit erheblichen Unsicherheiten belastet.

Es wird davon ausgegangen, dass sich der Wandel zur Elektromobilität in China schneller und in Nordamerika langsamer vollziehen wird, als dies für die EU prognostiziert wird.

Die zu Grunde gelegten Prognosen basieren auf der Annahme, dass die heute bekannten politischen Rahmenbedingungen Gültigkeit behalten. Sollten sich diese signifikant ändern, ist davon auszugehen, dass dies erhebliche Auswirkungen auf die Verteilung der Antriebstechnologien (verlangsamend oder beschleunigend) haben wird.

Präsentation der Ergebnisse

2 Technologische Rahmenbedingungen – Einflussfaktoren auf die Prognoseergebnisse



- maßgeblicher Treiber für die Elektromobilität sind die politischen Vorgaben
- Produktionskapazitäten und Rohstoffverfügbarkeit (Ausnahme Kobalt) werden in den Studien nicht als limitierende Faktoren für den Wandel zur Elektromobilität angesehen
- wenn die Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur nicht in ausreichendem Maß erfolgt, wird sie sich massiv als begrenzender Faktor auf die Elektromobilität auswirken

Folie 7 (03/2020)



Die Kenntnis der Einflussgrößen auf die Prognoseergebnisse hat für die Automobilzulieferer eine hohe Relevanz. Die Verfolgung möglicher Änderungen kann dabei helfen, Prognoseergebnisse realistisch einzuschätzen und zu bewerten.

Einen erheblichen Einfluss besitzen die politischen Vorgaben. Neue Restriktionen (z.B. Fahrverbote) oder Änderungen im Bereich der Förderung würden sich unmittelbar auf die Marktentwicklung auswirken.

Bezüglich der Produktion ist die Umsetzung angekündigter Investitionen im Bereich der Batteriezellenproduktion eine notwendige Voraussetzung dafür, dass die Prognosen von bis zu 20 % BEV in 2030 erreichbar sind.

Rohstoffverfügbarkeiten werden in allen Studien als eher unkritisch angesehen. Die Frage, unter welchen Bedingungen die Rohstoffe gewonnen werden, wird in den öffentlichen Diskussionen eine zunehmende Rolle spielen. Dies rückt zunehmend auch in den Blick der OEMs.

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur ist von erheblicher Bedeutung für die Marktakzeptanz von BEV und muss daher in den nächsten Jahren kritisch beobachtet werden.

Präsentation der Ergebnisse

3 Strategien und Konzepte der OEM

- Volkswagen setzt als einziger etablierter OEM auf eigenständige Plattformen für BEV
- andere etablierte OEM präferieren eine gemeinsame Plattform für mehrere Antriebskonzepte, um flexibel auf den Markt zu reagieren
- das Ziel ist die Produktion möglichst vieler Antriebskonzepte auf einer Produktionslinie
- viele künftige Modelle mit Verbrennungsmotor wird es zusätzlich als elektrifizierte Alternative geben (MHEV, (P)HEV oder BEV)
- aktuell sind bei den europäischen OEM keine Aktivitäten erkennbar für eine standortnahe Batterieentwicklung bzw. -produktion, um mehr Unabhängigkeit zu erreichen

Erkenntnisse und
Einschätzungen

Folie 8 (03/2020)

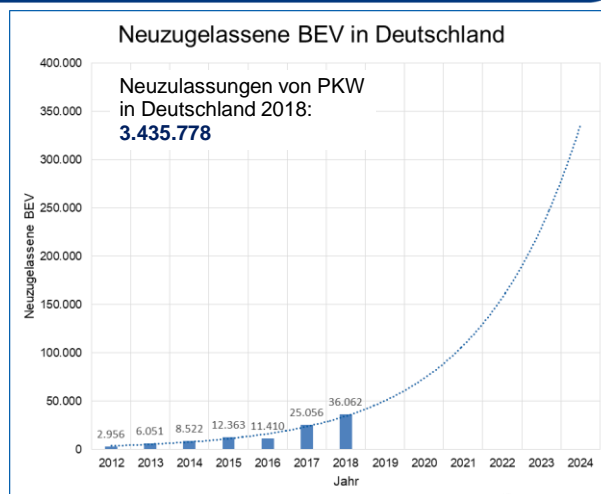


Präsentation der Ergebnisse

4 Entwicklung der Zulassungszahlen von BEV in Deutschland

- starker Anstieg der Zulassungen bei BEV
- aufgrund des zurzeit exponentiellen Anstiegs bedarf der Trend einer stetigen kritischen Verifikation
- äußere Einflüsse (z.B. Kundenakzeptanz, Kosten, politische Vorgaben) können zu deutlichen Veränderungen führen

Erkenntnisse und
Einschätzungen



Folie 9 (03/2020)

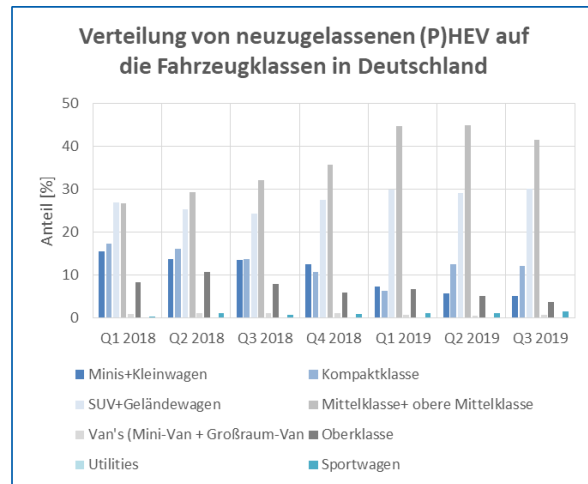
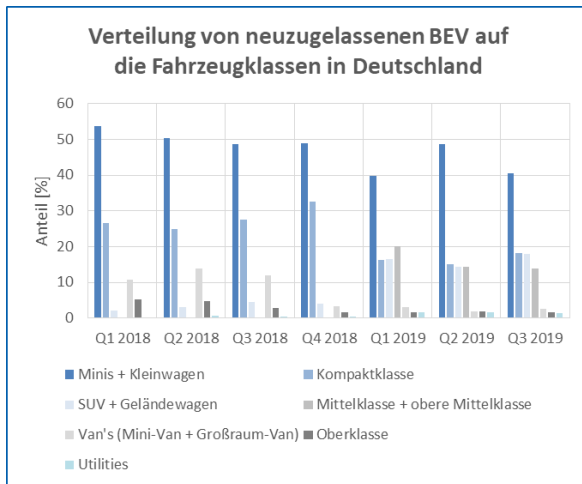


Die Hochrechnung der aktuellen Zulassungszahlen für BEV auf einen Zeithorizont bis ca. 2025 zeigt, dass die Prognose von 8 % bis 15 % BEV bei Neufahrzeugen realistisch ist.

Die weitere Verfolgung der Entwicklung der Zulassungszahlen kann dabei helfen, die Planungsgrundlagen bei den Zulieferern zu verbessern.

Präsentation der Ergebnisse

4 Entwicklung der Zulassungszahlen von BEV in Deutschland



Erkenntnisse und
Einschätzungen

- zurzeit größter Anteil von BEV bei Minis und Kleinwagen sowie bei HEV im Bereich von SUV und (oberer) Mittelklasse
- zurzeit noch hoher Einfluss einzelner volumenstarker Neuvorstellungen
- eine längerfristige Betrachtung ermöglicht eine gute Abschätzung von Trends und Marktorientierungen

Folie 11 (03/2020)



Die Aufschlüsselung der Anteile von BEV beziehungsweise PHEV nach Fahrzeugklassen erlaubt eine Einschätzung, in welchen Fahrzeugsegmenten die jeweiligen Technologien erfolgreich sind und daher ein gutes Marktpotenzial besitzen.

Erkennbar ist, dass zurzeit BEV insbesondere im Bereich von Kleinst- und Kleinfahrzeugen eine gute Marktakzeptanz finden.

Die Domäne für Hybridfahrzeuge (PHEV, HEV, Mild-Hybrid) liegt zurzeit in den Segmenten der SUV sowie bei Mittelklasse- und obere Mittelklasse-Fahrzeugen.

Aufgrund der geringen Stückzahlen, die zurzeit noch die Datenbasis für die Auswertung bilden, können Fahrzeuge, die neu in den Markt kommen (z.B. Tesla Model 3) zur signifikanten Veränderungen führen. Die Interpretation der Trends sollte diese Effekte berücksichtigen.

Eine dauerhafte Verfolgung der Marktentwicklungen nach Fahrzeugsegmenten kann für die Automobilzulieferer eine verbesserte Grundlage für Produkt- beziehungsweise Investitionsentscheidungen liefern.

Präsentation der Ergebnisse

5 Technologische Trends

- Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren (ICEV)
 - milde Hybridisierung mit 48V-Bordnetz
 - Erhöhung der Varianten mit Voll-Hybrid- und Plug-In-Hybridantrieb

- Elektrofahrzeuge (BEV):
 - Conversion-Design-Konzept vs. Purpose-Design-Konzept
 - Batteriekasten als neues Produkt
 - Karosseriewerkstoffe ähnlich wie bei ICEV
 - CO₂-neutrale Produktion, inklusive Zulieferketten
 - Lithium-Ionen-Batterie auf absehbare Zeit bevorzugte Lösung

Erkenntnisse und
Einschätzungen

Folie 12 (03/2020)



Die Tatsache, dass Li-Ionen-Batterien auch für die nächsten ca. 10 Jahre als Standard-Technologie für die Batterien angesehen werden, lässt darauf schließen, dass BEV auf absehbare Zeit nicht die Reichweiten von ICEV beziehungsweise HEV erreichen werden.

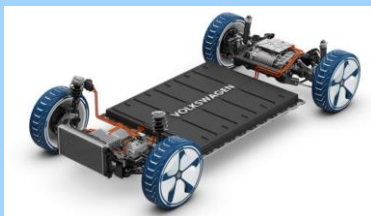
Präsentation der Ergebnisse

5 Technologische Trends – Purpose-Design vs. Conversion-Design

Konzepte für BEV

Purpose-Design

- Flexible Plattform mit skalierbaren Batteriestacks als Basis
- profilintensive Bauweise
- optimale Anpassung der Crashstruktur
- Achsnaher Antrieb
 - bevorzugt mit Heckantrieb
 - in der Regel Entfall des Mitteltunnels



Conversion-Design

- aufbauend auf konventionellen Verbrenner-Plattformen
- Nutzung vieler vorhandener Serienteile
- ggf. modifizierte Crashstruktur
- Elektrokomponenten ersetzen die Verbrennerkomponenten



Folie 13 (03/2020)



Präsentation der Ergebnisse

6 Auswirkungen auf die Beschäftigung

- aktuelle Studien prognostizieren die Auswirkungen der Elektromobilität auf die Beschäftigungssituation der Automobilindustrie in Deutschland insgesamt
- Untersuchungen für spezialisierte Zulieferbereiche und Analysen über regionspezifische Ausprägungen der Beschäftigungsentwicklung liegen zurzeit nicht vor



Folie 14 (03/2020)



Heutige Studien gehen davon aus, dass die deutsche Automobilindustrie auch vor dem Hintergrund des Wandels zur Elektromobilität ihre starke Position als Premiumanbieter in fremden Märkten behält. Ein Ausbau der Position hätte positive Effekte und ein Verlust der Position signifikante negative Effekte auf die Beschäftigung in Deutschland.

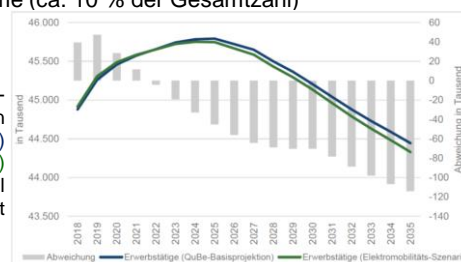
Präsentation der Ergebnisse

6 Auswirkungen auf die Beschäftigung

- Prognosen lassen bis 2030/35 eine Verringerung der Zahl an Arbeitsplätzen in der Automobilindustrie in der Größenordnung von 100.000 erwarten
- ELAB2.0, Fraunhofer ISI Karlsruhe 2017:
 - Verringerung der Anzahl an Arbeitsplätzen je nach Szenario zwischen **74.000 und 107.000 bis 2030** (mit Berücksichtigung von Produktivitätssteigerungen)
 - PHEV können einen wesentlichen Beitrag zur Dämpfung der Beschäftigungseffekte leisten
- Studie „Elektromobilität 2035“, Institut für Arbeitsmarkt- u. Berufsforschung, 2018:
 - bis 2035 ergeben sich Arbeitsplatzverluste in Höhe von 114.000, davon ca. 83.000 in der Automobilindustrie (ca. 10 % der Gesamtzahl)

Erkenntnisse und Einschätzungen

Vergleich der Qualifikations- und Berufsprojektionen **ohne** (QuBe-Basisprojektion) und **mit** (Elektromobilitäts-Szenario) Einflüssen durch Wandel zur Elektromobilität



QuBe-Projekt:
Qualifikation und Beruf
in der Zukunft (BIBB, IAB)
5. Welle 2018

Folie 15 (03/2020)



Präsentation der Ergebnisse

7 Interviews mit Zulieferunternehmen - Datenbasis

- Onlineumfrage und persönliche Interviews
- 60 Zulieferbetriebe und einige Branchenkenner
- Überwiegend Lieferanten von Teilen und Komponenten

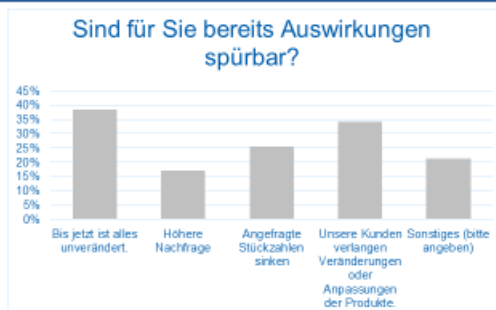


Folie 2 (03/2020)



Präsentation der Ergebnisse

7 Interviews mit Zulieferunternehmen - Effekte



- Generell hohe Unsicherheit
- Zulieferindustrie als Entwicklungspartner der OEMs
- Budgets verschieben sich hin zu Software und BEV
- Mehr unterschiedliche Teile in kleineren Stückzahlen
- Auflagen wie Audits, Datenformate – Trend zur Nachhaltigkeit

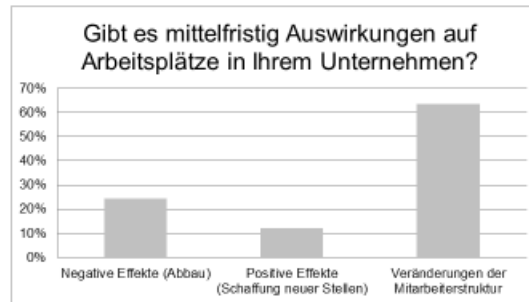
Folie 3 (03/2020)



Präsentation der Ergebnisse

7 Interviews mit Zulieferunternehmen - Maßnahmen

- Mehr Effizienz und Flexibilität in der Fertigung (Digitalisierung!)
- Zulieferer als Entwicklungslieferant - Forschung
- Ständige Marktbeobachtung, ggf. Produkte anpassen oder neue Märkte außerhalb von Automotive erschließen
- Mitarbeiter brauchen andere Qualifikationen



Folie 4 (03/2020)

