CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Studie

Marktentwicklung von Elektrofahrzeugen für das Jahr 2030: Deutschland, EU, USA und China.

Eine Szenarioanalyse.

Für: Industrieverband Gießerei-Chemie e.V., Herr Dr. Jochen Wilkens
Sankt-Florian-Weg 1, 30880 Laatzen

Center of Automotive Management (CAM)

Prof. Dr. Stefan Bratzel (Leitung)

Prof. Dr. Jürgen Thömmes

Dipl.-Kfm. Ralf Tellermann

Bergisch Gladbach, 1. Dezember 2017

Version 2.01

Center of Automotive Management – ein Institut an der Fachhochschule der Wirtschaft in Bergisch Gladbach

www.auto-institut.de

Inhalt

	Seite
Executive Summary	**4**
1. Einleitung	**11**
2. Methodisches Vorgehen	**13**
3. Markt- und Produktionsentwicklungen	**17**
3.1 Absatztrends in Kernmärkten	18
3.1.1 Absatztrends und Elektromobilität in Kernmärkten im Vergleich	18
3.1.2 Marktentwicklungen nach Antriebstechnologien in Deutschland	23
3.1.3 Marktentwicklungen nach Antriebstechnologien in der EU, USA und China	26
3.2 Produktionstrends in Kernmärkten	32
3.2.1 Produktionstrends und Elektromobilität in Kernmärkten im Vergleich	32
3.2.2 Produktionstrends nach Antriebstechnologien in Deutschland	34
3.2.3 Produktionstrends nach Antriebstechnologien in der EU, USA und China	35
3.3 LKW/Nutzfahrzeuge: Markttrends in Deutschland und der EU	36
3.4 Zwischenfazit	40
4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller	**41**
4.1 Entwicklung der bisherigen Innovationsstärke der Elektromobilität im OEM-Vergleich	43
4.2 Ziele/Strategien ausgewählter Hersteller im Bereich der Elektromobilität	46

Inhalt

	Seite
5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität	**56**
5.1 Modellierung der dominanten Einflussfaktoren des Markthochlaufs	57
5.2 Entwicklung der Einflussfaktoren für den Markthochlauf	62
5.2.1 Relative Fahrzeugkosten der E-Autos	62
5.2.2 Funktionalität	75
5.2.3 Ladeinfrastruktur	79
5.2.4 Regulierung	89
6. Szenarien des Markthochlaufs der Elektromobilität	**100**
6.1 Überblicksdarstellung der drei Szenarien	101
6.2 Die Szenarien für Deutschland	108
6.3 Die Szenarien für die Europäische Union	125
6.4 Die Szenarien für die USA	129
6.5 Die Szenarien für China	133
7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen	**137**
Q&A: Anmerkungen zu weitergehenden Fragen	143
Abkürzungsverzeichnis	146
Literaturverzeichnis	148
Anhang	154
Impressum	165

Executive Summary

Im Mittelpunkt der Studie stehen die Entwicklungstrends der Elektromobilität in Deutschland, ergänzt durch die EU, USA und China. Vor dem Hintergrund einer Bestandsaufnahme der Absatz- und Produktionstrends in der Antriebstechnologie werden verschiedene Szenarien für den Markthochlauf von E-Fahrzeugen bis zum Jahre 2030 erarbeitet. Ausgangspunkt der Bildung von Szenarien ist die transparente Darlegung der zu untersuchenden Einflussgrößen für den Markthochlauf. Dazu wird ein Modell der dominanten Einflussfaktoren in ihrer Wirkung auf den Markthochlauf der Elektromobilität vorgestellt. Die Studie kommt zu folgenden Ergebnissen:

- In Deutschland ist das Volumen aber auch die Wachstumsdynamik der Elektromobilität noch vergleichsweise gering. Die Neuzulassungen sind bei Elektrofahrzeugen (BEV, PHEV) in Deutschland mit rund 25.000 Einheiten im Jahr 2016 und einem Marktanteil von 0,75 Prozent auch im internationalen Vergleich noch auf niedrigen Niveau. Die bislang geringe Bedeutung der E-Mobilität spiegelt sich derzeit auch in der Produktion in Deutschland mit einem Anteil von 0,6 Prozent Elektro- bzw. Alternativantriebe an der Gesamtproduktion wider. Gleichzeitig sind aktuell die Dieselanteile an den Neuzulassungen in Deutschland und anderen EU-Ländern stark rückläufig. Führt ein rückläufiger Dieselanteil zu höheren Neuzulassungen bei Benzinmotoren, erhöht sich für die Hersteller der Druck zum Verkauf von Elektrofahrzeugen, u.a. um die CO2-Grenzwerte der EU in 2021 zu erreichen.
- Die Analyse der Innovationstätigkeit und der Produktpläne der ausgewählten Hersteller zeigt, dass die Elektromobilität aktuell noch an einem Technologie- bzw. Angebotsproblem leidet: Zum einen ist das R-I-P-Syndrom Reichweite, (Schnelllade-) Infrastruktur und Preis aus Kundensicht noch nicht befriedigend gelöst, so dass E-Fahrzeuge im Wettbewerbsvergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unterlegen sind. Zum anderen ist derzeit das Produktangebot für reine E-Fahrzeuge (BEV) noch sehr lückenhaft, da Modelle nur in wenigen Segmenten und von wenigen Hersteller angeboten werden. Die Auswertung der Produktpläne und –ziele der wichtigen globalen Hersteller zeigt, dass die Modellangebote für BEV und PHEV in den nächsten 10 Jahren erheblich erhöht werden. Bis zum Jahr 2020 ist danach zwar nur mit einer moderaten Steigerung der Produktangebote zu rechnen. Ab 2020 steigt dagegen die Zahl der verfügbaren E-Modelle gemessen am Gesamtangebot der OEM exponentiell an.

Executive Summary

- Für die Szenarioanalyse werden die relevanten Einflussfaktoren des Markthochlauf der E-Mobilität ermittelt und deren Wirkung untersucht. Drei Szenarien mit optimistischen, pessimistischen und mittleren Annahmen für den Markthochlauf der E-Autos werden mittels der Parameter „Relative Fahrzeugkosten der Elektroautos“, „Funktionalität“, „Ladeinfrastruktur/-dauer“ und „Regulierung/Förderung“ entwickelt:
  - Die „Relativen Fahrzeugkosten der Elektroautos“ werden vor allem durch die Kosten des Batteriesystems bestimmt. Die Batteriesystemkosten beeinflussen die relativen Fahrzeugkosten und damit die Gesamtnutzungskosten der Elektrofahrzeuge im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor entscheidend. Im Mittleren Szenario sinken die Batteriesystemkosten von heute 200 Euro bis auf 90 Euro im Jahr 2030. Bei Fahrzeugen der Mittelklasse mit 65 kWh Batteriekapazität können die Batteriekosten von heute 13.000 Euro bis zum Jahr 2030 dann deutlich auf unter 6.000 Euro sinken. In der ersten Hälfte der 2020er Jahre könnte sich eine Preisparität zwischen Elektrofahrzeugen verschiedener Segmente und den Verbrennungsmotoren entwickeln.
  - Die „Funktionalität“ der Elektrofahrzeuge bzw. deren Alltagstauglichkeit ist aus Kundensicht eine wichtige Voraussetzung für den Kauf der Fahrzeuge. Dabei nimmt insbesondere die im Vergleich zu herkömmlichen Antriebskonzepten begrenzte Reichweite der E-Fahrzeuge eine zentrale Rolle ein. Im Mittleren Szenario steigt die mögliche bestellbare Reichweite der BEV – Fahrzeuge auf 600 km in 2030, wodurch *reale* Reichweiten erzielt werden, die die Akzeptanz der Kunden und die Nachfrage von E-Fahrzeugen positiv beeinflussen werden. Aus Nutzer- bzw. Kundensicht wird eine Abwägung getroffen zwischen den gewählten Reichweiten und damit den Kosten der Fahrzeuge sowie der Verfügbarkeit von (Schnell-) Ladeinfrastruktur. D.h. viele private und vor allem gewerbliche Kunden wählen ein Fahrzeug mit niedrigerer Reichweite, wenn für ihre jeweiligen Fahrprofile entsprechend ausreichende private und/oder öffentliche Ladeinfrastruktur vorhanden ist.

- Die „Ladeinfrastruktur und Ladedauer“ ist entsprechend ein weiterer relevanter Einflussfaktor, der in einem interdependenten Zusammenhang mit der Reichweite der Fahrzeuge steht. Die Verfügbarkeit bzw. Dichte von privaten und/oder öffentlichen Ladestationen sowie die Ladedauer sind kundenrelevante Faktoren, die die Einsatzmöglichkeiten von E-Autos stark determinieren. Danach besitzt prinzipiell das private Laden die höchste Attraktivität, während das Laden im öffentlichen Raum mit normaler Anschlussleistung am unattraktivsten ist. Im Mittleren Szenario wird von einem moderaten Ausbau von privaten und öffentlichen Ladestationen ausgegangen. Danach werden neben dem moderaten Ausbau von privaten Lademöglichkeiten (Wallbox) für das Jahr 2030 rund 250.000 (halb-)öffentliche Ladepunkte und rund 25.000 Schnellladepunkte für den Fernverkehr angenommen. Nutzer wünschen sich öffentliche Ladeinfrastruktur an Standorten, an denen sie oft parken (Arbeit, Einkauf und Freizeit) und während kurzer Fahrtunterbrechungen. Für den Fernverkehr sind dabei besondere Aspekte der Ladeinfrastruktur zu beachten. So müssen zur Grundversorgung Engpassaspekte bzw. Ladespitzen der Nachfrage mitberücksichtigt werden, wobei vor allem das Wochenende und Ferienverkehre entscheidend sind.
- Der Faktor „Regulierung/Förderung“ wirkt sich ebenfalls erheblich auf den Markthochlauf für E-Fahrzeuge aus. Zum Bereich der politischen Regulierung und Förderung können eine Vielzahl von Instrumenten gezählt werden, darunter Investitionen, Steuern und Abgaben sowie Kauf- und Nutzeranreize. Im vorliegenden Modell werden insbesondere die CO2-Grenzwerte für Fahrzeughersteller in Europa in ihrer Wirkung auf den Markthochlauf analysiert. Im Mittleren Szenario sinken die CO2-Grenzwerte von 95 g/km in 2021 auf 65 g/km in 2030, was einen Durchschnittsverbrauch von Fahrzeugen mit Ottomotor von 2,8 Litern Benzin/100 km entspricht. Dadurch müssten die Hersteller nach der Modellrechnung den Absatz von Elektrofahrzeugen auf 28 Prozent steigern und die CO2-Emissionen von Verbrennern mit einem Anteil von dann 72 Prozent aufgrund von Effizienzverbesserungen auf durchschnittlich 90 g/km senken (entspricht 3,9 Liter Benzin/100 km).

Executive Summary

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Auf Basis der Ausprägungen der dominanten Einflussfaktoren ergeben sich gesamthaft drei Szenarien des Markthochlauf der E-Mobilität für Pkw/LCV und Lkw mit dem Zielmarkt Deutschland:
  - Das **Pro-EV Szenario** geht von eher optimistischen Annahmen für die E-Fahrzeugentwicklung bis zum Jahr 2030 aus. Danach steigen im Jahr 2030 die Pkw-Neuzulassungen von **Elektrofahrzeugen auf 41 Prozent**. Davon sind rund 90 Prozent batterieelektrisch betrieben (BEV) und nur 10 Prozent Plug-in Hybride (PHEV). Entsprechend sinkt der Anteil der Verbrenner an den Neuzulassungen auf nur noch 59 Prozent. Das bedeutet, dass im Jahr 2030 in Deutschland rund 1,3 Mio. Elektrofahrzeuge neu zugelassen werden. Insgesamt sind bis zum Jahr 2030 dann rund 9 Mio. Pkw im Fahrzeugbestand in Deutschland mit elektrischen Antrieb ausgestattet.
  - Das **Contra-EV Szenario** beschreibt eher pessimistische Annahmen zu Entwicklung der E-Mobilität. Danach steigen die Pkw-Neuzulassungen von **E-Fahrzeugen** in Deutschland bis zum Jahr 2030 nur auf **14 Prozent**, während der Anteil von Benzin- und Dieselneuzulassungen rund 86 Prozent beträgt. In absoluten Zahlen werden damit etwa 450.000 Pkw-Neuzulassungen als Elektrofahrzeuge zugelassen. Der Fahrzeugbestand von E-Fahrzeugen würde in 2030 danach auf 3,3 Mio. wachsen.
  - Im **Mittleren EV Szenario** wird von moderaten Verbesserungen der Einflussfaktoren für die E-Mobilität ausgegangen. Danach steigen die Neuzulassungen von **E-Fahrzeugen auf 28 Prozent**, was einen jährlichen Absatz von rund 900.000 Pkw in 2030 ermöglicht. Rund 90 Prozent der E-Fahrzeuge werden dabei rein elektrische BEV sein. Insgesamt werden dann bis zum Jahr 2030 rund 6 Mio. Elektro-Pkw auf deutschen Straßen fahren. Verbrenner machen in 2030 im Mittleren Szenario entsprechend noch gut 70 Prozent der Neuzulassungen im deutschen Pkw-Markt aus. Die Zahlen für leichte und – im geringeren Umfang - mittelschwere Nutzfahrzeuge entwickeln sich im Mittleren Szenario ähnlich aufgrund der technologischen Nähe zum Pkw. Auch Busse im Stadtbetrieb sind zu rund 50 Prozent elektrisch betrieben. Bei schweren LKW sowie Fernreisebussen dominieren dagegen noch immer mit 95 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge Diesel- und Gasantriebe.

Executive Summary

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Die Ergebnisse der Szenarien zeigen, dass sich der Markthochlauf der E-Mobilität in Deutschland je nach den angenommenen Parametern erheblich unterscheidet. Danach liegt das Spektrum der Neuzulassungen von E-Autos in 2030 zwischen 14 Prozent bei pessimistischen Annahmen (Contra-EV Szenario) und 41 Prozent bei eher optimistischen Annahmen (Pro-EV Szenario). Die Folgen für die Automobilindustrie im Allgemeinen und die im Industrieverband Gießerei-Chemie assoziierten Unternehmen im Besonderen sind je nach Szenario erheblich. Im Mittleren Szenario sind bereits folgenschwere negative Auswirkungen auf die Zulieferer zu erwarten, die überwiegend Teile für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor zuliefern.
- Wird angenommen, dass sich die Marktanteile der Szenarien für die E-Fahrzeugentwicklung auch auf die Automobilproduktion am Standort Deutschland übertragen, ergeben sich erhebliche Veränderungen der Produktionsmengen für die Antriebstechnologien. Im Mittleren Szenario ist danach mit einer Steigerung der E-Autoproduktion in Deutschland auf rund 1,7 Mio. im Jahr 2030 zu rechnen. Dies würde einen Rückgang der Produktionsmengen für den Verbrennungsmotor im Vergleich zu heute um mehr als 26 Prozent bedeuten auf dann 4,5 Mio. Fahrzeuge, inkl. PHEV.
- Insgesamt erscheint es für die Zulieferunternehmen ratsam vor dem Hintergrund der Szenarien entsprechende Anpassungs- und Transformationsstrategien vorzubereiten. Bei zwei von drei Szenarien (Pro-EV/Mittleres Szenario) ist mit erheblichen Rückgängen der Marktanteile und des Umsatzvolumens beim Verbrennungsmotor in Deutschland zu rechnen, die zu erheblichen Verwerfungen der Unternehmen führen können. Allerdings wird diese Entwicklung schleichend stattfinden und erst zu Beginn der 2020er Jahre an Dynamik gewinnen.

Executive Summary: Ergänzung der Märkte EU, USA und China (I)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Einige Modellannahmen können in einer globalisierten Automobilindustrie als weltweit gültig vorausgesetzt werden. Dazu zählen der technische Fortschritt der Batterieentwicklung und die Batteriepreisentwicklung (inkl. Rohstoffe). Auch die Funktionalität von E-Autos in Bezug auf Reichweite und Breite des Produktangebots gelten für die Märkte in ähnlicher Weise.
- Unterschiede können hingegen bei dem Ausbau der Infrastruktur – insbesondere Lade- bzw. Schnellladenetz – sowie der Regulierung festgestellt werden. Während in China die Regierung relativ strenge Vorgaben macht und E-Auto-Quoten für die OEM bis hin zu einem Verkaufsstopp für Verbrenner in den nächsten Jahren festschreiben will, ist unter der Trump-Administration in den USA eher mit einer liberalen Wirtschaftspolitik zu rechnen. Dies führt zu unterschiedlichen Marktentwicklungen in den betrachteten Ländern. Da viele Vorgaben, die für Deutschland gelten, auf EU-Ebene beschlossen werden, sind die Unterschiede zwischen diesen beiden Märkten eher gering.
- In der **Europäischen Union** reicht das angenommene Absatzspektrum bei E-Autos für das Jahr 2030 von 3,4 bis 6,2 Mio. Einheiten. Ein optimistisches Szenario geht von niedrigen Batteriepreisen, einer strengen CO2-Gesetzgebung und einem deutlichen Ausbau der Ladeinfrastruktur aus. Im Rahmen des Contra-EV Szenarios setzen sich Plug-In-Hybride in der breiten Masse nicht durch und die Batterietechnologiefortschritte verlaufen langsamer. Preis und geringe Reichweite bleiben ein Problem.
- In den **USA** wird für das Jahr 2030 zwischen 3,6 und 6,7 Mio. E-Fahrzeuge-Verkäufen gerechnet. Im für die E-Autos optimistischen Szenario ergibt sich so ein Marktanteil von 38 Prozent, unterstützt durch ein breites BEV-Angebot auch im Volumensegment und in den bei den Amerikanern so beliebten SUVs und Pick-ups. Das Contra-Szenario unterstellt ein erheblich eingeschränktes EV-Angebot, das sich eher auf kleinere Stadtautos mit geringer dimensionierter Reichweite konzentriert.
- In bevölkerungsreichen, wachstumsstarken und großflächigen **China** hängt vieles an der Regulierung der Regierung. Hohe und zügig eingeführte E-Auto-Quoten bei einem – wenn auch langsamer – wachsenden Gesamtmarkt lassen Absatzzahlen zwischen 10 und 19 Mio. E-Autos für 2030 erwarten. Sofern die Batterieentwicklung positiv verläuft und der Ladestationsausbau weiter so schnell fortschreitet wie bisher, kann der E-Auto-Bestand 2030 auf bis zu 114 Mio. Einheiten anwachsen.

Executive Summary: Ergänzung der Märkte EU, USA und China (II)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Im Rahmen der inhaltlichen Ergänzungen zu den Märkten EU, USA und China wurden die folgenden Seiten dieser Studie hinzugefügt bzw. inhaltlich erweitert (wo möglich wurden auch Angaben für den deutschen Markt aktualisiert):
  - S. 21 – 31: Absatzentwicklung in den Märkten
  - S. 33 – 35: Produktionsentwicklung in den Märkten
  - S. 47 – 48: Ziele/Strategien ausgewählter Hersteller im Bereich der Elektromobilität: westliche OEM
  - S. 52 – 55: Ziele/Strategien ausgewählter Hersteller im Bereich der Elektromobilität: chinesische OEM
  - S. 65/67: Relative Fahrzeugkosten der E-Autos
  - S. 72: Relative Fahrzeugkosten der E-Autos: Kraftstoffkosten in den USA und China
  - S. 84 – 88: Ladeinfrastruktur in der EU, den USA und China
  - S. 93 – 98: Regulierung in Deutschland und der EU (Ergänzungen), den USA und China
  - S. 100 – 105: Überblicksdarstellung der drei Szenarien
  - S. 125 – 136: Die Szenarien für die EU, USA und China

Inhalt

1. Einleitung
2. Methodisches Vorgehen
3. Markt- und Produktionsentwicklungen
4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller
5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität
6. Szenarien zum Markthochlauf der Elektromobilität für das Jahr 2030
7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen

1. Einleitung

- Im Auftrag des Industrieverbandes Gießerei-Chemie e.V. werden die künftigen Entwicklungstrends der Antriebstechnologie, insbesondere der Elektromobilität, bis 2030 in Deutschland untersucht. Der Verband organisiert die führenden Hersteller von Gießereichemikalien in Deutschland. Ein Hauptabsatzmarkt ist die Produktion von Verbrennungsmotoren für die Automobilindustrie. Entsprechend würde eine Veränderung der Antriebstechnologie in Richtung der E-Mobilität erhebliche Auswirkungen auf die künftigen Absatzchancen der im Verband organisierten Unternehmen haben.
- Ziel der Untersuchung ist es die Entwicklung der Antriebstechnologie unter besondere Berücksichtigung der Elektromobilität bis zum Jahr 2030 mit den Zielmärkten Deutschland, Europäische Union, USA und CHina zu analysieren. Dabei sollen die aktuellen Strategien und Produktentscheidungen der Automobilhersteller in Deutschland und ihre Auswirkungen auf die Produktionstrends im Antrieb, insbesondere im Hinblick auf dem Markthochlauf im Bereich der Elektrofahrzeuge beschrieben werden. Eine Marktabschätzung soll sowohl für Personenkraftwagen (Pkw) sowie für Leichte Nutzfahrzeuge (LCV) und Schwere Nutzfahrzeuge (Lkw, nur Deutschland) vorgenommen werden.
- Die Analyse der Antriebstrends soll mittels verschiedener Szenarien erfolgen, die die mögliche Zukunft auf Basis von transparenten Annahmen plausibel abbildet.

Inhalt

1. Einleitung
2. Methodisches Vorgehen
3. Markt- und Produktionsentwicklungen
4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller
5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität
6. Szenarien zum Markthochlauf der Elektromobilität für das Jahr 2030
7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen

2. Methodisches Vorgehen (1)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Die Ziele der Studie sollen auf Basis einer Szenarioanalyse erreicht werden. Diese wird durch eine solide Darstellung des Ist-Zustandes der maßgeblichen Akteure (OEM) und der relevanten Einflussfaktoren für die Entwicklung der Elektromobilität ergänzt. Die Szenarioanalyse stellt ein geeignetes Instrument zur Beschreibung möglicher Entwicklungen dar. Ziel einer solchen Analyse ist es, thematische Zukunftsbilder zu erstellen. Mittels Szenarien werden denkbare alternative Entwicklungspfade unter bestimmten Rahmenbedingungen ermittelt. Dabei werden nicht nur Zukunftsbilder an sich, sondern auch Wege und treibende Kräfte, die zu diesen Zukunftsbildern führen, beschrieben. Entsprechend bilden verschiedene Faktoren, deren Ausprägung einen Einfluss auf die Entwicklung der Szenarien haben, die Grundlage für die zu erstellende Szenarioanalyse.
- Die Gesamtstudie inklusive der Szenarioanalyse stützt sich auf die vorhandene Wissensbasis des CAM bestehend aus internen Quellen, wie die CAM-Innovationsdatenbank, sowie zahlreicher aktueller externer Studien zum Thema und wird erweitert durch regelmäßige Befragungen und Hintergrundgespräche mit den relevanten Akteuren der Branche.
- Das geplante methodische Vorgehen ist mehrstufig angelegt, wobei die aktuellen Trends und Entwicklungen auf der politisch-rechtlichen Ebene, der technologischen Ebene und der Produktstrategien der Hersteller aufgenommen werden.
- In Kapitel 3 erfolgt zunächst eine Ist-Analyse mit den Markt- und Produktionsentwicklungen mit Blick auf die Antriebstechnologien von Pkw/LCV sowie von LKW (nur Deutschland). Dies erfolgt differenziert nach den wesentlichen Antriebskonzepten, insbesondere des Verbrennungsmotors (kurz „ICE“, also Internal Combustion Engine: Benzin, Diesel) und Elektroantrieben. Hierunter werden im Rahmen der Studie reine Elektrofahrzeuge (kurz „BEV“, also Battery Electric Vehicles) und Plug-in Hybride (kurz „PHEV“, also Plug-in Hybrid EV) gezählt. Die Ist-Analyse wird die Kernmärkte USA, China und Europa (EU) sowie Deutschland durchgeführt.

2. Methodisches Vorgehen (2)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- In Kapitel 4 werden dann die aktuellen Produktpläne und Antriebsstrategien der relevanten Automobilhersteller im Hinblick auf die E-Mobilität aufgearbeitet. Hierbei werden neben den großen globalen Automobilherstellern insbesondere auch die deutschen OEM in den Mittelpunkt gerückt. Zur Erfassung der OEM-Strategien dienen Informationen aus der CAM-Innovationsdatenbank, Ankündigungen der OEM und einschlägige Studien.
- Im Kapitel 5 werden die für die Zukunftsszenarien relevanten Einflussfaktoren der Elektromobilität in Deutschland, der EU, USA und CHina mittels eines heuristischen Modells erarbeitet. Hierbei werden auf Basis einschlägiger Literatur und Forschungsergebnissen die relevanten Treiber und Parameter identifiziert, die die Entwicklung des Markthochlaufs der E-Fahrzeuge für den Zeithorizont bis zum Jahr 2030 beeinflussen.
- In Kapitel 6 stehen die verschiedene Szenarien zu den Markttrends der Elektromobilität für Pkw sowie LCV im Mittelpunkt. Dabei wird im zu erarbeitenden Markthochlaufmodell davon ausgegangen, dass private/gewerbliche Käufer/Nutzer eine begrenzt ökonomisch rationale Auswahl bestimmter Antriebsarten bei Kraftfahrzeugen in Abhängigkeit der Gesamtnutzungskosten (TCO – total cost of ownership) und erwarteter künftiger Rahmenbedingungen treffen. Dabei gehen in die Auswahlentscheidungen nicht nur die funktionalen Erwartungen von E-Fahrzeugen ein (z.B. Reichweite), sondern auch die Verfügbarkeit und Kosten der Infrastruktur. In der notwendigerweise vereinfachten Modellierung wird davon ausgegangen, dass die Autokäufer bzw. Nutzer eine optimale Entscheidung zwischen Antriebsarten unter Berücksichtigung der für sie relevanten Parameter und Kosten treffen. Auf Basis dieser optimierten Auswahl wird die Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge errechnet. Es werden drei Szenarien entwickelt, denen jeweils unterschiedliche Annahmen zugrunde gelegt werden:

    1. Optimistisches Pro-EV Szenario (eher optimistische Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität)
    2. Pessimistisches Contra-EV Szenario, (eher pessimistische Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität)
    3. Mittleres EV Szenario (mittlere Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität)

2. Methodisches Vorgehen (3)

- Im Kapitel 7 werden schließlich die Szenarien bzw. die Ergebnisse des EV-Markthochlaufs vor dem Hintergrund der globalen Entwicklung eingeordnet und gesamthaft bewertet. Gleichfalls werden erste Schlussfolgerungen für den Industrieverband Gießerei-Chemie gezogen.

1. Einleitung

2. Methodisches Vorgehen

3. Markt- und Produktionsentwicklungen

3.1 Absatztrends in Kernmärkten

3.1.1 Absatztrends und Elektromobilität in Kernmärkten im Vergleich

3.1.2 Marktentwicklungen nach Antriebstechnologien in Deutschland

3.1.3 Marktentwicklungen nach Antriebstechnologien in der EU, USA und China

3.2 Produktionstrends in Kernmärkten

3.2.1 Produktionstrends und Elektromobilität in Kernmärkten im Vergleich

3.2.2 Produktionstrends nach Antriebstechnologien in Deutschland

3.2.3 Produktionstrends nach Antriebstechnologien in der EU, USA und China

3.3 LKW/Nutzfahrzeuge: Markttrends in Deutschland und der EU

3.4 Zwischenfazit

4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller

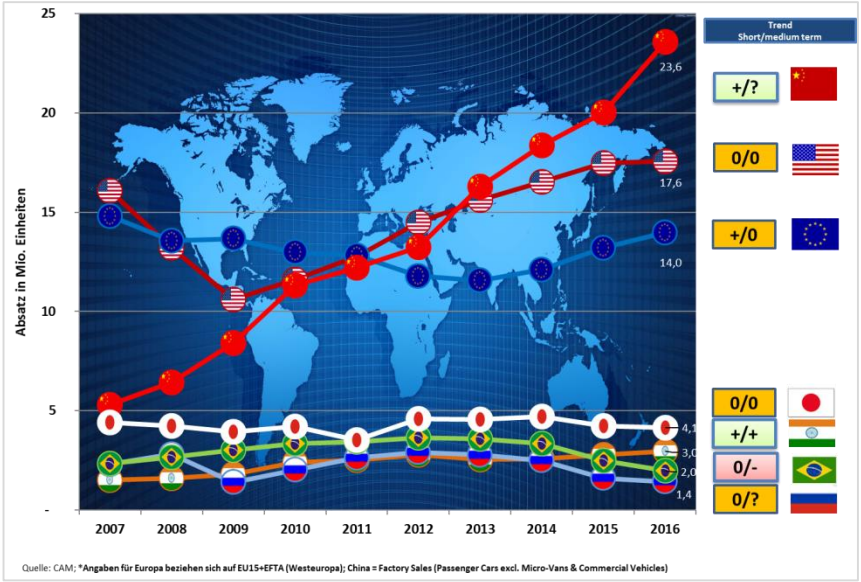
5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität

6. Szenarien des Markthochlaufs der Elektromobilität

7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen

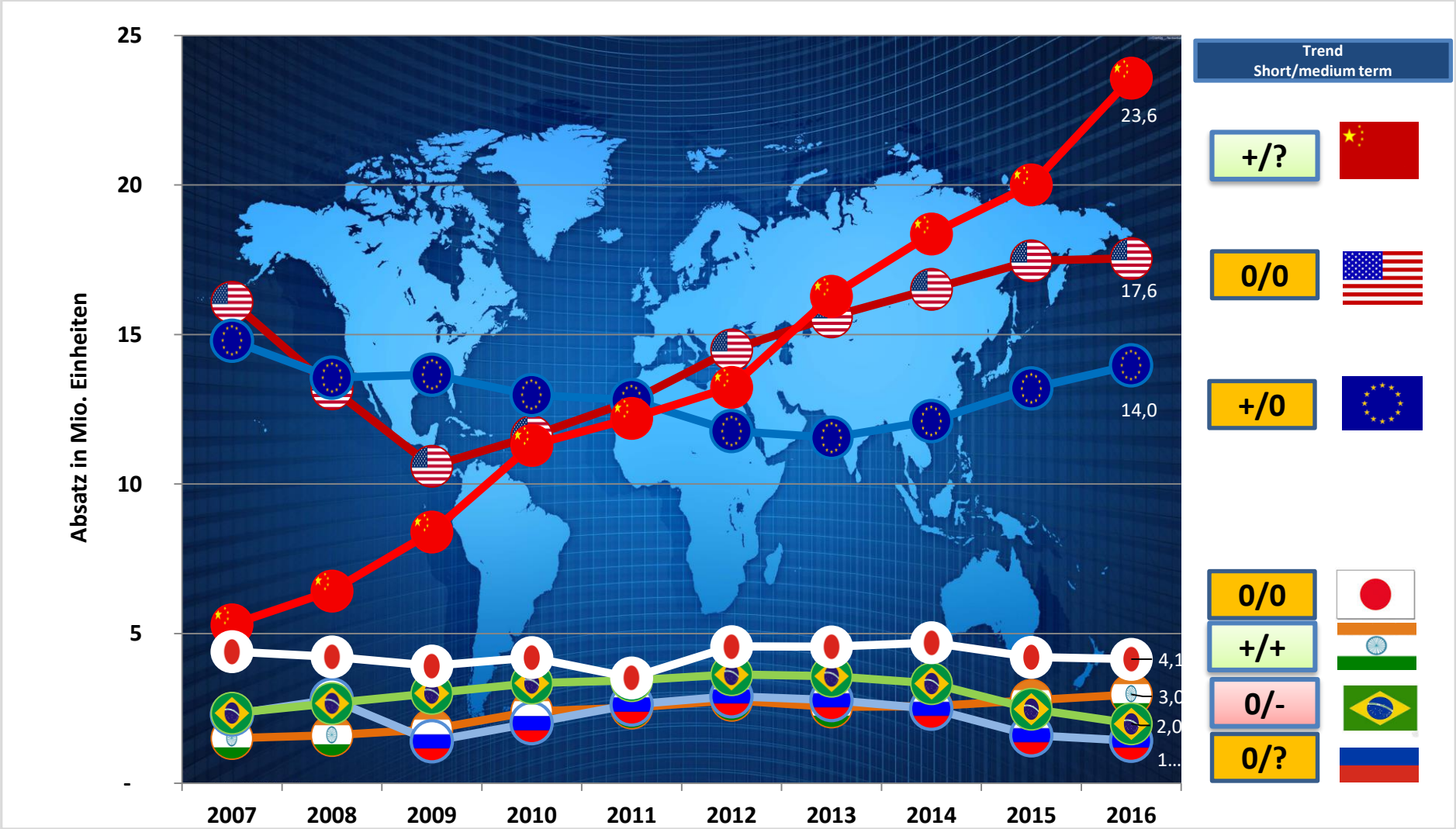
- Im Folgenden werden die Markt- und Produktionsentwicklungen im Zeitraum 2010-2016 in Deutschland sowie in den wichtigen Kernregionen USA, EU und China dargestellt. Dabei wird differenziert nach konventionellen und alternativen Antriebstechnologien. Die Markt- und Produktionsdaten basieren auf unterschiedlichen statistischen Quellen (z.B. Verkehrsbehörden) sowie verschiedenen Datenbanken (PwC Autofacts).
- Die mit Abstand wichtigsten globalen Fahrzeugmärkte sind China, den USA und der (West-)Europa. Sie sind für die Strategien der globalen Automobilhersteller auch künftig maßgebend.
- Während mittelfristig in den saturierten Regionen USA und Europa mit eher stagnierenden Markttrends zu rechnen ist, birgt China bis 2030 weiteres Pkw-Wachstumspotenzial bedingt durch vergleichsweise niedrige Motorisierungsraten bei zu erwartenden steigendem Wohlstand der Bevölkerung. Entsprechend spielt China auch für die Antriebsstrategien der Zukunft eine hervorgehobene Rolle.

Abbildung 1: Globaler Pkw-Absatz in Kernmärkten
(Detaillierte Darstellung: siehe Folgeseite)



- In den automobilen Hoffnungsmärkte Brasilien und Russland sind in den letzten Jahren aus unterschiedlichen Gründen die Absatzzahlen stark gesunken. Die Marktaussichten sind kurz- und mittelfristig eher zurückhaltend einzuschätzen.
- In Indien zeigen sich positive Absatztendenzen und bringen den Markt mit 3 Mio. Pkw auf ein hohes Niveau. Langfristig birgt Indien erhebliches Zukunftspotential aufgrund sehr niedriger Motorisierungsraten bei hoher Bevölkerungszahl.

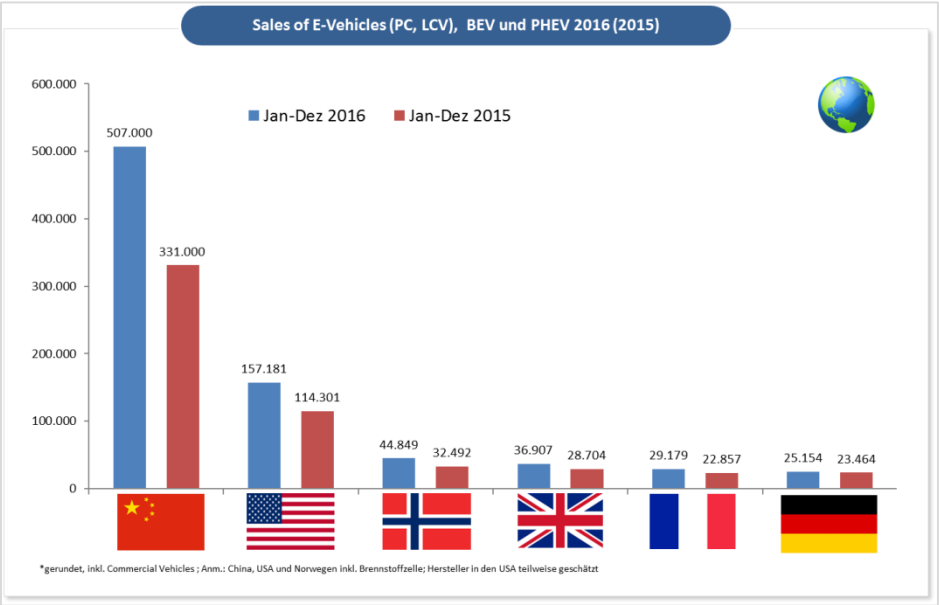
Abbildung 1: Globaler Pkw-Absatz in Kernmärkten (2007 – 2016)



Quelle: CAM; ***Angaben für Europa beziehen sich auf EU15+EFTA (Westeuropa); China = Factory Sales (Passenger Cars excl. Micro-Vans & Commercial Vehicles)**

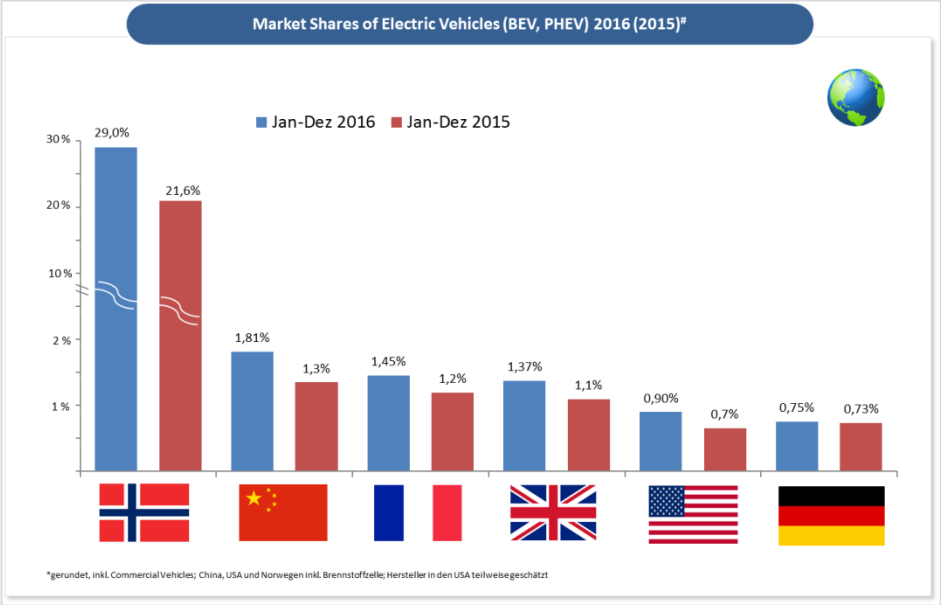
- In China steigt der E-Autoanteil 2016 im Vergleich zum Vorjahr von 1,3 auf 1,8 Prozent, während dieser in den USA nur leicht auf 0,9 Prozent gestiegen ist. Der Anteil BEV liegt in China dabei bei rund 80 Prozent, während PHEV lediglich 20 Prozent betragen. Dagegen liegt in den USA die Verteilung BEV zu PHEV aktuell bei jeweils rund 50 Prozent.
- **Insgesamt ist die Wachstumsdynamik der Elektromobilität im globalen Vergleich mit Ausnahme weniger Länder noch vergleichsweise niedrig.**

Abbildung 2: E-Fahrzeugverkäufe in verschiedenen Ländern 2015/16



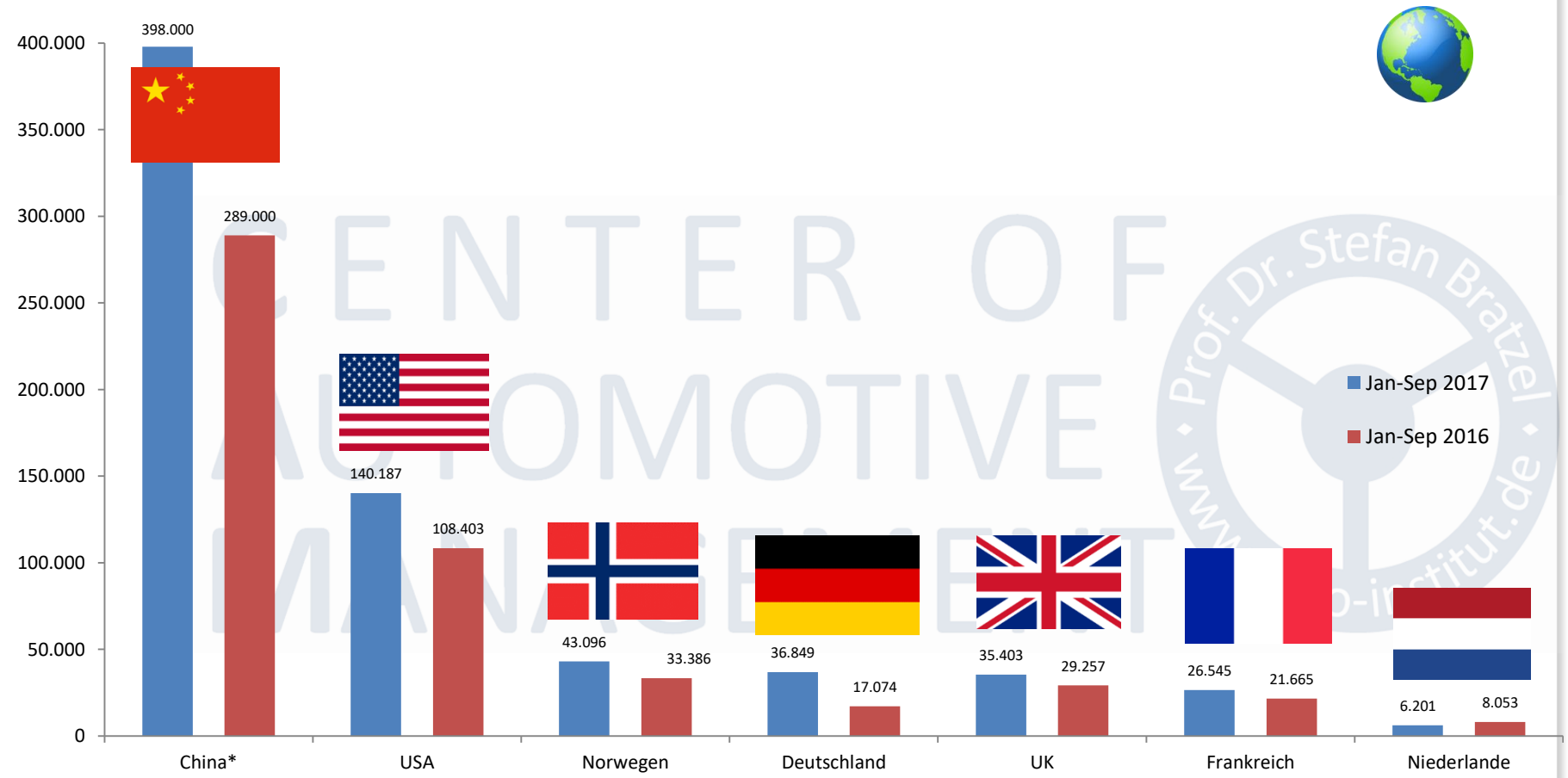
Quelle: CAM

Abbildung 3: Marktanteile von E-Fahrzeugen in verschiedenen Ländern 2015/16



Quelle: CAM

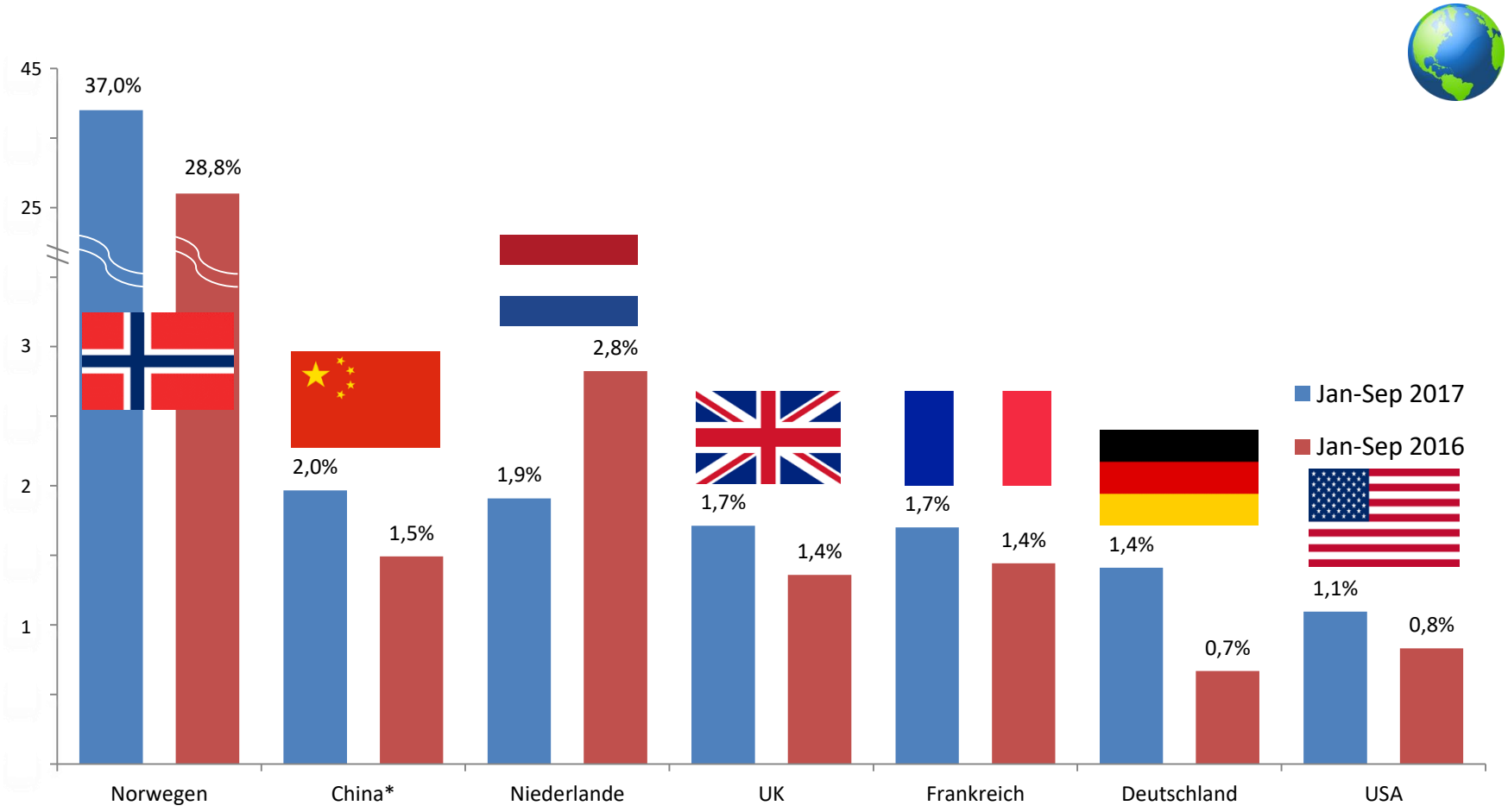
*Abbildung 4: E-Fahrzeugverkäufe (PC, LCV), BEV und PHEV **2017-09 YTD** (2016-09 YTD)***



*Gerundet, inkl. Commercial Vehicles. ** China, USA und Norwegen inkl. Brennstoffzelle; Hersteller in den USA teilweise geschätzt.

Quelle: CAM

Abbildung 5: Marktanteil E-Fahrzeuge (BEV, PHEV) ***2017-09 YTD*** *(2016)***

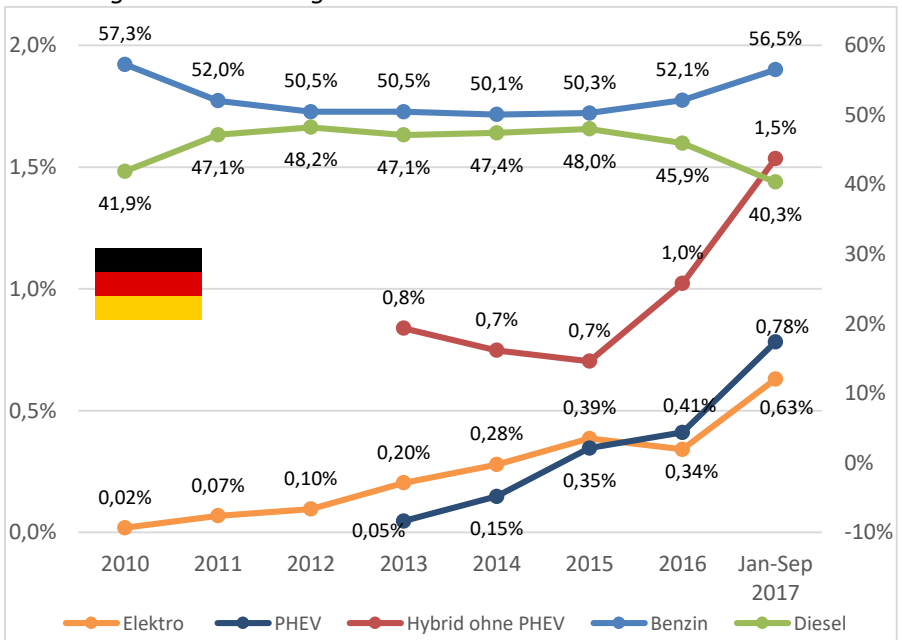


*Gerundet, inkl. Commercial Vehicles. ** China, USA und Norwegen inkl. Brennstoffzelle; Hersteller in den USA teilweise geschätzt.

Quelle: CAM

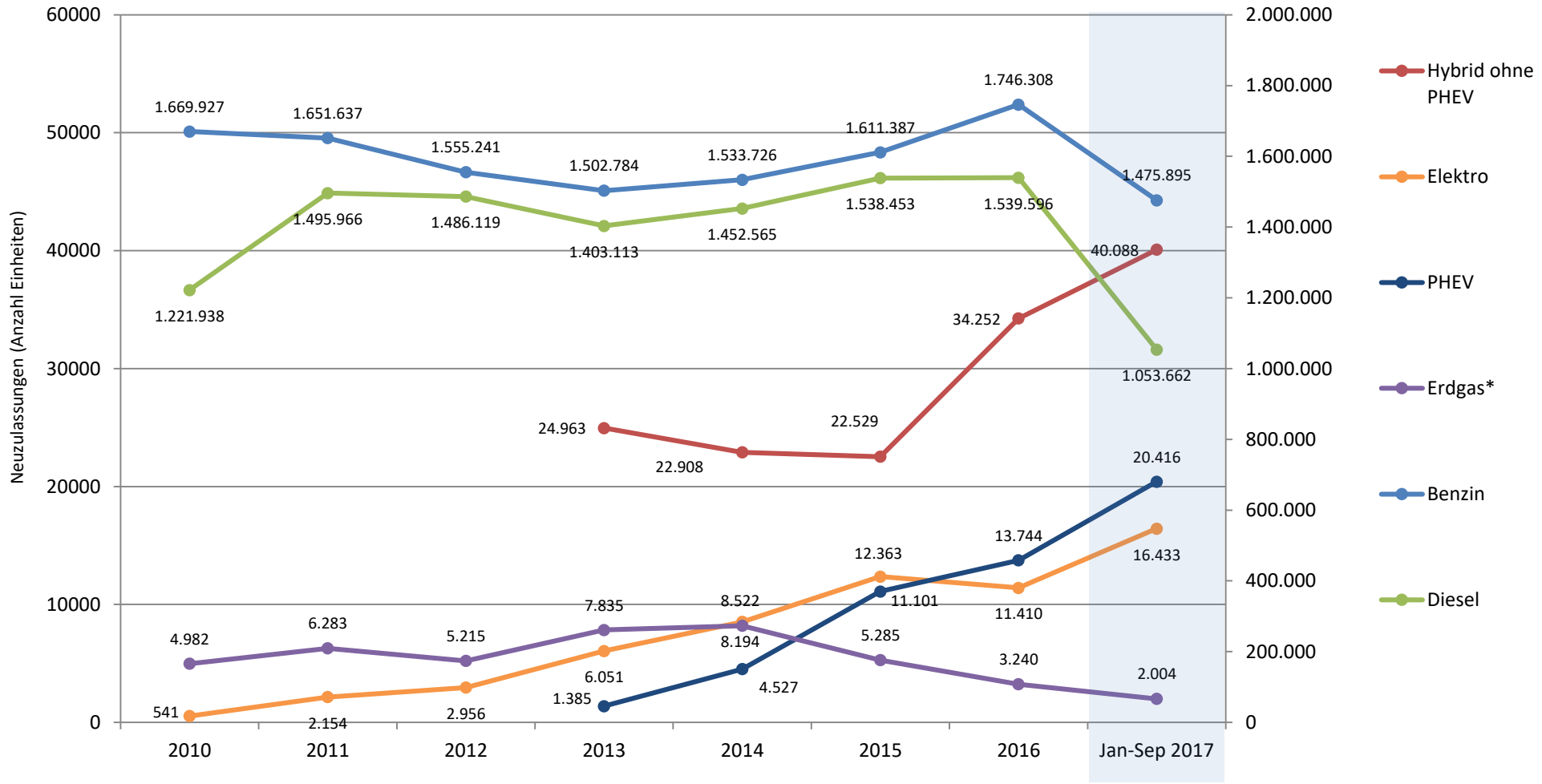
- In Deutschland sind die Absatzvolumina von benzinbetriebenen Fahrzeugen bedingt durch Marktwachstum und Marktanteilsgewinne auf 1,75 Mio. Pkw in 2016 gestiegen (vgl. Abb. 6 & 7). Diesel-Neuzulassungen sind in den letzten Jahren ebenfalls auf einen Höchststand von 1,54 Mio. angestiegen, wobei das Volumen im letzten Jahr trotz Zuwächsen des Gesamtmarktes stagnierte. Während der Marktanteil des Benziners seit kurzem wieder ansteigt auf jetzt 56,5 Prozent (Stand bis 2017Q3), sinkt umgekehrt der Diesel-Marktanteil an den Neuzulassungen im Vergleich zu 2015 deutlich von 48,0 auf 40,3 Prozent. Im Gesamtjahr 2016 lag der Anteil noch bei ca. 46 Prozent.
- Bei den alternativen Antrieben wächst in 2016 der (Voll-)Hybrid (HEV, ohne Plugins, PHEV) deutlich auf 34.000 Neuzulassungen, während die PHEV leicht zulegen können auf 13.700 Einheiten. Reine Elektrofahrzeuge (BEV) sinken leicht auf 11.400 Fahrzeuge.
- Im Jahr 2017 (bis Q3) erleben die alternativen Antriebe eine deutliche Steigerung ihrer Marktanteile. Hybride steigen von 1,0 auf 1,5 Prozent, Plug-Ins von 0,4 auf 0,8 Prozent, rein elektrische Fahrzeuge von 0,34 auf 0,63 Prozent.
- Insgesamt sind die Neuzulassungen bei Elektrofahrzeugen (BEV, PHEV) in Deutschland mit rund 37.000 Einheiten bis zum 3. Quartal 2017und einem Marktanteil von derzeit 1,4 Prozent auch im internationalen Vergleich noch auf niedrigen Niveau. Das Nachfragewachstum in absoluten Zahlen ist bislang noch als gering zu bezeichnen.

Abbildung 6: Neuzulassungen alternativer und konventioneller Antriebe



A01b Quelle: CAM, KBA; Anmerkungen: Benzin/Diesel = 2. Y-Achse

Abbildung 7: Neuzulassungen alternativer und konventioneller Antriebe 2010 – 2017Q3



A01a Quelle: CAM, KBA. Anmerkungen: Benzin/Diesel = 2. Y-Achse. * Einschließlich bivalent.

- Eine besondere Bedeutung für die Entwicklung der alternativen Antriebstechnologien haben die Diesel- Neuzulassungen in Deutschland und der EU. Aufgrund des 15-20 Prozent niedrigeren Verbrauchs und damit der CO2-Emissionen der Dieselmotoren im Vergleich zum Benzinern spielen diese für die Erreichung der CO2-Flottengrenzwerte der Automobilhersteller von 95 g CO2/km im Jahr 2021 eine eminent wichtige Rolle. Dies gilt gerade auch für die deutschen Premiumhersteller BMW, Mercedes und Audi mit weit überdurchschnittlichen Dieselanteilen.
- In Deutschland gehen 2016 die Dieselanteile an den Neuzulassungen zurück, insbesondere seit August. Im September 2017 liegt er nur noch bei 36 Prozent. Insbesondere die politische Diskussion um Diesel-Fahrverbote in Städten hat zu einer Verunsicherung und Kaufzurückhaltung bei privaten Interessenten geführt.
- Auch in anderen EU-Ländern, wie z.B. Frankreich, ging der Dieselanteil in den letzten Jahren stark zurück.
- Führt ein rückläufiger Dieselanteil zu höheren Neuzulassungen bei Benzinmotoren erhöht sich aus CO2-Sicht für die Hersteller der Druck zum Verkauf CO2-sparsamen Elektrofahrzeugen. Mittelfristig könnte die Einhaltung der CO2-Flottengrenzwerte von 2021 und darüber hinaus durch einen höheren Anteil der Elektromobilität erreicht werden.

Abbildung 8: Dieselanteil bei Neuzulassungen in Deutschland

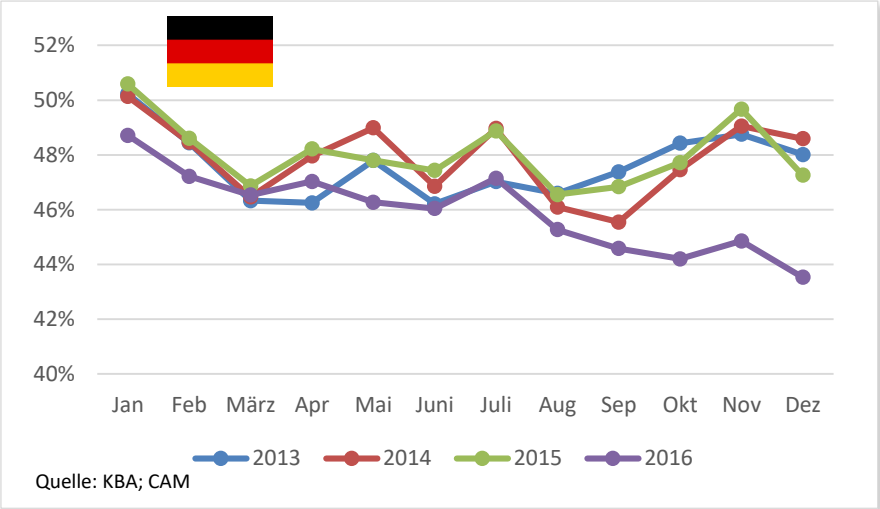
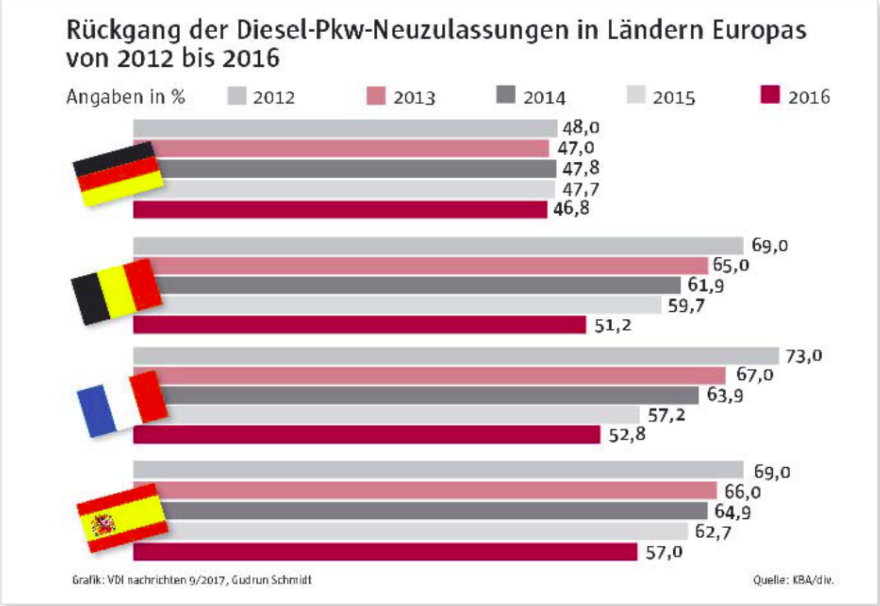
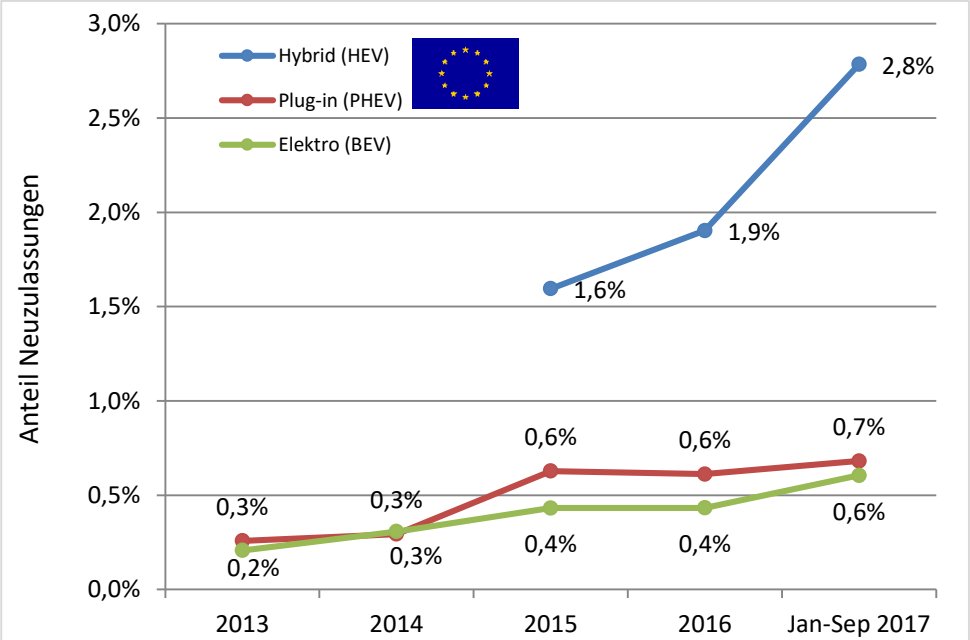


Abbildung 9: Rückgang des Dieselanteils in verschiedenen Ländern



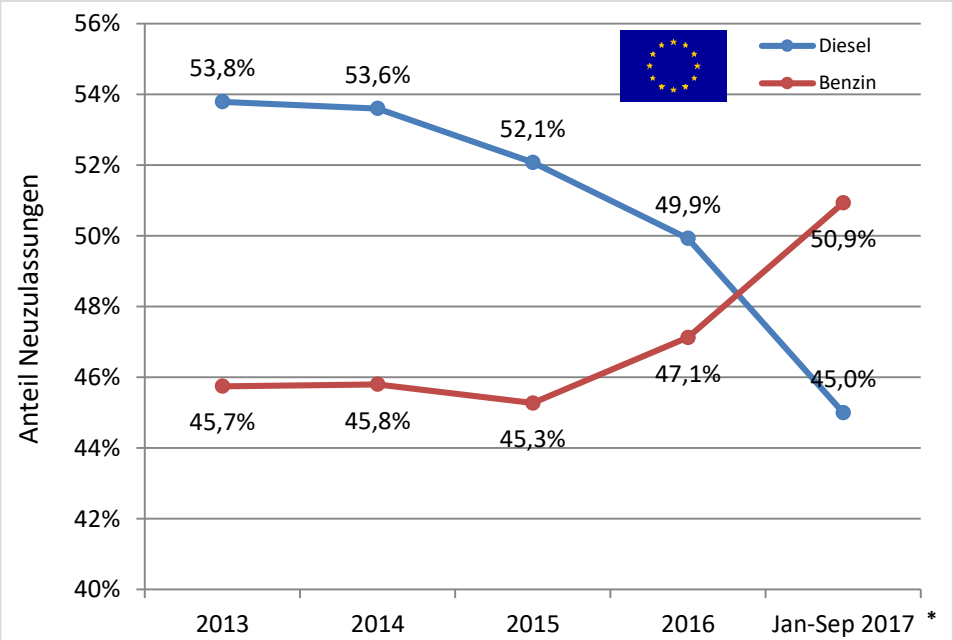
- In der Europäischen Union machen auch im Jahr 2017 (erstes bis drittes Quartal) die konventionellen Antriebe immer noch 95% der Neuzulassungen aus. Dabei verschiebt sich allerdings derzeit der Mix zwischen Diesel- und Benzinmotoren. Aufgrund der Diskussion bzw. bereits in einigen Ländern beschlossenen Fahrverbote für Dieselmotoren sinkt ihr Anteil aktuell deutlich auf 45%, währen die Ottomotoren erstmals seit vielen Jahren auf knapp 51% zulegen.
- Ähnlich der USA liegen in der EU unter den alternativen Antrieben ebenfalls die Hybride vorn. Ihr Anteil steigt aktuell deutlich von 1,9 auf 2,8 %. Währen der Anteil der PHEVs stagniert, steigen die BEVs deutlich an. Ihr Anteil legt von 0,4 auf derzeit 0,6 % zu. Bereits bis September 2017 wurden mit knapp 80.000 Einheiten mehr rein elektrische Fahrzeuge zugelassen als im gesamten Jahr 2016.

Abbildung 10: Neuzulassungen PKW (Light Vehicles) alternativer Antriebe



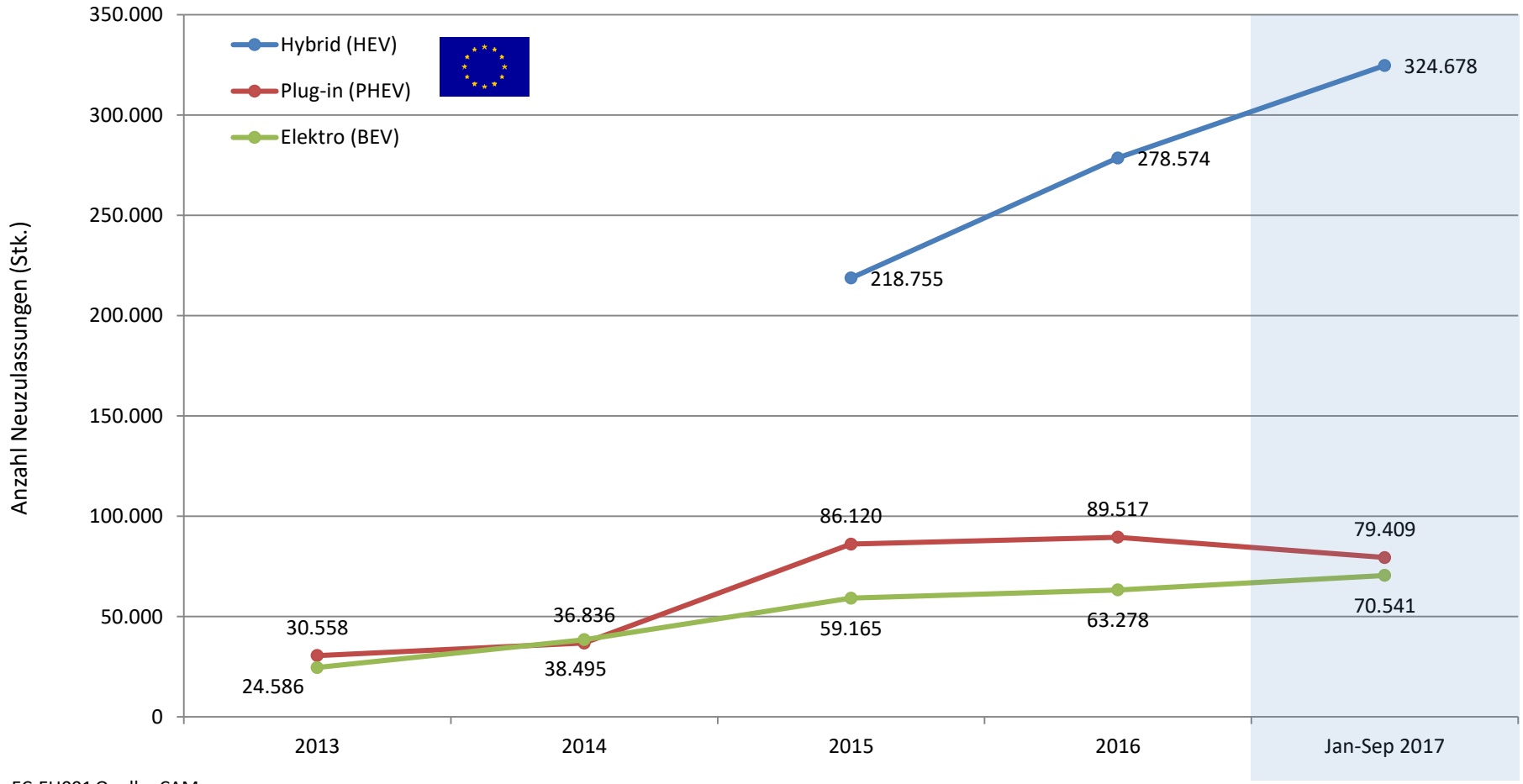
EC-EU002 Quelle: CAM.

Abbildung 11: Neuzulassungen PKW (Light Vehicles) konventioneller Antriebe



EC-EU003 Quelle: CAM. * Schätzung auf Basis 1. HJ 2017.

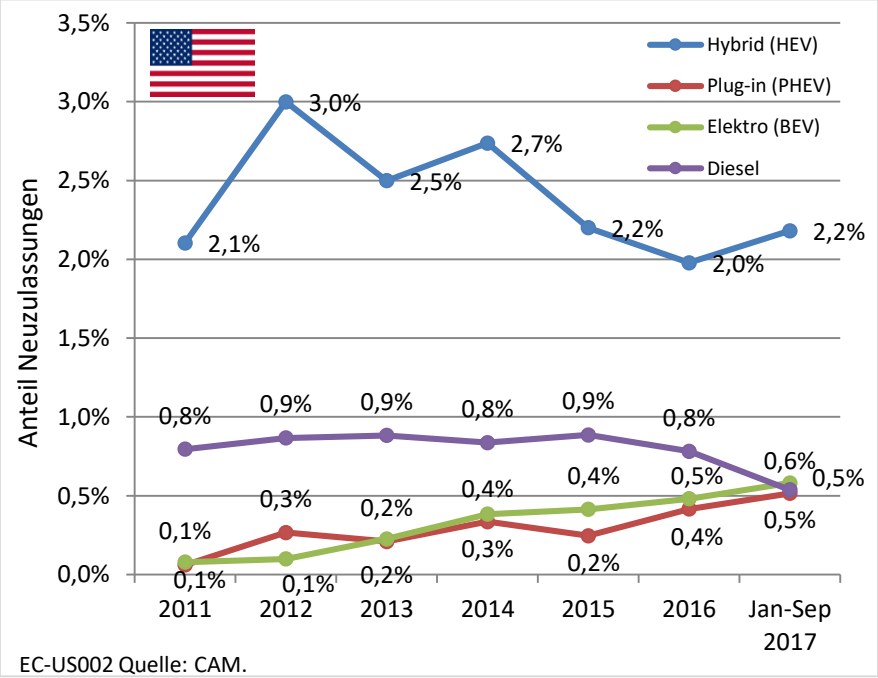
Abbildung 12: Neuzulassungen PKW (Light Vehicles) alternativer Antriebe 2013 – 2017 (Q1-3)



EC-EU001 Quelle: CAM.

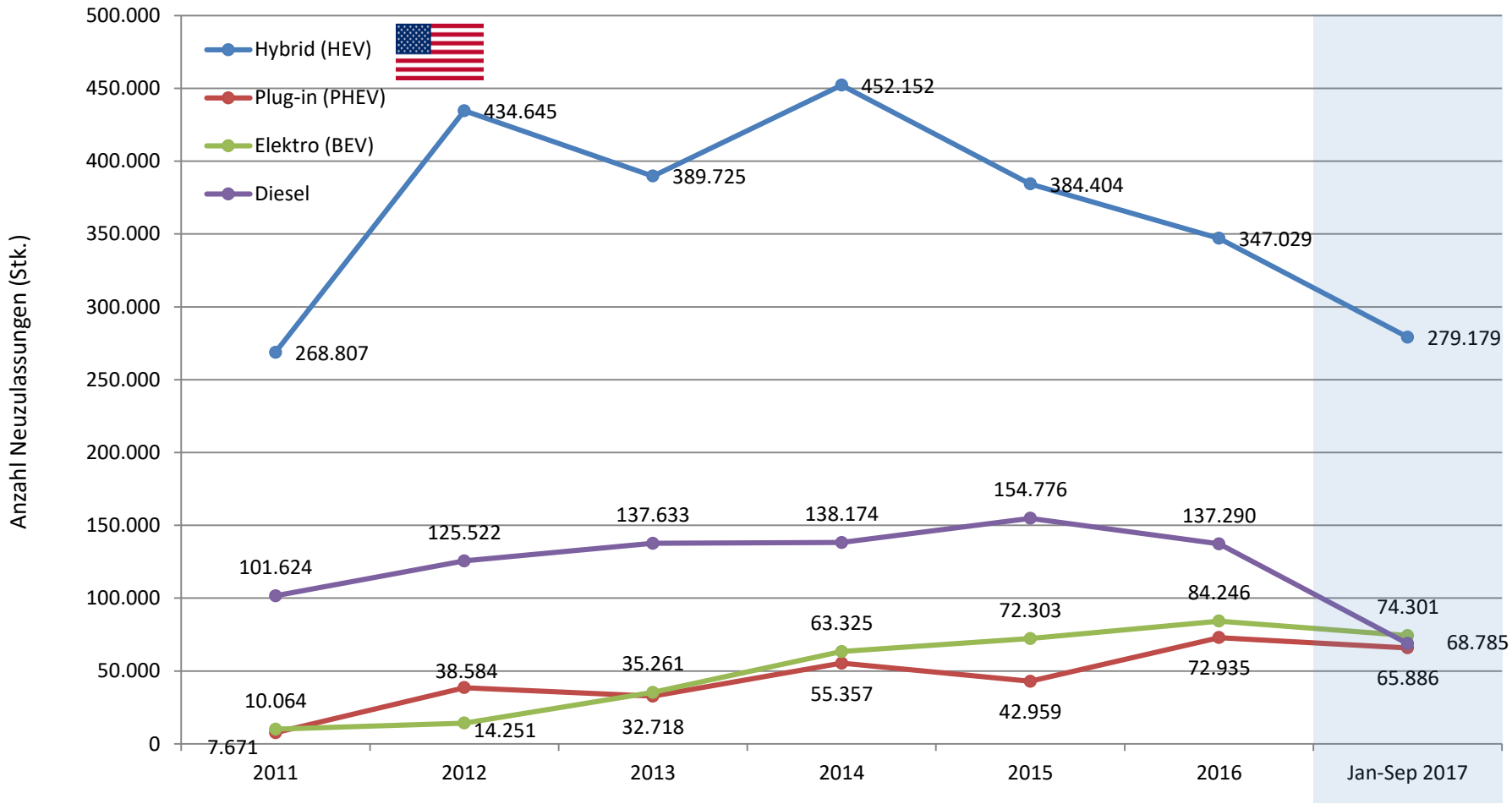
- In den USA spielen nach dem Skandal um manipulierte Emissionswerte von Diesel-Fahrzeugen die PKW (inkl. leichte Nutzfahrzeuge, insb. Pick-up-Trucks) mit dieser Antriebsart eine immer geringerer Rolle. So ist ihr Anteil im Jahr 2017 (1. bis einschließlich 3. Quartal) bei fallender Tendenz auf nur noch 0,5 % gesunken.
- Unter den alternativen Antrieben spielen die Hybride (Voll- und Mild-Hybridantriebe, HEV) in den USA schon seit vielen Jahren die größte Rolle. Ihr Anteil schwankt zwischen zwei und drei Prozent und ist zuletzt nach einem mehrjährigen Rückgang wieder leicht auf 2,2 % gestiegen.
- Bei den höher elektrifizierten Antrieben mit einer nennenswerten rein elektrischen Reichweite – also den Plug-In-Hybriden (PHEV) und den rein elektrischen Fahrzeugen (BEV) – ist seit 2011 eine klar positive Tendenz erkennbar, wenn auch auf niedrigem Niveau. Seit 2013 haben die BEVs sogar die PHEVs überrundet, was angesichts des Flächenlandes USA eine durchaus überraschende Entwicklung darstellt.
- Im Jahr 2011 noch bei ca. 7.000 bzw. 10.000 Neuzulassungen gestartet konnten die BEVs und PHEVs ihre Anzahl auf aktuell 74.000 bzw. 66.000 Einheiten erhöhen im letzten Gesamtjahr 2016 betrug ihr Anteil 0,5 % bzw. 0,4 %, was 83.000 bzw. 74.000 Einheiten entspricht (vgl. Abbildung 6 und 7).

Abbildung 13: Neuzulassungen PKW (Light Vehicles) alternativer und konventioneller Antriebe



EC-US002 Quelle: CAM.

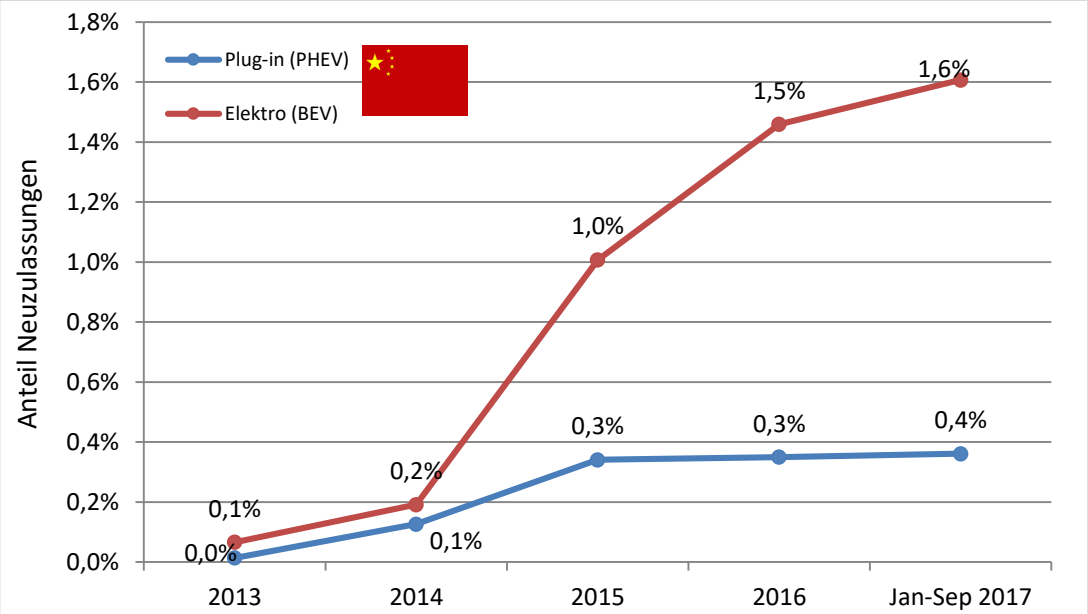
Abbildung 14: Neuzulassungen PKW (Light Vehicles) alternativer Antriebe 2011 – 2017 (Q1-3)



EC-US001 Quelle: CAM.

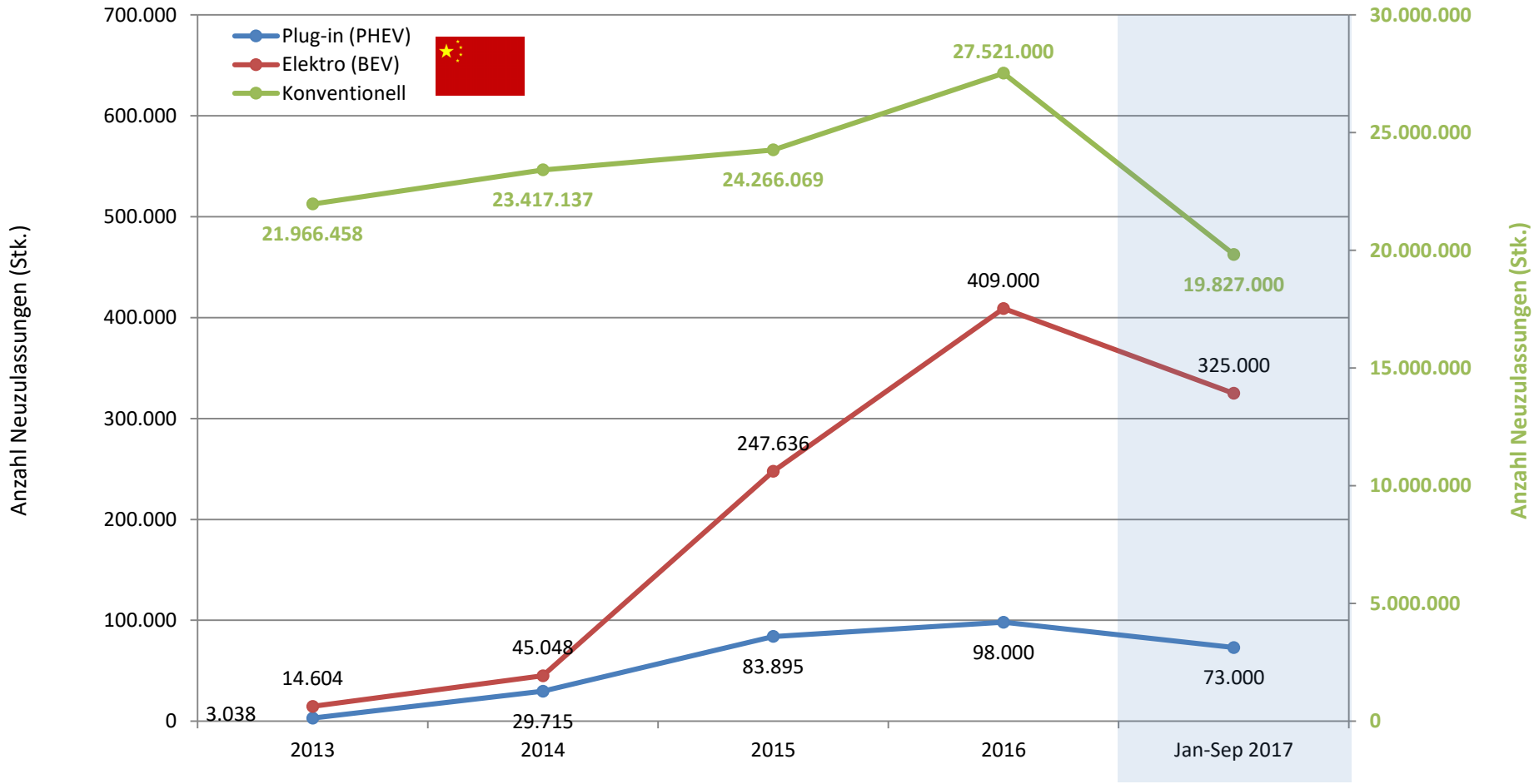
- Der Auto-Markt in China hat viele Jahre sehr starken Wachstums hinter sich, der bis heute andauert. Im Jahr 2016 wurden mehr als 27 Millionen Einheiten verkauft und bereits in den ersten drei Quartalen 2017 sind es fast 20 Millionen. Dabei handelt es sich unter den konventionellen Antrieben fast ausschließlich um Benzinmotoren.
- Bei den alternativen Antrieben teilen sich im Wesentlichen die Plug-In-Hybride und die rein elektrischen Fahrzeuge (BEV) den Markt. Das stärkste Wachstum ist hier unter den BEVs zu verzeichnen. Noch im Jahr 2013 wurden nur etwa 14.000 BEVS und 3.000 PHEVs neu zugelassen, der Marktanteil betrug maximal 0,1 Prozent. Im letzten vollen Jahr 2016 waren es bereits gut 400.000 reine E-Fahrzeuge und knapp 100.000 Plug-Ins. Bereits in den ersten drei Quartalen des Jahres 2017 kommen die BEVs auf 325.000 Einheiten, so dass im Gesamtjahr 2017 mit mehr als 400.000 Neuzulassungen zu rechnen ist. Damit ist China der mit Abstand wichtigste Markt weltweit für Elektrofahrzeuge.
- Mittlerweile bleiben die Plug-In-Antriebe deutlich dahinter zurück. Sie kommen bis dato auf 73.000 Neuzulassungen, im Gesamtjahr könnten es 100.000 werden.
- Betrachtet man nur die Passenger Cars, so ist die Anzahl der BEVs von ca. 150.000 in 2015 auf mehr als 250.000 in 2016 gestiegen. Bei den Plug-Ins beträgt das Wachstum ca. 30% auf fast 80.000 Einheiten im Jahr 2016.

Abbildung 15: Anteil der Neuzulassungen von Passenger Cars & Commercial Vehicles alternativer Antriebe 2013 – 2017 (Q1-3)



EC-CH002 Quelle: CAM.

Abbildung 16: Neuzulassungen Passenger Cars & Commercial Vehicles alternativer und konventioneller Antriebe 2013 – 2017 (Q1-3)



EC-CH001 Quelle: CAM.

- Die globale Produktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen unter 6 Tonnen (LCV) ist seit dem Jahr 2000 von 56 Mio. auf 91,6 Mio. (2016) angestiegen. Damit war die Automobilindustrie, global betrachtet, in diesem Zeitraum eine ausgesprochenen Wachstumsbranche.
- Allerdings fand das Wachstum nicht in den Triaderegionen EU, USA und Japan statt, deren Produktion insgesamt stagnierte.
- Das Wachstum um rund 35 Mio. Einheiten im Vergleich zum Jahr 2000 geht zu großen Teilen auf die Anstieg der Produktion in China zurück (+ 24 Mio.) sowie weiteren Ländern wie Indien, Südkorea und Mexiko.
- Bis 2020 wird mit einem weiteren Anstieg der weltweiten Produktion auf rund 108.000 Pkw/LCV gerechnet. Das CAM rechnet danach mit einer sich abflachenden Wachstumskurve auf 112 Mio. im Jahr 2025 und 116 Mio. im Jahr 2030. Ausschlaggebend sind hierfür Sättigungstendenzen in der Triade sowie in wichtigen Märkten wie China, die zunehmende Stärke von Mobilitätsdienstleistungen bzw. Fahrdiensten und sich verschärfende regulatorische Rahmenbedingungen für den motorisierten Individualverkehr (MIV) in Städten.

Abbildung 17: Automobilproduktion nach Regionen

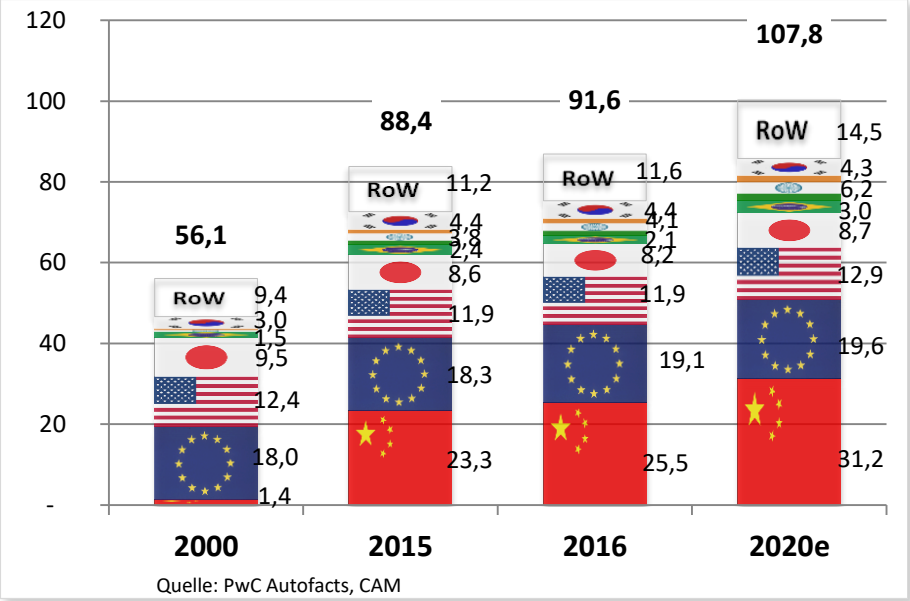
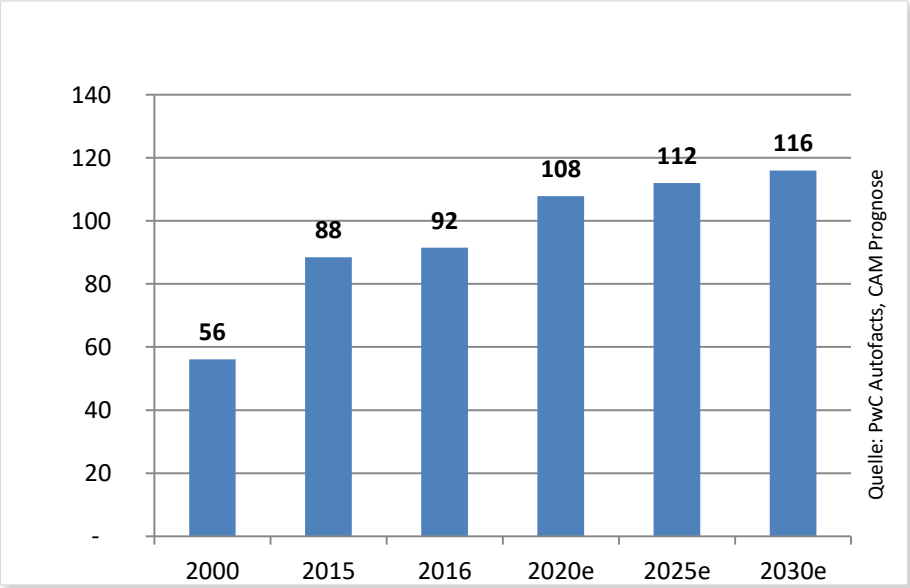
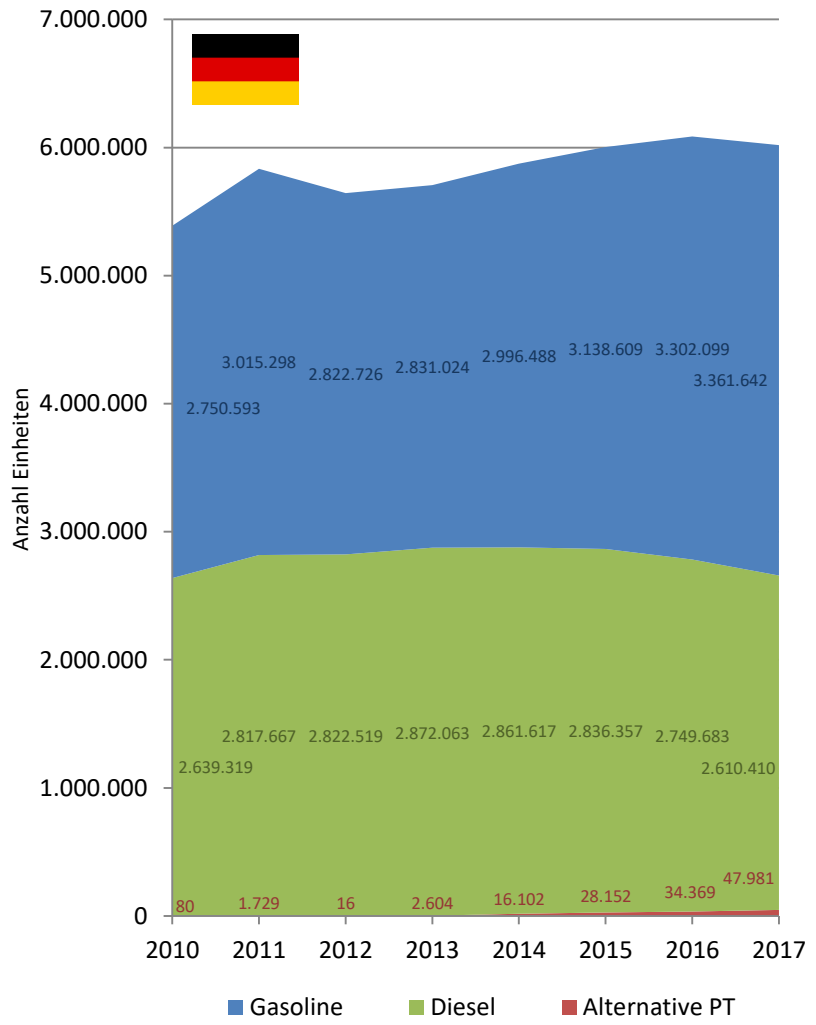


Abbildung 18: Globale Produktionsprognose bis 2030 (in Mio. Stück)



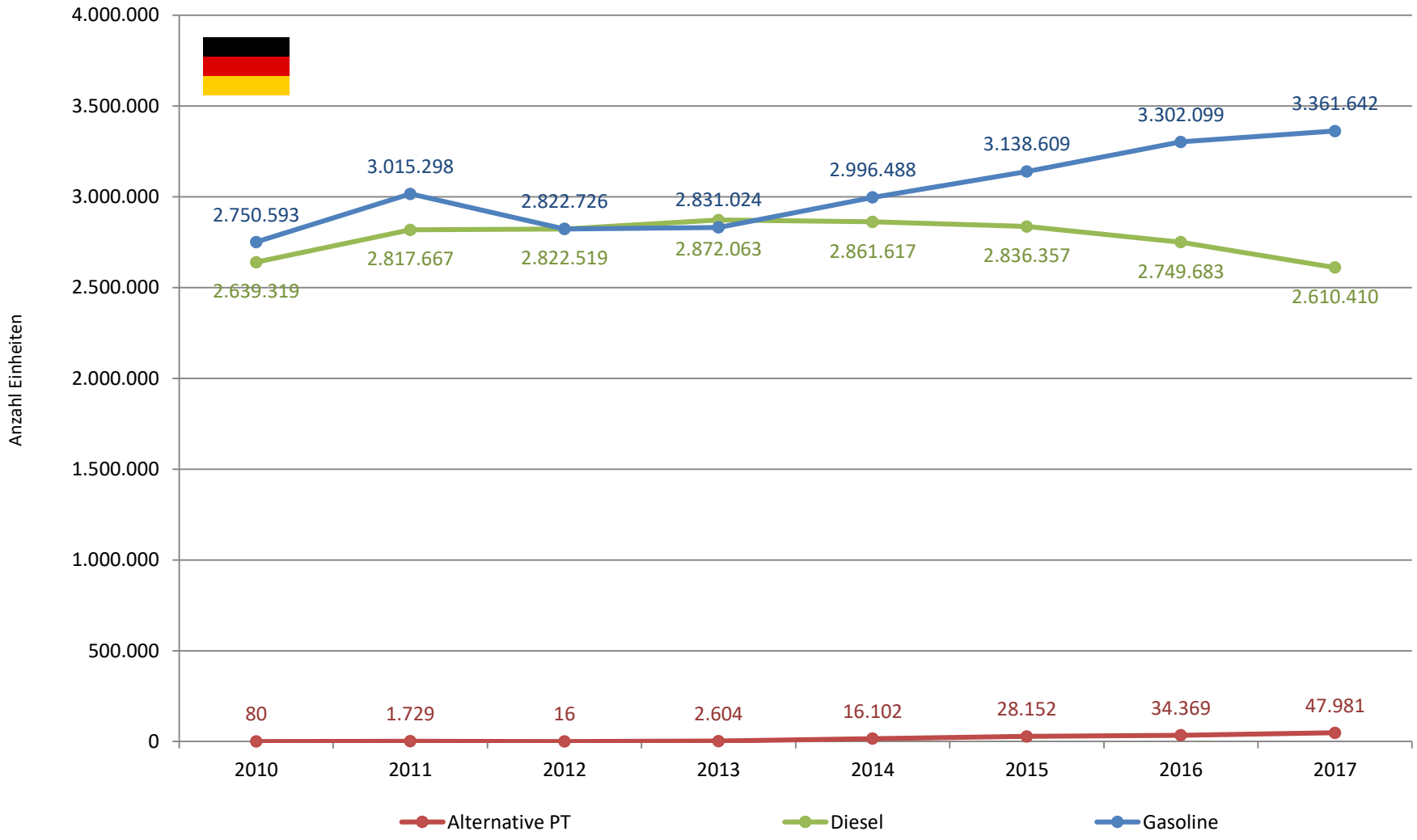
- In Deutschland konnte die Automobilproduktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen unter 6 Tonnen (LCV) zwischen dem Jahr 2010 und 2017 von 5,4 Mio. auf 6,02 Mio. (2017, teilw. Schätzung) gesteigert werden. Dies entspricht einem jährlich Zuwachs von ca. 1,6 Prozent.
- Die Produktion von Fahrzeugen mit Benzin-betriebenen Motoren steigt in diesem Zeitraum von 2,75 auf 3,36 Mio. Einheiten.
- Diesel-betriebene Fahrzeuge dagegen sinken leicht von 2,64 auf 2,61 Mio. Stück, wobei die Produktion ihren Höchststand im Jahr 2013 mit 2,87 Mio. Einheiten erreichte. Auch im letzten Jahr (2016) waren es noch 2,75 Mio. Stück.
- Alternative Antriebe (Alternative PT, Powertrain) spielen bei der Produktion nur eine untergeordnete Rolle. Erst seit 2014 sind 5-stellige Produktionszahlen erkennbar, die sich bis zum Jahr 2017 auf ca. 48.000 Einheiten steigern werden.
- Entsprechend sind die Produktionsanteile derzeit zu 55,8% Benzin, zu 43,4 Prozent Diesel und zu 0,8 Prozent Elektro- bzw. Alternativantriebe.

Abbildung 19: Pkw Produktion in Deutschland nach Antriebsart (Detaillierte Darstellung: siehe Folgeseite)



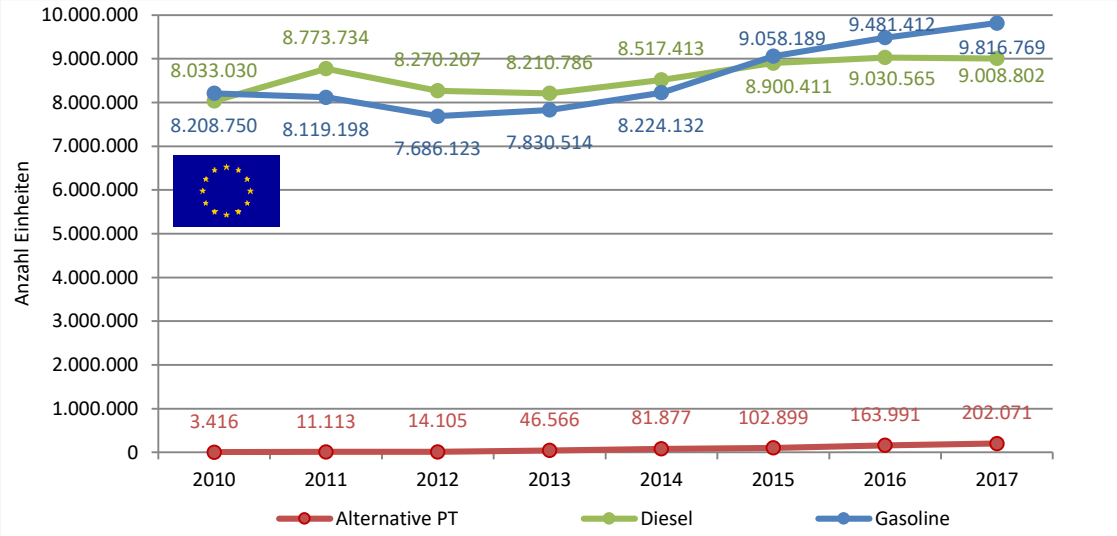
AF001 Quelle: PwC Autofacts, CAM. Anm.: 2017 teilw. geschätzt.

Abbildung 20: Produktion nach Antriebsart in Deutschland



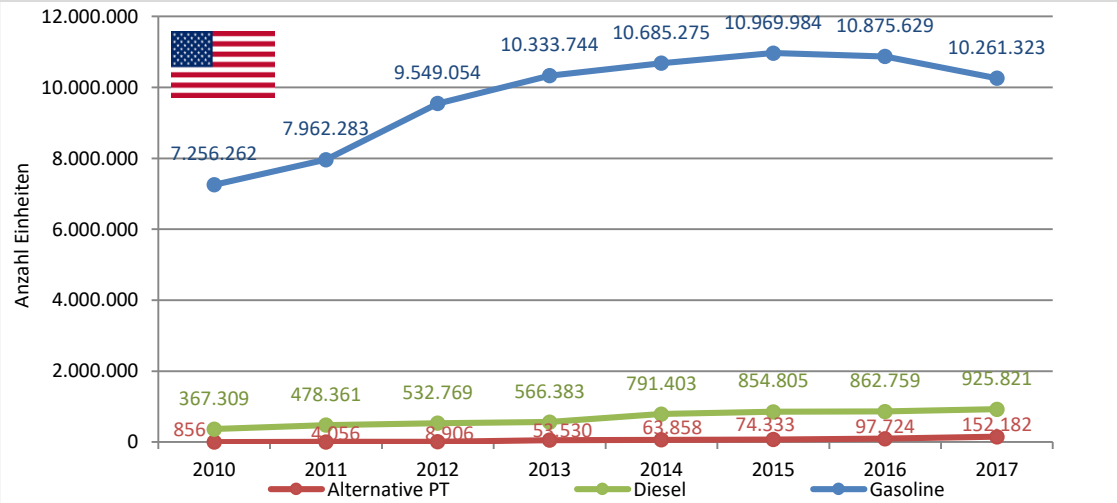
AF002 Quelle: PwC Autofacts, CAM. Anm.: 2017 teilw. geschätzt.

Abbildung 21: Pkw/LCV Produktion nach Antriebsart in der EU



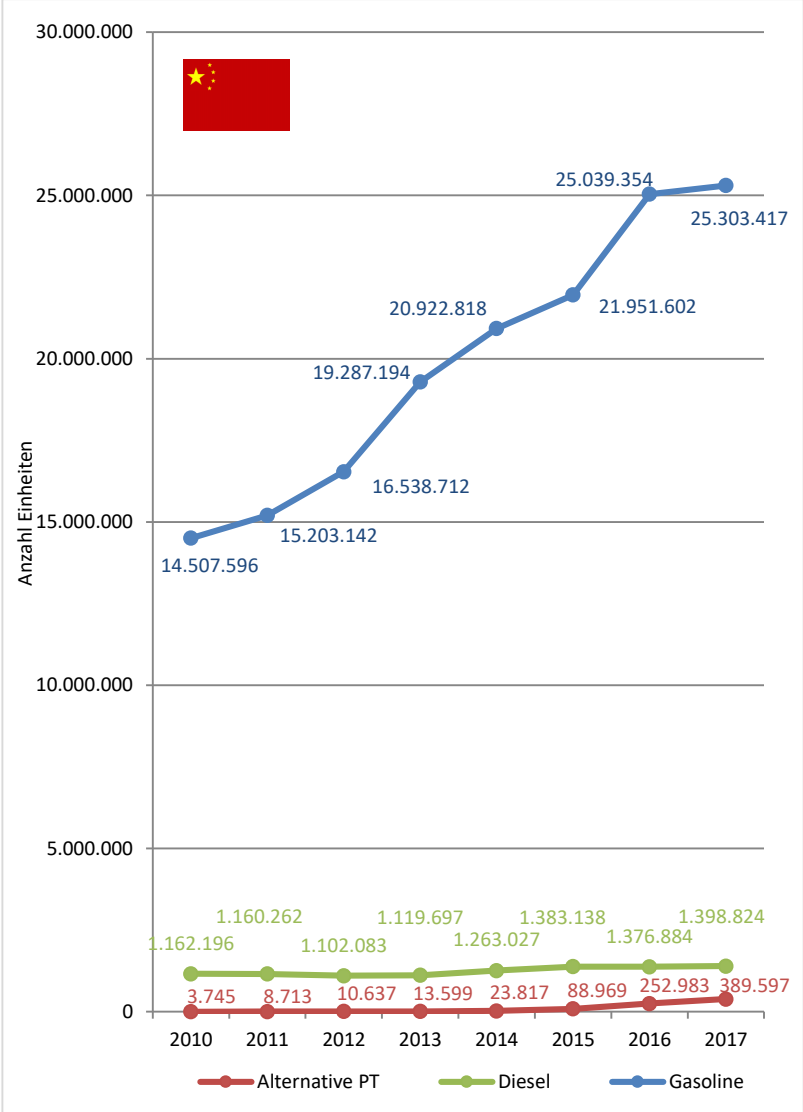
AF003 Quelle: PwC Autofacts, CAM. Anm.: 2017 teilw. geschätzt.

Abbildung 22: Produktion nach Antriebsart in den USA



AF005 Quelle: PwC Autofacts, CAM. Anm.: 2017 teilw. geschätzt.

Abbildung 23: Produktion nach Antriebsart in China



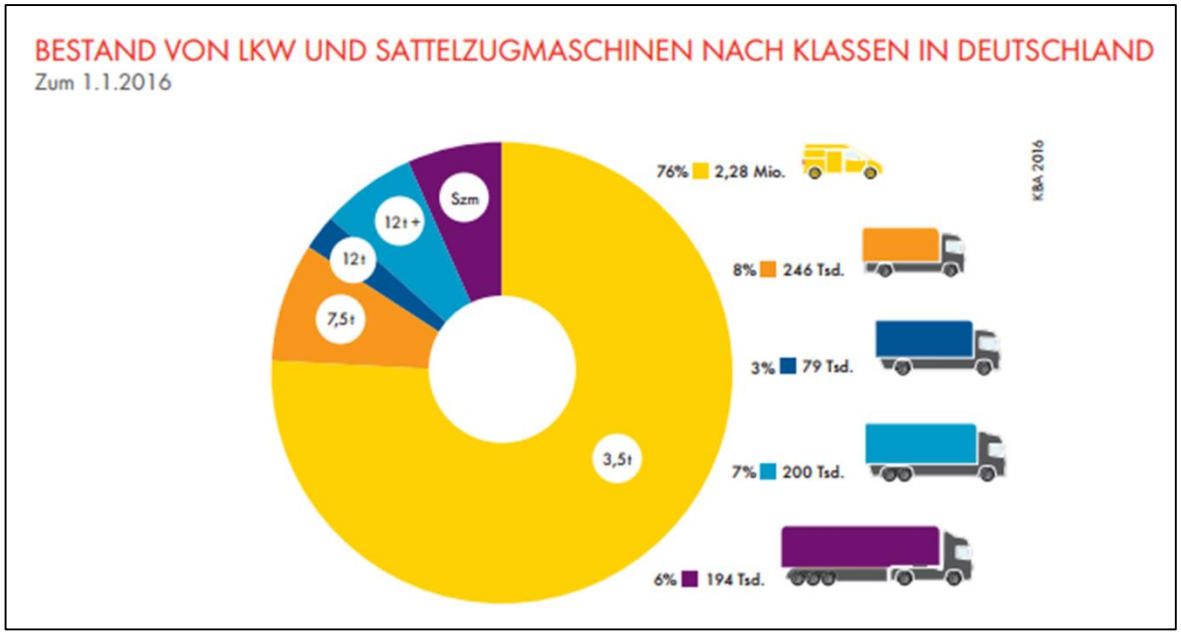
AF004 Quelle: PwC Autofacts, CAM. Anm.: 2017 teilw. geschätzt.

- In Deutschland waren zum 1.1.2016 etwa 3 Mio. LKW im Bestand zugelassen, davon entfielen:
  - 76% N1 (= Light Commercial Vehicles, LCV)
  - 3% N2a (= Medium Commercial Vehicles, MCV bis 12 t)
  - 8% N2b (= Medium Commercial Vehicles, MCV bis 12 t)
  - 13% N3 (= Heavy Commercial Vehicles, HCV über 12 t)

- Prognosen für den Lkw-Weltmarkt:

Der Weltmarkt für LKW-Neuzulassungen (N1 bis N3) wird bis 2026 sehr moderat auf rund 2,69 Mio. jährlich anwachsen (2016: 2,52 Mio.); entspricht CAGR 0,6% (Shell, S.23).

Abbildung 24: LKW-Bestand in Deutschland

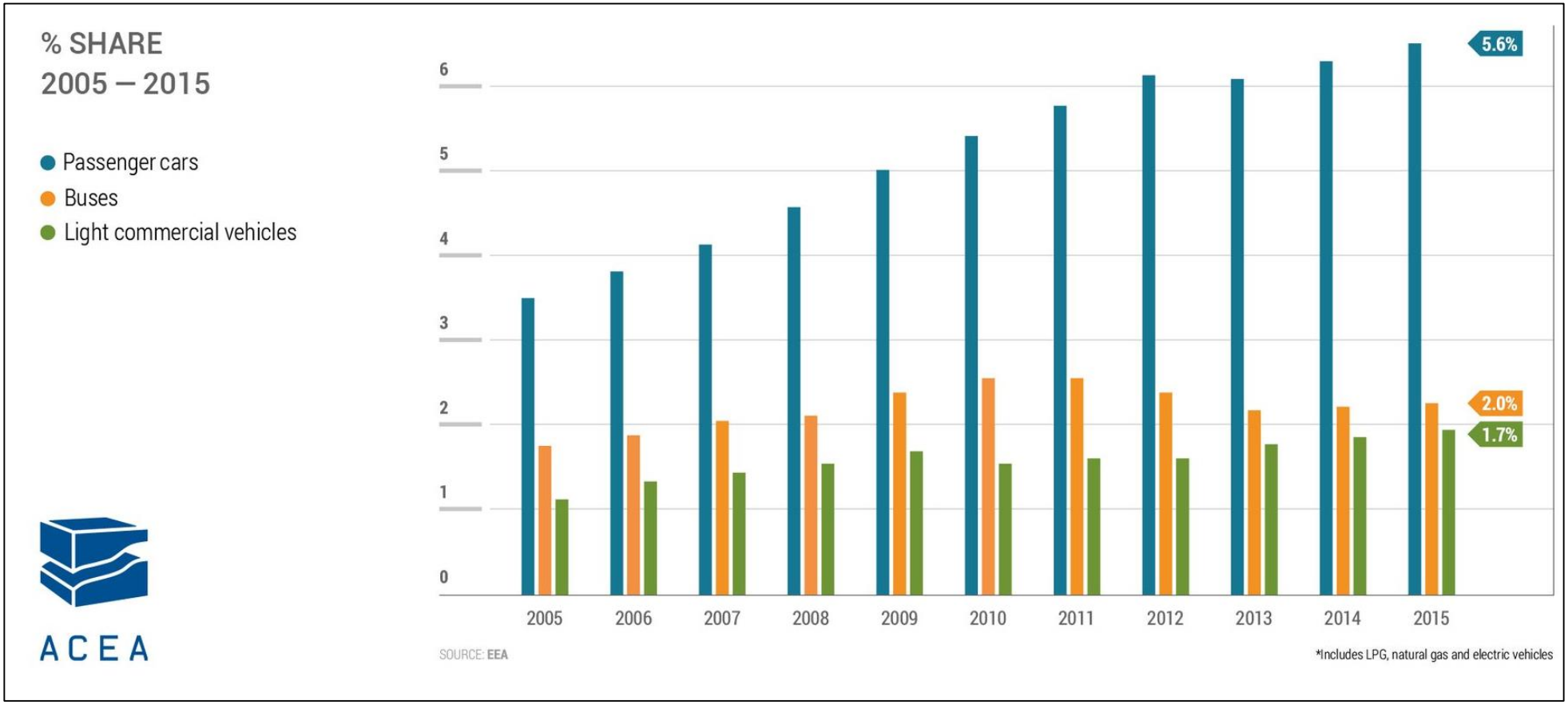


Quelle: Shell NFZ-Studie 2016 / Deloitte Truck Studie 2016

NFZ werden wie folgt kategorisiert: (angelehnt an Shell, S.20f.)

- **N1 = leichte NFZ bis 3,5 t.**
- **N2a = leichte LKW mit über 3,5 bis zu 7,5 t. Gesamtgewicht**
- **N2b = mittelschwere LKW über 7,5 bis 12 t. Gesamtgewicht**
- **N3 = schwere LKW über 12 t. Gesamtgewicht und Sattelzugmaschinen**

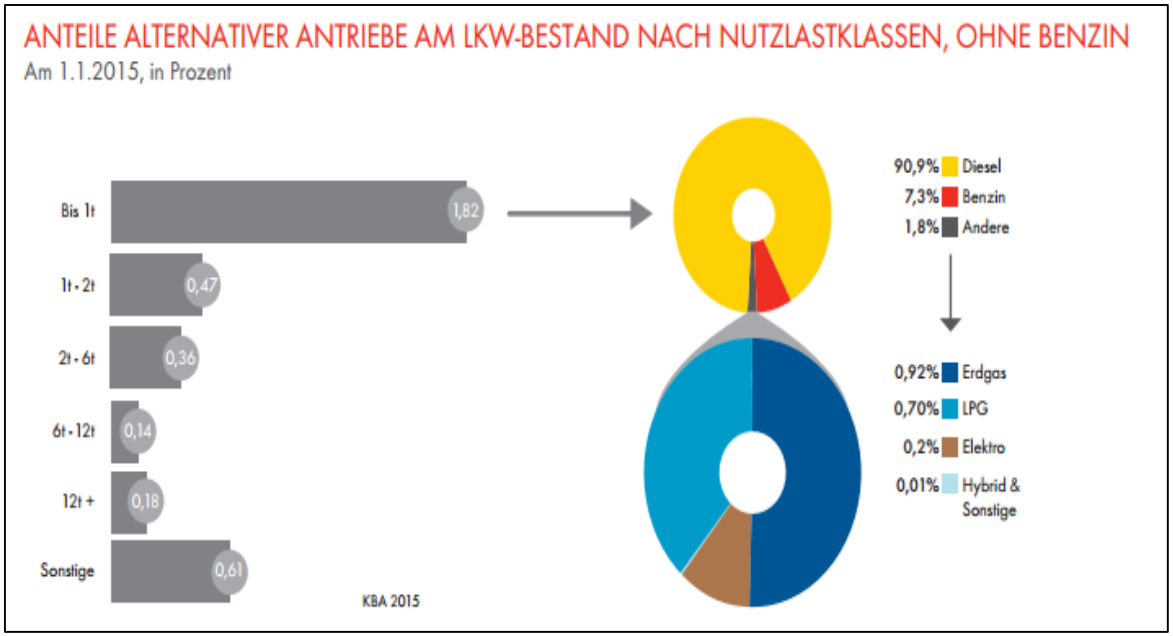
Abbildung 25: Anteil alternativer Antriebe für verschiedene Fahrzeugsegmente in der EU



Quelle: ACEA 2017 (https://pbs.twimg.com/media/DCwp6XSXYAEDq7H.jpg:large)

- 2016 waren im Fahrzeugbestand **lediglich 1,8% der LKW bis 1 t Nutzlast** mit einem alternativen Antrieb ausgestattet. Davon entfielen:
  - 48% Erdgas (LNG / CNG) = 0,92% Gesamtanteil <1 t. Nutzlast
  - 38% Flüssiggas (LPG) = 0,70% Gesamtanteil <1 t. Nutzlast
  - 14% BEV = 0,2 % Gesamtanteil <1 t Nutzlast
  - 1% Hybrid = 0,01% Gesamtanteil <1 t Nutzlast
  - Die Batteriekapazitäten 2016 lagen für LCV im Mittel bei 227 KWh (Prognose 2026: 384 = 70% mehr), für MCV im Mittel bei 321 KWh (Prognose 2026: 411 KWh= 28% mehr)

Abbildung 26: Anteil alternativer Antriebe am LKW-Bestand



Quelle: Shell NFZ Studie 2016, S.27

- Für 2026 wird erwartet, dass 13% der MCV (= N2a und N2b) mit alternativen Antrieben ausgestattet sein werden. Davon entfallen 2/3 auf PHEV (Deloitte 2016).
- Kaufentscheidungen für LKW im Streckengeschäft fallen ausschließlich TCO-basiert; im Unterschied zu PKW spielen emotionale Kaufmotive wie Prestige, Design, Markenverbundenheit oder Vorreiter-Motivationen für EV so gut wie keine Rolle (Ausnahme: innerstädtischer Lieferverkehr).
- 2016 fahren 95% aller Nutzfahrzeuge in Deutschland mit Dieselantrieben (Shell, S.7).

Exkurs: Busse als Verkehrsträger

- Der Busverkehr ist das Rückgrat des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs (ÖSPV) mit rund 80% Beförderungsleistung. Gleichwohl liegt der Anteil des Busverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen in Deutschland lediglich bei 0,5%. Im internationalen Vergleich spielt der Bus als Verkehrsträger damit eine eher untergeordnete Rolle. (DIW 2015, Verkehr in Zahlen 2015/16)
- Der Busverkehr wird in vier Segmente mit jeweils unterschiedlichem Elektrifizierungspotenzial untergliedert: (a) Stadtbusverkehr (E-Potenzial ++); (b) Regionalbusverkehr (E-Potenzial +); (c Gelegenheitsverkehr (E-Potenzial +) und (d) Linienfernverkehr (E-Potenzial - -) der Dieselantrieb wird auch bei Bussen im Fernverkehr bis 2030 >95% der Antriebe stellen). (Shell 2016, S.18)
- Der Busbestand in Deutschland liegt seit Jahren beinahe unverändert bei 75.000 Fahrzeugen, das durchschnittliche Alter beträgt neun Jahre. Im urbanen Bereich (Segment a) wird die sogen. „milde Hybridisierung“ bei den Nebenaggregaten und der Anteil von BEV überproportional bedeutsam wegen der Feinstaubproblematik und Einfahrverbote für Diesel in Städte).
- Eine Betrachtung der genutzten Kraftstoffarten zeigt eine massive Dominanz des Dieselantriebs (Stand 1.1.2015: 97,2%) – alternative Energieträger sind Erdgas (CNG / LNG mit 2,1%) und Hybride sowie BEV mit 0,53% (das entspricht einem Bestand von etwa 4.000 elektrisch angetriebenen Bussen deutschlandweit – und zwar über alle der o.g. vier Segmente)
- Als Fazit: Im NFZ Bereich ist und bleibt der Diesel wirtschaftlich die Referenz und Messlatte für alle anderen Antriebskonzepte. Der Verbreitungsanteil alternativer Antriebe bei Bussen ist mit knapp 3% zwar deutlich höher als bei PKW und LKW; stückzahlmäßig spielt dieser Verkehrsträger mit durchschnittlich 5.500 Neuzulassungen je Jahr deutschlandweit eine sehr nachgeordnete Rolle für den Markthochlauf von Elektrofahrzeugen. (Shell 2016, S.77)

- In Deutschland ist das Volumen aber auch die Wachstumsdynamik der Elektromobilität noch vergleichsweise niedrig. In verschiedenen großen Automobilländern, vor allem in China, ist dagegen das Volumen und der Marktanteil von E-Fahrzeugen bereits signifikant höher. Allerdings nimmt diese - mit Ausnahme von Ländern wie Norwegen - derzeit bei den Antriebstechnologien noch einen Nischenrolle ein.
- In Deutschland gehen im Jahr 2017 die Dieselanteile an der Neuzulassungen zurück. Auch in anderen EU-Ländern, wie z.B. Frankreich, sind die Dieselanteile in den letzten Jahren stark rückläufig. Führt ein rückläufiger Dieselanteil zu höheren Neuzulassungen bei Benzinmotoren erhöht sich aus CO2-Sicht für die Hersteller der Druck zum Verkauf CO2-sparsamen Elektrofahrzeugen.
- In Deutschland konnte die Automobilproduktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen unter 6 Tonnen (LCV) zwischen dem Jahr 2010 und 2016 von 5,4 Mio. auf 6,09 Mio. (2016) gesteigert werden. Alternative Antriebe spielen bei der Produktion mit 0,8 Prozent bislang nur eine untergeordnete Rolle.
- In Deutschland waren zum 1.1.2016 etwa 3 Mio. Lkw im Bestand zugelassen. Davon waren lediglich 1,8 Prozent der Lkw bis 1 t Nutzlast mit einem alternativen Antrieb ausgestattet.
- Der Busbestand in Deutschland liegt seit Jahren beinahe unverändert bei 75.000 Fahrzeugen. Der Verbreitungsanteil alternativer Antriebe bei Bussen ist mit knapp 3% zwar deutlich höher als bei PKW und LKW.

Inhalt

1. Einleitung
2. Methodisches Vorgehen
3. Markt- und Produktionsentwicklungen
4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller
   - 4.1 Entwicklung der bisherigen Innovationsstärke der Elektromobilität im OEM-Vergleich
   - 4.2 Ziele/Strategien ausgewählter Hersteller im Bereich der Elektromobilität
5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität
6. Szenarien des Markthochlaufs der Elektromobilität
7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen

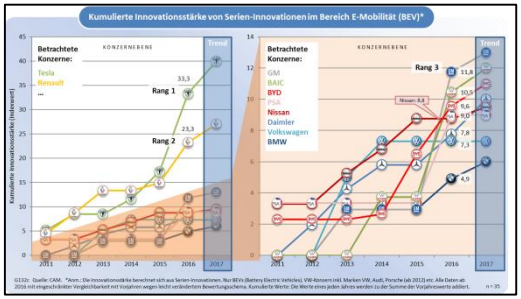
4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller für die Absatzmärkte Deutschland, EU, USA, China

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Im folgenden Abschnitt werden die aktuellen Produktpläne und Strategien für die E-Mobilität der relevanten Automobilhersteller aufgearbeitet. Hierbei werden neben den großen globalen Automobilherstellern insbesondere auch die deutschen OEM in den Mittelpunkt gerückt. Zur Erfassung der OEM-Strategien dienen Informationen aus der CAM-Innovationsdatenbank, Ankündigungen/ Ziele der OEM und einschlägige Studien. Ergänzend hierzu werden Abschätzungen der weiteren OEM-Produktpläne vorgenommen auf Basis wettbewerblicher bzw. regulativer Rahmenbedingungen. Die Analyse der Produktpläne und E-Mobilitätsstrategien der Hersteller dient vor allem dazu, das geplante Fahrzeugmodellangebot für den E-Auto Markthochlauf im Absatzmarkt Deutschland abzuschätzen. Die Hersteller entwickeln ihre Produkt- und Antriebsstrategien und daraus abgeleiteten Technologieplattformen nicht speziell für den vergleichsweise kleinvolumigen deutschen Markt. In der Regel werden Produkt- und Antriebstechnologien, u.a. aus Kosten-, Komplexitäts- und regulatorischen Gründen, meist für bestimmte Regionen wie Europa, USA und China bzw. Asien entwickelt und ausgerollt. Als Basis dienen dafür Antriebstechnologieplattformen oder entsprechende Baukastensysteme, die einmalig entwickelt werden. Entsprechend beziehen sich Aussagen der OEM zu Produktplänen und Antriebsstrategien bzw. zum Markthochlauf der E-Mobilität nicht auf Deutschland allein, sondern gelten meist für die gesamte Region, hier also Europa.
- Aus den oben dargestellten Absatztrends von Elektrofahrzeugen (BEV, PHEV) in den globalen Märkten kann - mit wenigen Ausnahmen - derzeit noch eine geringe Nachfrage an der E-Mobilität abgelesen werden. Deutschland liegt bei der Marktentwicklung der Elektromobilität eher im unteren Durchschnitt.

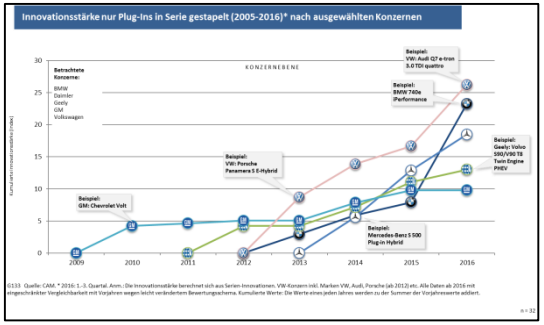
- Die Angebots- bzw. Technologieseite der Elektromobilität der globalen Automobilhersteller kann auf Basis der CAM Innovationsdatenbank dargestellt werden. Darin werden die Neuerungen der Automobilhersteller inventarisiert und die Innovationsstärke nach einen systematischen quantitativen und qualitativen Muster einzeln bewertet (M.O.B.IL –Ansatz, vgl. Anhang 1). Danach erhält jede Innovation entsprechend der Seriennähe (Serie vs. Studie), der Originalität (Weltneu vs. Konzern-/markenneu) und des Innovationsgrades (sehr hoch, hoch, mittel, niedrig) einen Indexwert (Score). Die Innovationsstärke eines Herstellers errechnet sich aus der Summe der bewerteten Einzelinnovationen.

*Abbildung 27: Kumulierte Innovationsstärke von Serien-Innovationen im Bereich E-Mobilität (BEV)**



- Danach zeigt die kumulierte Innovationsstärke im Bereich der batterieelektrischen E-Mobilität (BEV, hier nur Serien-Innovationen, seit 2007), dass diese bislang nicht von deutschen Herstellern getrieben wird. Die höchste Bewertungen erreichen derzeit Tesla und Renault sowie - mit deutlichem Abstand - General Motors. Es folgen mit BAIC und BYD chinesische Hersteller sowie der Renault-Allianzpartner Nissan und PSA. Die deutschen Herstellerkonzerne Daimler, Volkswagen (inkl. Audi, Porsche etc.) und BMW liegen im BEV-Innovationsranking auf den Plätzen 8-10 (vgl. Abbildung 18).

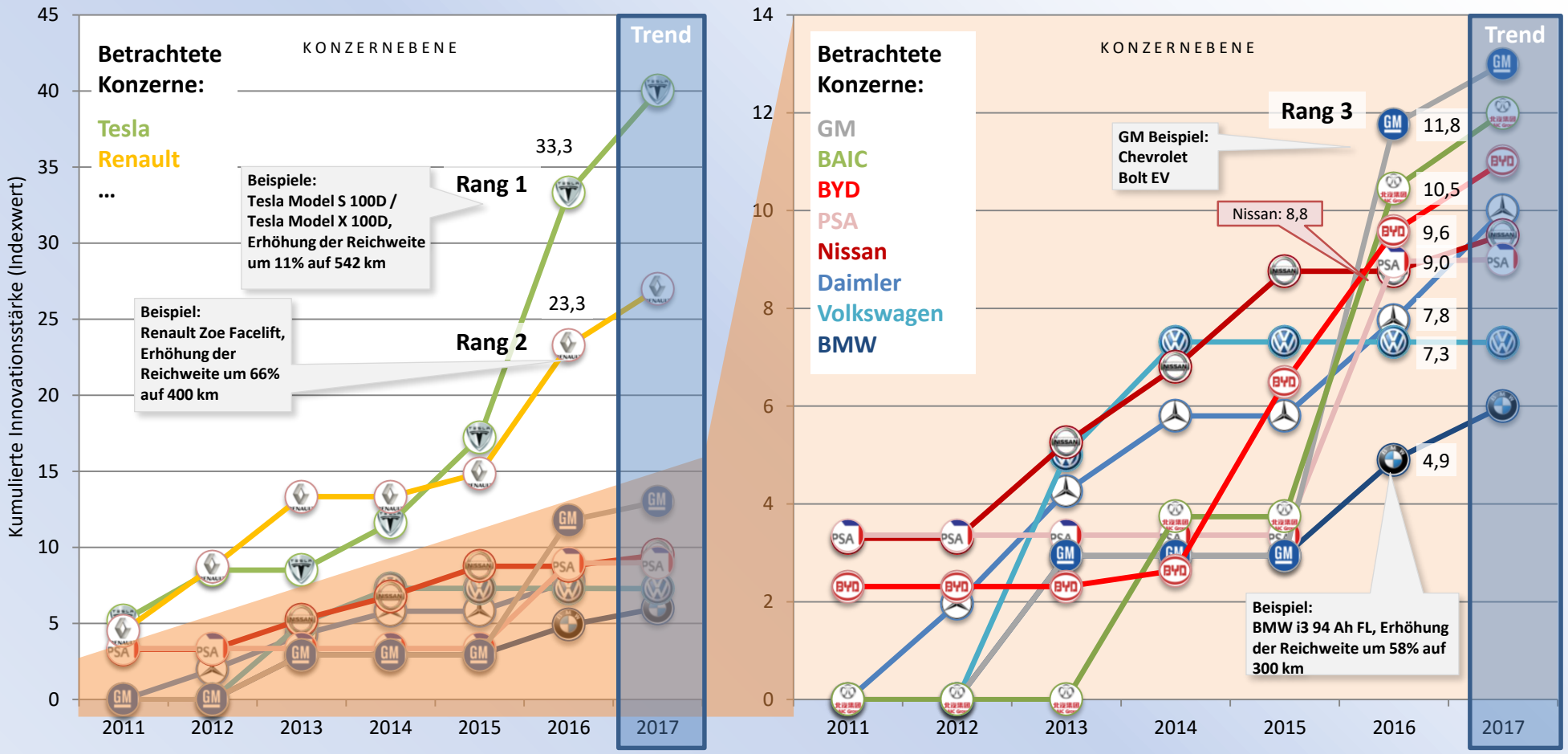
*Abbildung 28: Innovationsstärke (kumuliert) von OEM bei Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEV) in Serie (2005-2016; ausgewählte Konzerne)**



- Demgegenüber können bei PHEV die deutschen Hersteller die Innovationsführerschaft für sich reklamieren. Die kumulierte Innovationstärke bei PHEV seit 2009 zeigt, dass Volkswagen, BMW und Audi auf den vordersten Plätzen vor Herstellern wie Geely/Volvo oder General Motors.

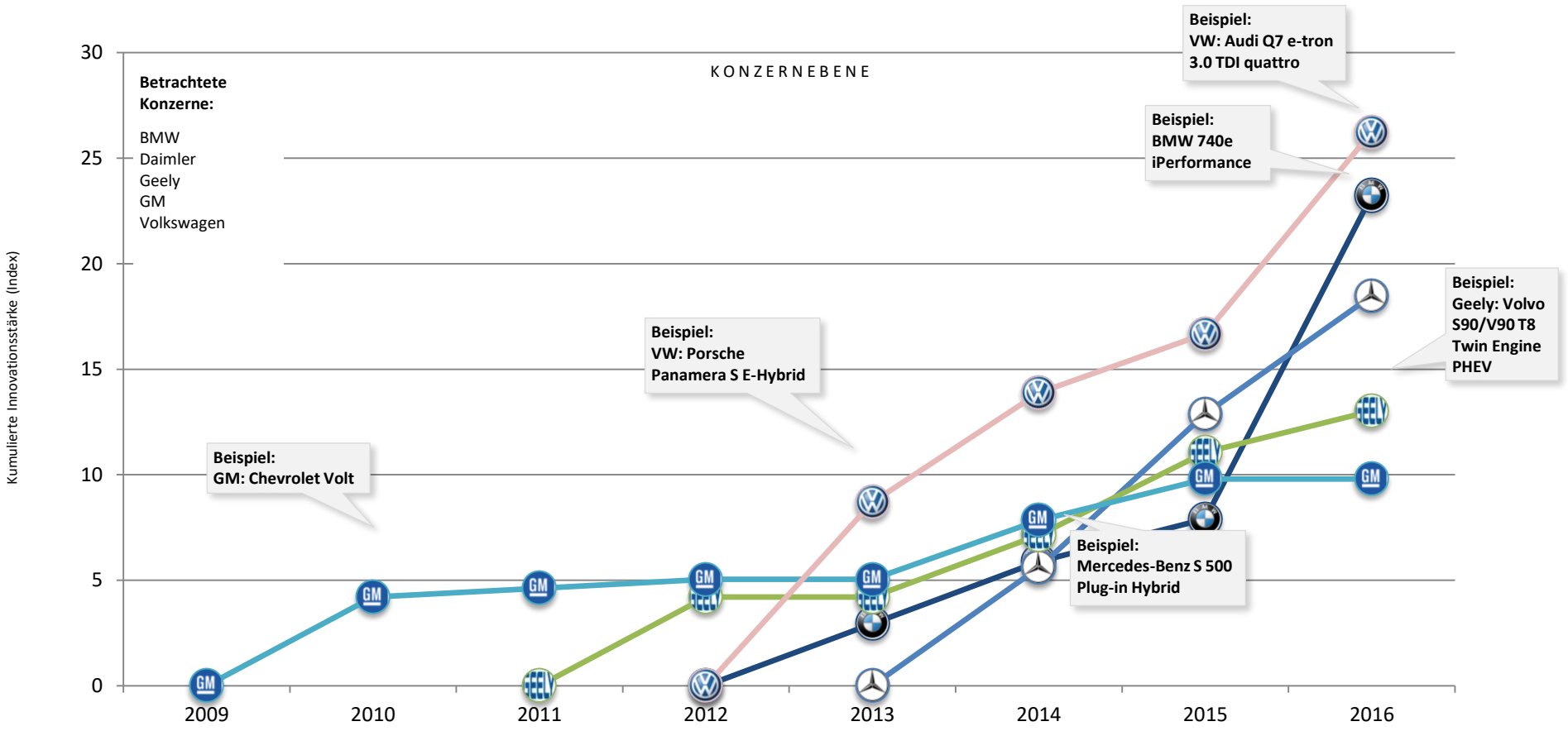
- Insgesamt ergibt sich daraus für den hier relevanten Markthochlauf in Deutschland, dass die Entwicklung reiner Elektrofahrzeuge (BEV) produkttechnologisch bislang von amerikanischen und französischen Herstellern getrieben wird, während die für den deutschen Markt bedeutsamen einheimischen OEM hier (noch) nicht die Innovationsführerschaft besitzen. Im Unterschied hierzu sind deutsche Hersteller bei PHEV-Modellen Leitanbieter.

*Abbildung 29: Kumulierte Innovationsstärke von Serien-Innovationen im Bereich E-Mobilität (BEV)**



G132c Quelle: CAM. *Anm.: Die Innovationsstärke berechnet sich aus Serien-Innovationen. Nur BEVs (Battery Electric Vehicles). VW-Konzern inkl. Marken VW, Audi, Porsche (ab 2012) etc. Alle Daten ab 2016 mit eingeschränkter Vergleichbarkeit mit Vorjahren wegen leicht verändertem Bewertungsschema. Kumulierte Werte: Die Werte eines jeden Jahres werden zu der Summe der Vorjahreswerte addiert. n = 35

*Abbildung 30: Innovationsstärke (kumuliert) von OEM bei Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEV) in Serie (2005-2016; ausgewählte Konzerne)**



G133 Quelle: CAM. * 2016: 1.-3. Quartal. Anm.: Die Innovationsstärke berechnet sich aus Serien-Innovationen. VW-Konzern inkl. Marken VW, Audi, Porsche (ab 2012) etc. Alle Daten ab 2016 mit eingeschränkter Vergleichbarkeit mit Vorjahren wegen leicht verändertem Bewertungsschema. Kumulierte Werte: Die Werte eines jeden Jahres werden zu der Summer der Vorjahreswerte addiert.

n = 32

Zur Analyse der mittelfristigen bis langfristigen Ziele und Strategien im Bereich der Elektromobilität wurden die entsprechenden Ankündigungen bzw. Produktpläne der relevanten Automobilhersteller für den deutschen Markt recherchiert. Untersucht wurden E-Mobilitätsvorhaben der deutschen Konzerne BMW, Daimler und Volkswagen und wichtiger globaler Hersteller wie GM, Toyota und Ford (vgl. Anhang 2). Dies erbrachte folgende Ergebnisse:

Abbildung 31: Roadmap E-Mobilität (beispielhaft, vgl. Anhang 2)

Abbildung 32: E-Auto-Ziele ausgewählter Hersteller

Konzern	Ziele / Strategien	bis 2020	Bis 2025
	Ziele & Strategien	Modelle & Zielwerte (Auswahl)	
VOLKSWAGEN	• Gründung einer neuen Modellfamilie für Elektromobilität „I.D.“ • Weltmarktführer bei der Elektromobilität. • E-Auto sollen einem neuen Markenzeichen des Konzerns werden. • Produktion des I.D. soll 25 % effizienter sein	• 2018: **Audi Q6 e-tron** („C-BEV“) • 2019 **VW Arteon (Phev)** • 2019 **Audi A3 (BEV)** • 2020: **Volkswagen** I.D. • 2020: **Porsche Mission E**	• **20-25 %** Anteil E-Autos am Gesamtabsatz (weltweit). • **2 - 3 Mio. E-Fahrzeuge** p.a. • **>30 neuerreiee E-Fahrzeuge** • 2021: Porsche Mejun (Phev)
	• Sämtliche Baureihen können als reines E-Modell angeboten werden. • E-Autos zum Preis eines vergleichbaren Benziners. • Li-Ion-Akkus werden durch Nickel-Mangan-Kobalt-Akkus ersetzt (günstiger, ermöglichen größere Reichweiten) • Ab 2025 sollen auch Fahrzeuge mit **Brennstoffzelle** angeboten werden. • 2017 sollen mehr als 100.000 elektrifizierte Autos abgesetzt werden.	• 2018: **BMW iRoadster** • 2019: **Mini E** • 2020: **BMW X1 eDrive**	• 15-25 % des Absatzes der BMW Group Flotte sollen im jahr • 2025 elektrifiziert sein • Bis 2025 besitzen alle Verbrennermotoren BMW Reikuperationssysteme (12-und 48 Volt). • 2021: **BMW iNext**
Mercedes-Benz	• Neben herkömmlichen Verbrennern, verstärkter Einsatz von Plug-in-Hybriden. • Elektrische Reichweite der Plug-in-Hybride soll auf reale 50 Kilometer steigen • **10 Mrd. Euro** Gesamtinvestition in den Ausbau der E-Mobilität • Davon **1 Mrd. Euro** in Batterieproduktion	• 2018: **A-Klasse (BEV)** • 2019: **Mercedes EQC** • 2020: **Mercedes EQA**	• Bis 2022 **>10** neue reine **Elektromodelle** (3 Smarts)
PSA			• Bis 2021: 7 Plug-in-Hybride und 4 reine Elektrofahrzeuge
Ford	• Führender Anbieter von Elektrofahrzeugen, -Angeboten und -Lösungen • 4,5 Mrd. $ Investition bis 2020 in neue Elektroautos und Plug-in-Hybride • 40 % Hybrid, Plug-in-Hybrid oder BEV (bis 2020)	• 13 elektrifizierte Modelle (u.a. Hybride) bspw.: • **2019:** Für Europa entwickeltes PHEV zum Personentransport/als Taxi mit niedrigen Betriebskosten. • 2020: **Model E** (Crossover EV mit mind. mindestens 482 Kilometer Reichweite nach US-Norm)	• 2021: autonom fahrendes Hybridfahrzeug für den Massenmarkt entwickelt für die Anforderungen US-amerikanischer Car- und Ride-Sharing-Angebote.

- Die deutschen Hersteller intensivieren derzeit massiv in die E-Mobilität. Insbesondere werden neue Technologieplattformen bzw. Baukastensysteme für E-Fahrzeuge entwickelt, auf deren Basis verschiedene Modelle unterschiedlicher Segmente gebaut werden sollen.
- Volkswagen, Daimler und BMW haben unisono das Ziel ausgegeben, dass im Jahr 2025 rund 15-25 Prozent ihrer weltweiten Neuzulassungen E-Fahrzeuge sein werden.
- Beispielhaft kann dies am Volkswagen Konzern verdeutlicht werden:
- Volkswagen will zum Weltmarktführer bei der Elektromobilität werden und hat eine neue Modellfamilie für Elektromobilität „I.D.“ gegründet. Hierbei stehen BEV im Vordergrund.
- Bereits in den nächsten Jahren sieht die Produkt-Roadmap die Markteinführung verschiedener E-Fahrzeuge vor: 2018 Audi Q6 e-tron („C-BEV“), 2019 VW Arteon (Phev), 2019 Audi A3 (BEV), 2020: Volkswagen I.D. (Golf), 2020: Porsche Mission E.
- Im Jahr 2025 sollen E-Autos rund 20-25 Prozent am Gesamtabsatz (weltweit) ausmachen, was rund 2-3 Mio. Fahrzeugen pro Jahr entspricht. Dafür sollen mehr als >30 neue reine E-Fahrzeuge entwickelt werden. Entsprechend ist mit einer erheblichen Ausweitung des Produktportfolios für den E-Markthochlauf zu Beginn der 2020er Jahre zu rechnen. Dabei werden auch Nutzfahrzeugsegmente (LCV) elektrifiziert, geplant ist etwa der Van I.D. Buzz (2020).

4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller
4.2 Ziele/Strategien ausgewählter Hersteller im Bereich der Elektromobilität (2)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Abbildung 33: E-Auto-Ziele ausgewählter Hersteller

Konzern	Ziele / Strategien	bis 2020	Bis 2025
	Ziele & Strategien	Modelle & Zielwerte (Auswahl)	
VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT	• Gründung einer neuen Modelfamilie für Elektromobilität „**I.D.**“. • Weltmarktführer bei der Elektromobilität. • E-Auto soll zu einem neuen Markenzeichen des Konzerns werden: 2030 für alle weltweit ca. 300 Konzernmodelle in allen Segmenten mind. eine elektrifizierte Variante • Produktion des I.D. soll 25 % effizienter sein	• 2018 **Audi Q6 e-tron** („C-BEV“) • 2019 **VW Arteon (Phev)** • 2019 **Audi A3 (BEV)** • 2020: **Volkswagen I.**D. • 2020: **Porsche Mission E**	• **20-25 %** Anteil E-Autos am Gesamtabsatz (weltweit). • **2 - 3 Mio. E-Fahrzeuge** p.a. • **Roadmap E: 50 neue BEVs, 30 PHEVs** • **China:** 40 Modelle mit alternativen Antrieben bis 2025, Jahresabsatz 1,5 Einheiten
BMW	• Sämtliche Baureihen können als reines E-Modell angeboten werden. • E-Autos zum Preis eines vergleichbaren Benziners. • Li-Ion-Akkus werden durch Nickel-Mangan-Kobalt-Akkus ersetzt (günstiger, ermöglichen größere Reichweiten) • Ab 2025 sollen auch Fahrzeuge mit **Brennstoffzelle** angeboten werden. • 2017 sollen mehr als 100.000 elektrifizierte Autos abgesetzt werden.	• 2018: **BMW iRoadster** • 2019: **Mini E** • 2020: **BMW X3 eDrive**	• **15-25 % des Absatzes** der • BMW Group Flotte sollen im Jahr 2025 elektrifiziert sein • Bis 2025 besitzen alle Verbrenner bei BMW Rekuperationssysteme (12 und 48 Volt). • 2021: **BMW iNext**
Mercedes-Benz	• Neben herkömmlichen Verbrennern, verstärkter Einsatz von Plug-in-Hybriden. • Elektrische Reichweite der Plug-in-Hybride soll auf reale 50 Kilometer steigen • **10 Mrd. Euro** Gesamtinvestition in den Ausbau der E-Mobilität, davon **1 Mrd. Euro** in Batterieproduktion	• 2018: **A-Klasse (BEV)** • 2019: **Mercedes EQC** • 2020**: Mercedes EQA**	• Bis 2022 **>10** neue reine **Elektromodelle** • darunter **3 Smarts**, wobei die Marke Smart zu einer reinen E-Auto-Marke werden soll
PSA GROUPE	• Aktuelle Modelle: Peugeot iOn, Citroen C-Zero, E-Mehari, Berlingo, Opel Ampera-e (noch unter GM)	• Entwicklung der E-Auto-Plattform e-CMP (Common Modular Platform) gemeinsam mit Dongfeng	• Bis 2021: 7 Plug-in-Hybride und 4 reine Elektrofahrzeuge
Ford	• Führender Anbieter von Elektrofahrzeugen, -Angeboten und -Lösungen • 4,5 Mrd. $ Investition bis 2020 in neue Elektroautos und Plug-in-Hybride • 40 % Hybrid, Plug-in-Hybrid oder BEV (bis 2020)	• 13 elektrifizierte Modelle (u.a. Hybride) bspw.: • 2019: Für Europa entwickeltes PHEV zum Personentransport/als Taxi mit niedrigen Betriebskosten. • 2020: **Model E** (Crossover EV mit mind. mindestens 482 Kilometer Reichweite nach US-Norm)	• 2021: autonom fahrendes Hybridfahrzeug für den Massenmarkt entwickelt für die Anforderungen US-amerikanischer Car- und Ride-Sharing-Angebote.

Quelle: CAM

Abbildung 33 (Fortsetzung): E-Auto-Ziele ausgewählter Hersteller

Konzern	Ziele / Strategien	bis 2020	Bis 2025
	Ziele & Strategien	Modelle & Zielwerte (Auswahl)	
STREETSCOOTER	• Gründung 2010, seit 2014 Tochtergesellschaft der Deutschen Post AG • Produktion von vollelektrischen Kleintransportern und elektrischen Lastenrädern für den überwiegend innerstädtischen Gebrauch. • Belieferung der Deutschen Post und ab 2017 auch externer Kunden	• Deutsche Post will ihre gesamte Flotte von 50.000 Fahrzeugen durch E-Autos ersetzen • 2017: Produktion von 15.000 Streetscooter pro Jahr • Gemeinsam mit Ford wird der Streetscooter XL entwickelt, der auf einem Fahrgestell des Ford Transit basiert und mit einem batterieelektrischen Antriebsstrang und einem Karosserieaufbau nach Vorgaben der Post ausgestattet wird. Produktion bis 2018 von 2.500 Fahrzeugen pro Jahr.	• Produktion von bis zu 100.000 Elektro-Fahrzeugen pro Jahr
TESLA	• ausschließlich Fahrzeuge für reine Elektromobilität, sowohl PKW als auch Nutzfahrzeuge • PKW: bislang Fokussierung auf das Premium-Segment, mit dem **Model 3** (Mittelklasse-Limousine) soll erstmals auch der Massenmarkt für E-Autos bedient werden	• Tesla plant ab 2019 die Produktion des **Model Y** - einem Crossover der Mittelklasse mit Elektroantrieb, unterhalb des Model X positioniert. • Tesla hat angekündigt bis 2019 einen elektrischen **Pick-up** zu präsentieren • Tesla hat im November 2017 einen rein elektrischen 40t-Sattelschlepper angekündigt, der über 800 km Reichweite verfügen und 2019 auf den Markt kommen soll. Autonome Fahrfunktionen sind vorgesehen.	• Tesla plant ab 2020 die Produktion eines neuen **Roadsters**, dessen Studie im November 2017 vorgestellt wurde, Reichweite: ca. 1.000 km
GM	• Vom seriellen Hybrid (Chevrolet Volt) hin zum reinen E-Auto (Chevrolet Bolt), dieser mit Batteriekosten von 145 $ pro kWh • GM möchte damit zum führenden Autohersteller in Bezug auf Batterietechnologie werden • gleichzeitig Weiterentwicklung der Brennstoffzelle	• 2 neue E-Autos bis Anfang 2019 geplant • GM möchte den Fahrzeugbesitz um Shared-Dienste ergänzen, auch im Hinblick auf autonome Robo-Taxis	• Geplant ist, bis zum Jahr 2026 pro Jahr 1 Mio. E-Autos profitabel zu verkaufen, mit Batteriekosten von 100 $ pro kWh • 20 neue rein elektrische Modelle bis 2023 geplant, darunter 7 SUVs, 2 Limousinen und 1 Van
RENAULT	• bislang E-Autos: Zoe, Twizy und Kangoo Z.E. • in Europa unter den E-Autos Marktanteil von 28% (2016) • als Allianz mit Nissan und Mitsubishi weltweite E-Auto-Marktführerschaft angestrebt	• Mit dem neuen Partner Dongfeng will Renault (und Allianzpartner Nissan) ab 2019 E-Autos für den chinesischen Markt produzieren, und so die E-Auto-Quoten in dem Land erfüllen • Renault möchte ab 2018 low-cost E-Autos auf dem chinesichen Markt anbieten	• gemäß Programm „Driving The Future 2017-2022“ sind 8 rein elektrische und 12 elektrifizierte Fahrzeuge bis 2022 geplant, Volumen von 5 Mio. Einheiten • 15 Modelle mit Technologie für das autonome Fahren

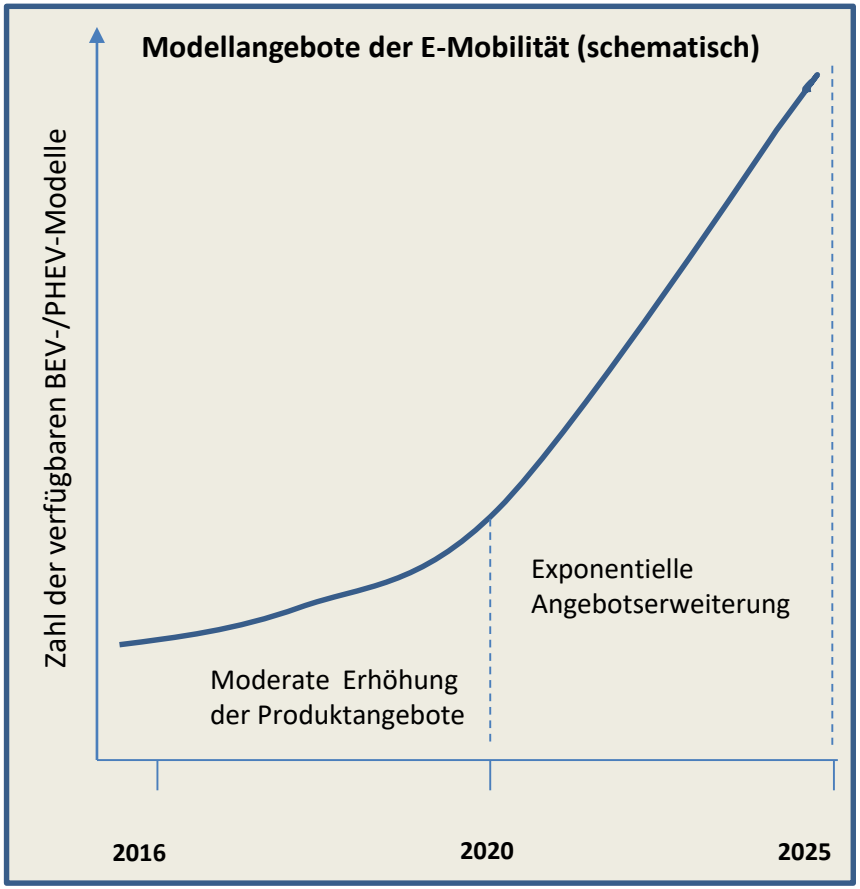
Quellen: CAM, PwC, auto motor und sport, Hersteller

- Auch BMW und Daimler kommunizieren ähnliche Ziele und setzen vergleichbare Produktprogramme auf.
  - Daimler will zunächst auch PHEV-Modelle anbieten und dabei elektrische Reichweiten von rund 50 km ermöglichen. Gleichzeitig sollen bis 2022 mehr als 10 neue reine Elektromodelle aufgesetzt werden. Dies schließt auch Elektro-Transporter ein.
  - BMW will sämtliche Baureihen auch als reine E-Modell anbieten. E-Autos sollen zum Preis eines vergleichbaren Benziners verkauft werden können.
- Auch andere im deutschen Markt relevante Hersteller planen den sukzessiven Ausbau ihrer E-Flotte in den nächsten Jahren (vgl. Anhang) (1)
  - PSA will bis 2021 etwa 7 PHEV Modelle und 4 BEV Modelle anbieten.
  - Ford möchte 2020 ein SUV und ein Fahrzeug der Kompaktklasse als Konkurrent von Model 3 von Tesla und Chevrolet Bolt von GM anbieten.
  - Nissan plant eine Neuauflage des BEV Leaf in 2018 mit einer deutlich höheren Reichweite von über 500 km.
  - Toyota plant neben weiteren PHEV ab 2019 auch ein BEV sowohl im Bereich der Nutzfahrzeuge / LCV als auch ab 2020 im Pkw-Bereich.
  - Gleichzeitig treten vermehrt auch neue Player mit E-Fahrzeugangeboten in Deutschland auf, wie etwa das Streetscooter Angebot im Nutzfahrzeugbereich der Deutschen Post bzw. Planungen von neuen Akteuren wie e.Go Moove, ein Joint Venture von ZF und der Aachener e.Go Mobile AG. Insgesamt entsteht durch die neuen Akteure in den nächsten Jahren eine Belebung und Ausweitung des Produktangebotsspektrums für E-Fahrzeuge.

(1) “By 2020 there will be over 120 different models of EV across the spectrum,” said Michael Liebreich, founder of Bloomberg New Energy Finance. “These are great cars. They will make the internal combustion equivalent look old fashioned.” (Bloomberg 2017)

- Die Analyse der Innovationstätigkeit und der Produktpläne der ausgewählten Hersteller lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:
- Die Elektromobilität leidet aktuell noch an einem Technologie- bzw. Angebotsproblem.
  - Zum einen ist das R-I-P-Syndrom Reichweite, (Schnelllade-) Infrastruktur und Preis aus Kundensicht noch nicht gelöst, so dass E-Fahrzeuge im Wettbewerbsvergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unterlegen sind. Insbesondere die geringe Reichweite wird in Endkundenbefragungen zusammen mit der lückenhaften Infrastruktur als Hindernis gesehen.
  - Zum anderen ist derzeit das Produktangebot für E-Fahrzeuge, insbes. BEV, noch sehr lückenhaft, da Modelle nur in wenigen Segmenten und von wenigen Hersteller angeboten werden.

Abbildung 34: Steigende Anzahl an Elektrofahrzeugen



Quelle: CAM

- Allerdings zeigt die Auswertung der Produktpläne und –ziele der wichtigen globalen Hersteller, dass die Modellangebote für BEV und PHEV in den nächsten 10 Jahren erheblich erhöht werden. Bis zum Jahr 2020 ist danach zwar nur mit einer moderaten Steigerung der Modellangebote zu rechnen. Ab 2020 steigt dagegen die Zahl der verfügbaren E-Modelle gemessen am Gesamtangebot der OEM exponentiell an (vgl. Abbildung 23).

- Entsprechend kann in den 2020er Jahren damit gerechnet werden, dass das Technologie-und Modellangebotsproblem nicht mehr besteht. Insbesondere streben die Hersteller auch an, die Reichweiten der Fahrzeuge deutlich zu erhöhen und die Kosten der BEV- und PHEV-Modelle denen mit Verbrennungsmotor anzugleichen. Insbesondere die deutschen Automobilkonzernen rechnen mit einem globalen Neuzulassungsanteil von 15-25 Prozent. Gleichzeitig ist bei der E-Mobilität mit dem Markteintrittsversuchen von weiteren Hersteller, vor allem aus China zu rechnen.
- Gleichwohl bestehen noch erhebliche Unsicherheiten bzgl. der wesentlichen Rahmenbedingungen für den Markthochlauf der E-Mobilität in Deutschland, die im folgenden Abschnitten auf Basis von Szenarien erörtert werden.

Abbildung 35: Aufstellung von Produktplänen ausgewählter Hersteller (ausführlich: Anhang 2)

Studien, Ankündigungen, Produktpläne (E-Mobilität)

Konzern	Marke	Baureihe	Modell	Segment	Antrieb	2018-2025	Beschreibung
VW	Audi	A6	A6 e-tron	OM	A-HY-PI	2018	Der nächste A6 soll auch in einer Version mit Plug-in-Hybrid antreten. Er soll die Zusatzbezeichnung e-tron tragen, erfuhr auto motor und sport aus Unternehmenskreisen.
VW	Audi	Q6	Q6 e-tron	GEm	A-EL	2018	Ab 2018 soll in Brüssel die Elektro-Version des Audi Q6 gebaut werden.
VW	Audi	Q8	Q8 Concept	GEg	A-HY-PI	2018	Der neue Q8 als Coupe-Version des Q7 wird für Märkte wie China und die USA einen Plug-In-Hybridantrieb erhalten. Ein 3.0-TFSI-Benziner mit 333 PS wird mit einem 100kW-E-Motor kombiniert. Die rein elektrische Reichweite beträgt 60 km dank des 17,9 kWh-Akkus, der Verbrauch 2,3 l/100km, CO2-Emissionen 53 g/km. Eine Vollladung dauert 2,5 Stunden.
VW	Audi	k.A.	k.A.	UM	A-EL	2019	Audi plant in der Unteren Mittelklasse ein reines E-Fahrzeug (BEV), welches eigenständig designt wird. Dazu entsteht im Konzern der neue Baukasten MEB als Modularer Elektrifizierungsbaukasten, der zu allen Karosserieformen passt und Reichweiten zwischen 250 und 500 km bieten soll.
VW	Bentley	EXP 12	EXP 12 Speed 6e	SP	A-EL	k.A.	Erstmals rein elektrischer, offener Sportwagen von Bentley mit einer Reichweite von ca. 400-500 km; keine näheren techn. Details.
VW	VW	I.D.	I.D.	UM	A-EL	2020	Der I.D. basiert auf der neuen Elektroplattform MEB von VW mit Heckantrieb und Motor hinten. Er ist kürzer als ein Golf (4,10 m), aber mit längerem Radstand (ca. 2,77 m). Angetrieben wird der I.D. von einem E-Motor mit 170 PS, Vmax 160 km/h, die Reichweite soll 400 bis 600 km betragen. Über das Schnelladesystem ist die Batterie nach 30 min. zu 80% geladen. Preislich soll das Auto bei ca. 30.000 EUR liegen (heutiges Preisniveau).
							Erneut verbesserte Elektro-Van-Studie von VW: Im Vergleich zur Vorgängerstudie Budd-E wurde die Reichweite um 13% auf bis zu 600 km gesteigert. Das 4,94 m lange Fahrzeug verfügt über Batterien im Zwischenboden mit bis zu 111 kW Kapazität,

Quelle: CAM

China: Etablierte chinesische Hersteller und Joint Ventures mit westlichen OEM

- **Geely:** Das Gros der über 500.000 E-Auto-Zulassungen machen Marken wie BYD, Great Wall oder Chery mit konventionellen Limousinen, Vans oder SUVs aus, die nachträglich mit Elektro-Antrieben umgerüstet wurden. So handelt es sich beispielsweise bei dem mit 20.000 Zulassungen im Jahr meistverkauften E-Modell in China um die kompakte Limousine Emgrand EV von Geely. Allerdings beträgt die Normreichweite nur 250 km und die hohe Nachfrage wird durch staatliche Subventionen ermöglicht, so dass ein Export nach Europa derzeit nicht geplant ist.
- **Brilliance:** Auf Basis des X1 baut BMW mit seinem Kooperationspartner Brilliance in China das Elektromodell Zinoro. Dieses Joint-Venture war den Bayern offenbar weniger riskant, als sich mit ihrem innovativen i3 der Gefahr des Technologie- und Knowhowabflusses auszusetzen.
- **BYD**: BYD Auto und die Daimler AG gründeten 2010 das Unternehmen „Shenzhen BYD Daimler New Technology" in Shenzhen. 2012 wurde das erste Fahrzeug unter dem Markennamen Denza präsentiert. 2014 begann die Serienproduktion, die ebenso wie die Entwicklung gemeinsam betrieben wird. Daimler verkauft das Auto in China anstelle der elektrischen B-Klasse. Nur durch diesen hohen lokalen Fertigungs- und Entwicklungsanteil sichern sich die Importeure die maximalen Subventionen. BYD verkauft auch unter dem eigenen Namen E-Autos, z.B. den E5 und die Top-Seller und Plug-In-Hybride Qin und Tang.
- **JAC:** Volkswagen hat 2017 zusammen mit dem chinesischen E-Auto-Anbieter JAC ein 50:50-Joint-Venture gegründet. Ziel ist es, Elektrofahrzeuge sowie Mobilitätsdienstleistungen ab 2018 gemeinsam zu entwickeln, zu produzieren und zu vertreiben. Bereits im Jahr 2020 sollen auf dem chinesischen Markt 400.000 und im Jahr 2025 rund 1,5 Millionen E-Fahrzeuge ausgeliefert werden.
- **BAIC:** Unter Top-10 der meistverkauften E-Autos in China sind viele Klein- und Kleinstwagen vertreten, darunter auch die BAIC EC-Serie. Im August 2017 befand sich dieses Modell sogar auf Rang eins, u.a. aufgrund der Reichweite von 200 km und vor allem einem niedrigen Verkaufspreis.
- **Chery:** Chery bietet derzeit einige Hybride und voll elektrische Modelle an, darunter den Kleinwagen eQ als derzeitigen Top-Seller. Chery plant außerdem, ab 2019 in Europa Elektroautos auf den Markt zu bringen. Die neue Palette soll Hybride, Plug-Ins sowie BEVs umfassen.

Geely Emgrand EV

Brilliance Zinoro

Denza EV

BAIC EC Series

Quelle: CAM, China Auto Review, Hersteller. Foto-Quelle: Hersteller.

China: Neue Hersteller/ neue Marken

- **Lynk&Co:** ist die neueste China-Marke mit internationalem Potenzial. Sie gehört zum **Geely-Konzern** und nutzt die Technik der von den Chinesen gekauften Traditionsmarke Volvo. Zwar haben Autos wie der kompakte Geländewagen 01 in China auch einen Verbrennungsmotor. Doch für den europäischen Markt sind nur Plug-Ins oder reine Elektroantriebe geplant. Die ersten Serienmodelle sollen in weniger als zwei Jahren auf den Markt kommen.
- **Polestar:** Polestar war bislang der „Haustuner“ der Marke Volvo und soll nun als eigene Marke unter **dem Geely-Konzern** Elektroautos anbieten. Geely möchte mit Hilfe von 600 Mio. Euro Startkapital mit Polestar einen Tesla-Konkurrenten etablieren. Eine erste Studie hat Polestar mit dem Coupe „1“ bereits vorgestellt, allerdings handelt es sich dabei um einen Hybriden mit 150 km elektrischer Reichweite, also kein reines E-Auto. Die Markteinführung – auch in Europa – ist für 2019 geplant.
- **Borgward:** Ähnlich wie Lynk&Co sieht sich Borgward nicht als chinesische, sondern vielmehr als europäische Marke. Historisch korrekt wurde diese ab dem Jahr 2005 „wiederbelebt“, um mit Hilfe des chinesischen LKW-Herstellers Beiqi Foton Motor ab 2016 Autos in China zu bauen und zu verkaufen. Auch eine europäische Fertigung ist ab 2019 geplant. Die Marke will in Europa ausschließlich mit Plug-in-Hybriden oder reinen Akku-Autos antreten. Ihre ersten Serienmodelle sollen in weniger als zwei Jahren auf den europäischen Markt kommen.
- **Qoros:** Auch die mittlerweile nicht mehr ganz so neue Marke Qoros hat 2017 in Shanghai ein Elektroauto vorgestellt. Nachdem es die chinesische Marke Qoros mit dem europäischen Design des einstigen Mini-Entwicklers Gert Hildebrand mit ihren konventionellen Autos bislang nicht nach Europa geschafft hat, setzt sie jetzt ebenfalls auf Elektrotechnik und holt sich dabei Unterstützung beim Supersportwagenhersteller Koenigsegg. Der liefert den 640 kW starken Antrieb für die 260 km/h schnelle Limousine, die 2019 in Serie gehen soll.
- **Kandi:** Kandi baut seit 2014 Elektroautos und dies mittlerweile recht erfolgreich. Ein elektrischer Kleinstwagen kommt mit dem K17 von Kandi: Er liegt im August auf Platz 5 der meistverkauften E-Autos in China. Kandi betreibt außerdem Carsharing Program in einigen chinesischen Städten, welches ausschließlich Kandi-E-Autos umfasst, die mit Hilfe automatisierter Garagen gemietet werden können.

Lynk&Co 01

Polestar 1

Borgward Plug-In-Hybrid

Kandi K17 EV

Quelle: CAM, China Auto Review, Hersteller. Foto-Quelle: Hersteller.

China: Startups

- **Nio:** Vor drei Jahren gegründet, hat das von namhaften Investoren wie dem IT-Konzern Tencent oder dem US-Risikokapitalgeber Sequoia finanzierte Start-up derzeit über 2000 Angestellte, darunter internationale Experten. Die Chinesen haben bereits einen Supersportwagen namens EP9 und die Studie für autonomes Fahren namens „Eve“ präsentiert. Bei dem ersten Serienmodell für den chinesischen Markt ab 2018 namens ES8 handelt es sich um einen konventionell geformten SUV mit Elektroantrieb. In Europa will die Marke frühestens 2025 an den Start gehen.
- **Faraday Future:** Das vom chinesischen Milliardär Jia Yueting finanzierte und im Jahr 2014 gegründete Start-up hat nach einer ersten Sportwagenkonzeptstudie von 2016 auf der IT-Messe CES 2017 eine neue Studie namens FF91 gezeigt. Das als sportliches SUV ausgelegt Auto soll ab 2018 für 200.000 Dollar verkauft werden. Allerdings stockt der Bau der Fabrik in Las Vegas, wichtige Investoren haben sich zurückgezogen, so dass die Zukunft ungewiss scheint.
- **LeSee:** Jia Yueting verfügt in China noch über ein zweites Start-up namens LeSee. Im vergangenen Jahr wurde auf der Automesse in Peking als Showcar ein Viersitzer enthüllt, der mit Sprachbefehlen gesteuert wird und seinen Weg auch ohne Fahrer findet.
- **Lucid Motors:** Im Jahr 2018 will Lucid Motors in den USA antreten. Die Firma sitzt in Kalifornien, investiert hat unter anderem der chinesische Autohersteller BAIC. Wichtigster Angestellter von Lucid Motors ist Peter Rawlinson, der für Tesla das Model S entwickelt hat. In einer Fabrik in Arizona will er die Limousine „Air“ für die gehobene Mittelklasse bauen lassen, die 400 Kilometer Reichweite bietet und rund 60.000 Dollar kosten soll.
- **Future Mobility Company (FMC):** Die Firma hat u.a. Carsten Breitfeld abgeworben, den Entwickler des BMW i8, und noch weitere Experten von BMW, Toyota und Google. Mit Geld von Tencent und dem Hardwarelieferanten Foxconn will die Firma ein Elektroauto mit über 500 km Reichweite für Preise ab etwa 50.000 Dollar bauen. Ab 2020 soll das Fahrzeug auch in Europa und Amerika angeboten werden.
- **Weltmeister:** Das Start-up von 2015 hat vor den Toren von Shanghai mit Hilfe amerikanischer und arabischer Investoren ein Werk für bis zu 200.000 Autos errichtet, um dort ab 2018 zunächst ein Elektroauto in Form und Format von Audi Q5 oder BMW X3 zu bauen. Hinter dem Projekt steckt Freeman Shen, der für Geely die Übernahme von Volvo ausgehandelt hat.

Nio ES8

Faraday FF 91

LeSee EV

Lucid Air

WM Motors EV

Quelle: CAM, Car News China, Hersteller. Foto-Quelle: Hersteller.

China: Meist verkaufte elektrifizierte Autos (Stand Januar bis Oktober 2017)

- In einem stabilen Markt kann man davon ausgehen, dass die EC-Serie der diesjährige Bestseller in China wird - eine Premiere für BAIC und das erste Mal seit 2013, dass BYD die Bestseller-Auszeichnung verliert. Der Bestseller war damals der Chery QQ3 EV mit 5.727 Einheiten. Zwei Monate vor Schluss liegt die EC-Serie nun bei 49.000.
- BYD verliert mit dem Tang im Oktober zwei Plätze und kommt auf Rang 12, eine überraschend niedrige Position für das beste Verkaufsmodell des Jahres 2016. Betrachtet man das Hersteller-Ranking, ist BYD (20%, plus 1%) nach wie vor auf Platz eins und hält den Zweitplatzierten BAIC (16%, plus 1%) in einiger Entfernung.
- An dritter Stelle haben wir Zhidou (zu Zotye), mit 9% Anteil, zusammen mit Roewe (9%, plus 1%). Roewe hat die Absicht, sich unter den Top-3 der E-Auto-Hersteller zu etablieren.
- Auffällig ist, dass sich unter den Top-20-Modellen fast nur chinesische Hersteller finden, mit Ausnahme von Tesla. Deutsche OEM sind nicht vertreten.

Abbildung 36: Meist verkaufte E-Autos in China (Oct. und YTD)

I	China	Oct.	YTD	%
1	BAIC EC-Serie	11315	49191	12
2	Zhidou D2 EV	4502	37093	9
3	BYD Song PHE	3064	22910	6
4	BYD e5	2386	20649	5
5	JAC iEV6S	2861	18585	5
6	Geely Emgran	1742	17990	4
7	Chery eQ	1996	16762	4
8	SAIC Roewe e	1593	15042	4
9	Changan Ben	632	12375	3
10	BYD Qin PHEV	4102	11937	3
11	Zotye E200	2349	11612	3
12	BYD Tang	868	11329	3
13	JMC E100	246	10663	3
14	BAIC EU-Serie	412	8656	2
15	SAIC Roewe e	2811	7638	2
16	JMC E200	1799	7386	2
17	Tesla Model S	350	6498	2
18	Tesla Model X	500	6481	2
19	Zotye Cloud E	276	5840	1
20	Kandi K12 EV	1638	5664	1

Quelle: EV Sales Blog China.

Inhalt

1. Einleitung
2. Methodisches Vorgehen
3. Markt- und Produktionsentwicklungen
4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller
5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität
   - 5.1 Modellierung der dominanten Einflussfaktoren des Markthochlaufs
   - 5.2 Entwicklung der Einflussfaktoren für den Markthochlauf
     - 5.2.1 Relative Fahrzeugkosten der E-Autos
     - 5.2.2 Funktionalität
     - 5.2.3 Ladeinfrastruktur
     - 5.2.4 Regulierung
6. Szenarien zu den Markttrends der Antriebstechnologien
7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen

- Im den nachfolgenden Abschnitten werden verschiedene Szenarien zum Markthochlauf der Elektromobilität für Pkw sowie Nutzfahrzeugen/LKW mit dem Zielmarkt Deutschland erarbeitet. Bei Szenarien handelt es sich um „Bilder einer möglichen Zukunft“. Die Zielsetzung der Darstellung in Szenarien ist es, die Folgen künftiger Entwicklungen besser einschätzen zu können, freilich ohne damit Entwicklungen prognostizieren zu wollen. Szenarien sind weder normativ („wie sollte es sein“), noch wird einem der ausgearbeiteten Szenarien der Charakter eines wahrscheinlicheren „Zielszenarios“ zugeschrieben. Vielmehr geht es um Potenzialabschätzungen künftiger Technologieentwicklungen - und zwar angesichts der technologischen Dynamik - generell unter hoher Unsicherheit bis 2030. Szenarien bilden dabei verschiedene Möglichkeiten ab, wie sich relevante Einflussfaktoren, wie etwa Batteriepreise oder regulative Rahmenbedingungen, entwickeln könnten und wie sich dies auf die Absatztrends der E-Mobilität auswirken kann.

- Drei verschiedene Szenarien werden erarbeitet:
  1. **Pro-EV Szenario,** mit eher optimistische Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität.
  2. **Contra-EV Szenario**, mit eher pessimistische Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität.
  3. **Mittleres EV-Szenario**, mit mittleren Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität.

- Für die Bildung von Szenarien ist zunächst die transparente Darlegung der zu untersuchenden Einflussgrößen für den Markthochlauf elementar. Dazu wird nachfolgend ein Modell der dominanten Einflussfaktoren in ihrer Wirkung auf den Markthochlauf der Elektromobilität vorgestellt. Dies gilt sowohl für den Bereich PKW als auch in leicht abgewandelter Form für Nutzfahrzeuge/Lkw. Die relevanten Treiber und Parameter werden auf Basis einschlägiger Literatur und Forschungsergebnissen identifiziert.

- Der Modellierung der dominanten Einflussfaktoren für den Markthochlauf in Deutschland kommt eine übergeordnete Bedeutung zu, weil erstens nicht alle denkbaren Faktoren berücksichtigt werden können, zweitens die Hebelwirkung der Einflussfaktoren auf die Stückzahlen äußerst unterschiedlich ist, und drittens weil es Wechselwirkungen unterschiedlicher Einflussfaktoren auf andere gibt (Beispiel: Batterieherstellkosten sind wichtig für die Gesamtnutzungskosten, aber auch Funktionalität/Reichweite (verbaute Batteriegrößen) und Ladeinfrastruktur (Bedarfsfrequenz Nachladen).

- Bei Kaufentscheidungen von Pkw und Nutzfahrzeugen sind prinzipiell eine stattliche Zahl von Faktoren relevant. Verschiedene Studien weisen etwa auf die Relevanz von Zuverlässigkeit, Design, Kaufpreis, Kraftstoffverbrauch und anderen Faktoren hin (vgl. DAT 2017, S.37). Bei (Antriebs-)Technologieentscheidungen, wie der Elektromobilität, sind noch weitere Faktoren zu berücksichtigen, wie Funktionalität / Reichweite, Ladeinfrastruktur und Ladedauer (vgl. ISI 2014, S. 8; McKinsey 2017, S. 14 f.) .

Abbildung 37: Ranking der wesentlichen Kaufkriterien

P34 Neu-wagenkauf

Rangplatz der Bewertungs-kriterien nach Marken 2016

Rangplatz 1-5 | Rangplatz 6-10 | Rangplatz 11-15 | Rangplatz 16-19

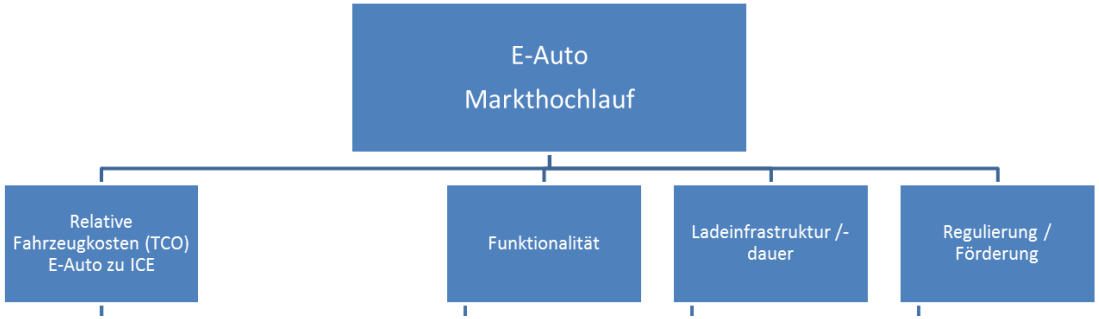
Gesamt Rang-platz	Bewertungskriterium	Dt. Premium-marken	Dt. Marken	Import-marken
1	Zuverlässigkeit	2	1	1
2	Aussehen /Design	1	2	3
3	Anschaffungspreis	6	3	2
4	Kraftstoffverbrauch	7	5	4
5	Wartungsfreundlichkeit	5	4	5
6	Serienausstattung	3	6	6
7	Ersatzteilversorgung	10	8	7
8	Nähe des Händlers	8	7	10
9	Dauer der freiwillig gewährten Garantie	14	12	8
10	Finanzierungs-/Leasingangebot	9	9	12
11	Kurze Lieferzeit	13	11	11
12	Versicherungskosten	16	13	9
13	Dichte des Kundendienstnetzes	12	10	15
14	Umweltverträglichkeit	15	14	14
15	Kfz-Steuer	19	17	13
16	Wiederverkaufswert	11	16	16
17	Paketlösungen	17	18	17
18	Prestigewert	4	15	19
19	Inzahlungnahme des Vorwagens	18	19	18

ID: 2015P27 Quelle: DAT

- Bei der Modellierung werden einige dieser kaufrelevanten Faktoren, wie Kaufpreis, Kraftstoffverbrauch und Infrastruktur berücksichtigt. Andere Faktoren wie Zuverlässigkeit und Design können nicht direkt in das Modell einfließen. Es wird angenommen, dass die Fahrzeughersteller diesen Kundenwünschen aus eigenem Interesse mit Ihren Produkten entsprechen werden.

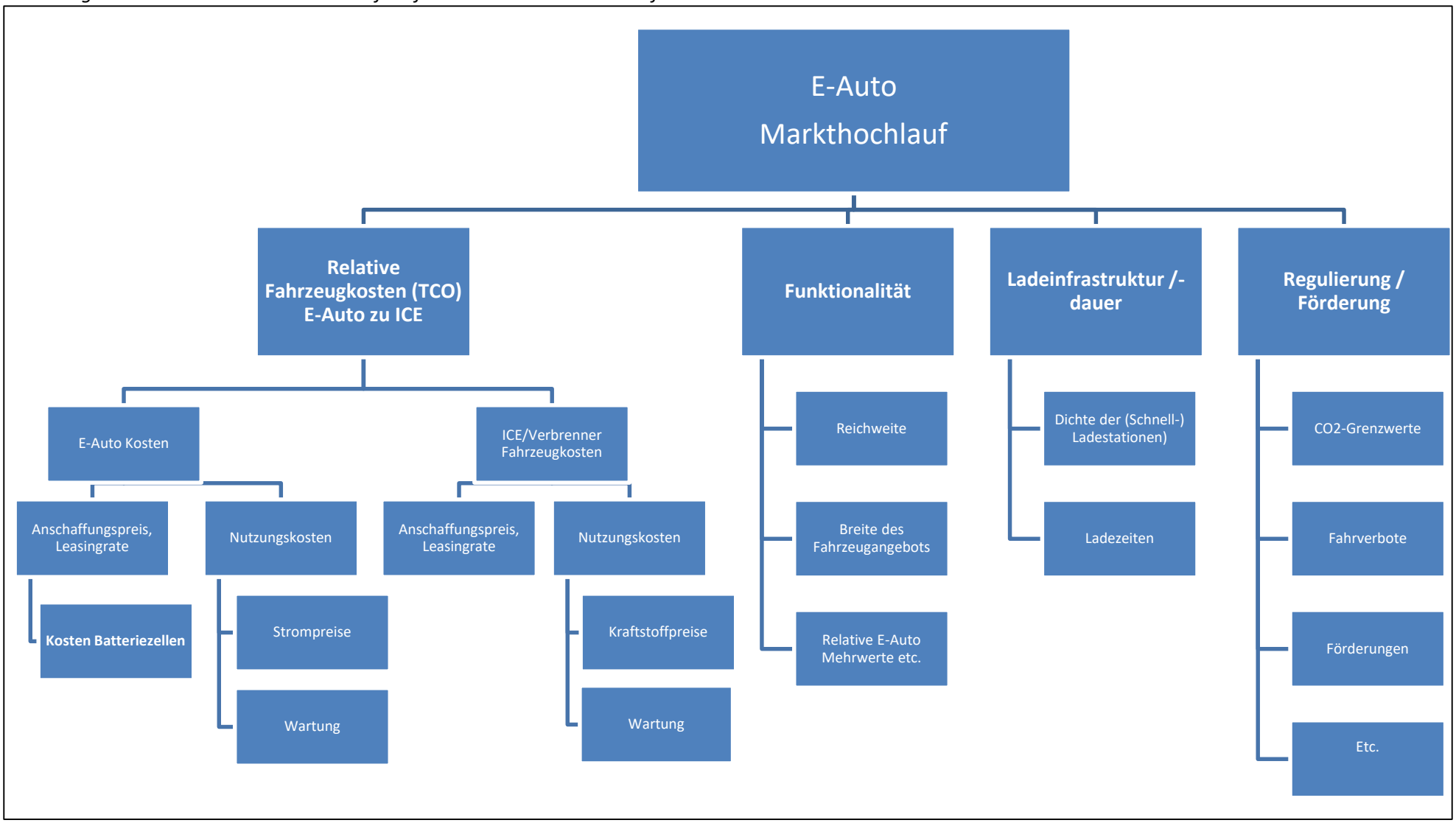
- Grundsätzlich wird im vorliegenden Markthochlaufmodell davon ausgegangen, dass private und gewerbliche Käufer bzw. Nutzer nur eine begrenzt ökonomisch rationale Auswahl bestimmter Antriebsarten bei Kraftfahrzeugen in Abhängigkeit der Gesamtnutzungskosten (engl. TCO: total cost of ownership) treffen. Daneben sind weitere Faktoren wie Funktionalität (z.B. Reichweite) und infrastrukturelle Voraussetzungen (z.B. Ladeinfrastuktur) sowie erwartete regulative Rahmenbedingungen relevant. Bei gewerblichen Akteuren spielen Anschaffungspreise und Gesamtnutzungskosten freilich eine größere Rolle als bei privaten Käufern. In der notwendigerweise vereinfachten Modellierung wird angenommen, dass die Autokäufer bzw. Nutzer eine optimale Entscheidung zwischen Antriebsarten unter Berücksichtigung der für sie relevanten Parameter und Kosten treffen. Auf Basis dieser optimierten Auswahl wird die Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge nach verschiedenen Szenarien errechnet bzw. abgeschätzt.
- Das vorliegende - naturgemäß vereinfachte - Modell (vgl. Abb. 26) geht auf Basis einschlägiger Literatur davon aus, dass folgende **vier Kategorien von Einflussfaktoren eine dominante Bedeutung auf den Markthochlauf** der E-Mobilität besitzen:
  - Relative Fahrzeugkosten der Elektroautos (BEV, PHEV) (im Verhältnis zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor)
  - Funktionalität (des E-Autos)
  - Ladeinfrastruktur/-dauer
  - Regulierung/Förderung
  - Diese werden Faktoren werden nachfolgend diskutiert.

Abbildung 38: Heuristisches Modell der Einflussfaktoren des Markthochlaufs der E-Mobilität (Detailansicht auf der Folgeseite)



Quelle: CAM

Abbildung 39: Heuristisches Modell der Einflussfaktoren des Markthochlaufs der E-Mobilität



Quelle: CAM

- Die relativen Fahrzeugkosten der E-Autos (BEV, PHEV) sind ein zentraler Einflussfaktor sowohl im privaten als auch - in noch stärkeren Umfang - im gewerblichen Bereich. Hierbei vergleichen die Käufer bzw. Interessenten Anschaffungspreise sowie die Nutzungskosten von E-Autos mit denen von Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben in gleichen Segmentgruppen (z.B. Mittelklasse) (vgl. CAM/YouGov 2017, S. 28; McKinsey 2017, S. 13). Eine dominante Bedeutung für die Endkundenpreise von E-Autos haben die Kosten für die Batterien, insbesondere für die Batteriezellen. Beim Verbrennungsmotor gibt es zwar relevante Anschaffungspreisdifferenzen zwischen benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeugen. Bei den Nutzungskosten übt insbesondere jedoch die Höhe der Kraftstoffpreise einen großen Einfluss auf die gesamten Fahrzeugkosten aus.
- Die Funktionalität der Elektrofahrzeuge bzw. deren Alltagstauglichkeit ist aus Kundensicht eine wichtige Voraussetzung für den Kauf der Fahrzeuge. Zahlreiche Befragungen zeigen, dass hierbei insbesondere die im Vergleich zu herkömmlichen Antriebskonzepten begrenzte Reichweite der E-Fahrzeuge eine zentrale Rolle einnimmt. Daneben ist die Breite des E-Fahrzeugangebots im Hinblick auf Segmentvielfalt und Markenvielfalt ein wichtiger Einflussfaktor (vgl. CAM/YouGov 2017, S. 28; McKinsey 2017, S. 13; DLR 2015).
- Die Ladeinfrastruktur ist ein weiterer relevanter Einflussfaktor, der in einem interdependenten Zusammenhang mit der Reichweite der Fahrzeuge steht. Die Verfügbarkeit bzw. Dichte von privaten und/oder öffentlichen Ladestationen sowie die Ladedauer sind kundenrelevante Faktoren, die die Einsatzmöglichkeiten von E-Autos stark determinieren. Hierbei besteht ein Systemzusammenhang zwischen Ladeinfrastruktur und Reichweite. Bei einer dichten Ladeinfrastruktur inkl. Schnellademöglichkeiten sind niedrige Reichweiten der Fahrzeuge relativ unproblematisch, während umgekehrt geringe Lademöglichkeiten hohe Reichweiten voraussetzen (vgl. CAM/YouGov 2017, S. 28; McKinsey 2017, S. 13).
- Eine wichtige Bedeutung für den Markthochlauf von E-Autos hat ferner der Faktor Regulierung und Förderung. Hierbei sind einerseits direkte und indirekte Anreize wie finanzielle Förderungen (Kaufprämien) oder Bevorzugungen wie Benutzung von Busspuren relevant. Andererseits sind auch regulative Vorgaben bzw. Disincentives für konventionelle Fahrzeuge relevant, wie etwa CO2-Gesetzgebung, Fahrverbote, die die Wettbewerbspositionen der Antriebsalternativen verändern.

5.2.1 Relative Fahrzeugkosten der E-Autos (1)

- Die **relativen Fahrzeugkosten von E-Autos** sind derzeit zumeist noch deutlich höher als die von vergleichbaren Modellen mit Verbrennungsmotor. Dies gilt sowohl für die Anschaffungspreise* als auch für die Gesamtnutzungskosten.
  - Beispielhaft kann hier der VW Golf 1.2 TSI, eines der meistverkauften Modelle in Europa, im Vergleich zum e-Golf angeführt werden. Der e-Golf ist beim Basispreis im Vergleich zum Benzinmodell nicht nur rund 10.000 Euro teurer. Auch die Gesamtnutzungskosten (pro Monat, pro km) liegen etwa nach Berechnungen des ADAC (2016) mehr als 10 Prozent höher (vgl. Abbildung 27). Bei der Berechnung wurde u.a. ein Haltedauer von 4 Jahren und eine durchschnittliche Fahrleistung von 15.000 km angenommen. Ähnliche relative Mehrkosten für E-Autos ergeben sich auch im Vergleich mit anderen E-Auto Modellen wie den BMW i3 oder auch den Renault Zoe (vgl. ebd; vgl. auch ISI 2014, S. 65).
  - Selbst unter Einberechnung eines Zuschusses von 4.000 Euro Elektroprämie fahren nach der ADAC Studie nur zwei von zwölf getesteten E-Autos günstiger pro Kilometer als vergleichbare Fahrzeuge (ADAC 2016). Bei allen übrigen Modellen liegen die Kosten für den Verbraucher um vier bis 10 Cent pro Kilometer trotz Kaufprämie höher, was Mehrkosten von rund 5-10 Prozent entspricht.
- Bei den Wartungskosten haben insbesondere batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) erhebliche Vorteile vor Modellen mit Verbrennungsmotor. E-Fahrzeuge haben etwa im Motorenvergleich eine deutliche geringere Zahl an beweglichen Teilen. Ferner ist durch Rekuperation auch der Bremsenverschleiß deutlich geringer und es fehlen wartungsintensive Bauteile wie Getriebe und Abgasanlagen. Studien beziffern den Preisvorteil der Wartungskosten von BEV zu konventionellen Antrieben mit 5,85 zu 6,75 ct/km bzw. -13 Prozent (ISI 2014, S. 66). Weitere Studien kommen sogar noch auf höhere Preisvorteile von BEV bei der Wartung und Reparatur (z.B. Ifa 2012).

* "However, the unsubsidized price of these EVs is still above the average price of around $35,000 for a new vehicle purchase in the US (~$29,500 in Europe, ~$24,000 in China). Yet if battery costs continue to trend downwards, a clear path exists towards EV and ICE model price parity in selected segments in the next decade." McKinsey 2017, S. 8)

- Zu den Nutzungskosten von E-Fahrzeugen zählen die Kosten für den Stromverbrauch. Die Strompreise für Haushaltsstrom lagen in 2016 bei rund 0,29€/kWh (DLR/KIT 2016, S. 11). Elektrofahrzeuge haben in der Nutzungsphase Kostenvorteile, da die Stromkosten günstiger als die Kraftstoffkosten sind. Bei einem Durchschnitt von 15 kW/100 km entstehen bei E-Autos Kosten von 4,35 Euro. Demgegenüber betragen die Kraftstoffkosten pro 100 km beim Diesel oder Benziner bei einem durschnittlichen Verbrauch von 5 l/ 100 km trotz der derzeit sehr niedrigen Kraftstoffpreise rund 5,25 Euro (Dieselpreis 1,05€) bzw. 6,25 Euro (Benzinpreis €1,25) kostet.
- Insgesamt liegt der Preisunterschied bei relativen Fahrzeugmehrkosten der E-Autos aber vor allem an den Batteriesystemkosten. Das Batteriesystem hat den weitaus höchsten Anteil an der Gesamtwertschöpfung des E-Autos (vgl. eVchain.NRW 2014, S. 90). Den höchsten Kostenanteil mit rund 63 Prozent an den gesamten Batteriekosten entfallen auf die Batteriezellen. Daneben kann die Produktion der Batteriemodule (31%) und Batteriepacks (6%) unterschieden werden (ebd.).

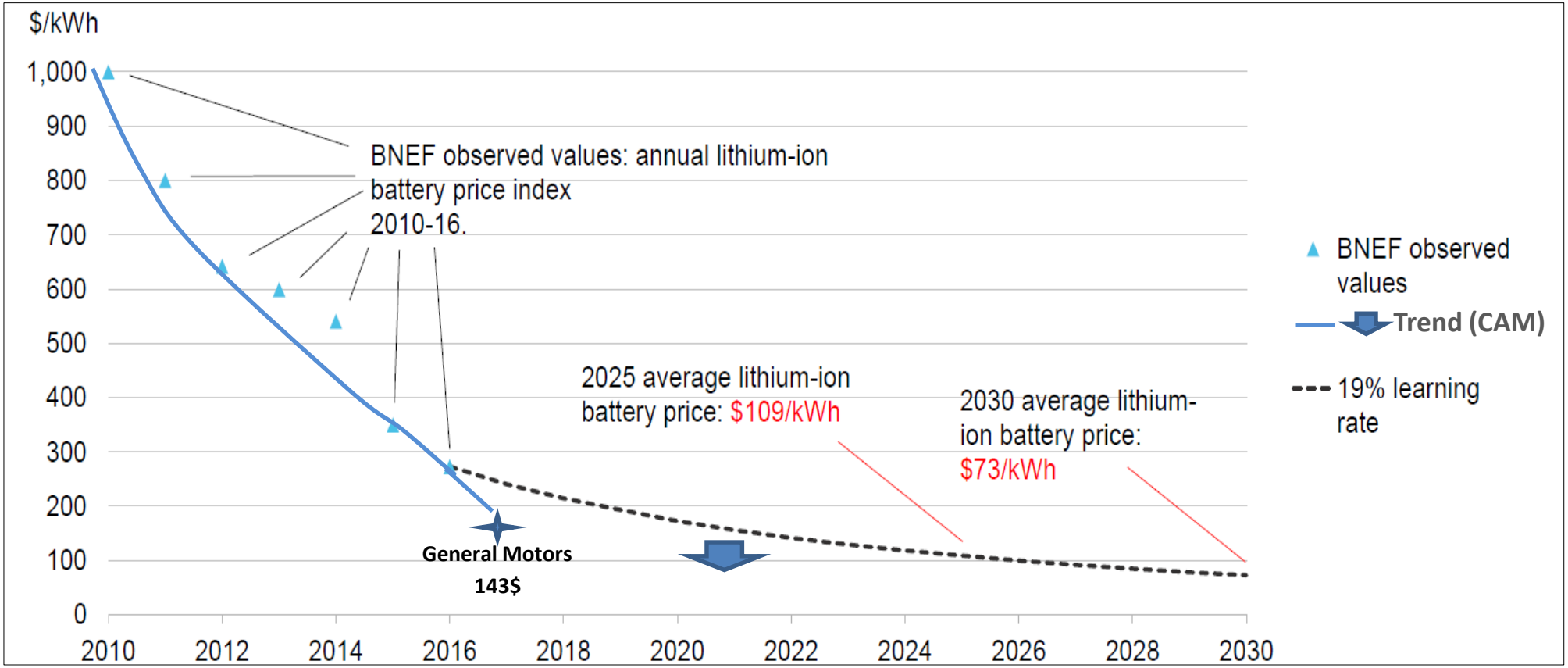
Abbildung 40: Relative Fahrzeugkosten von E-Autos im Vergleich ausgewählter konventioneller Modelle

Marke/ Fahrzeug- Modell	Kraftstoff	kW	Grund-preis	Gesamtkosten pro Monat (Euro)	Cent pro km
BMW i3	Strom	125	34 950	647	51,8
Mini Cooper S Steptronic	SuperPlus	141	26 600	555	44,4
Mini Cooper SD Steptronic	Diesel	125	28 300	536	42,9
Renault Zoe Intens	Strom	65	23 300	549	43,9
Renault Clio ENERGY TCe 90 Intens	Superbenzin	66	16 590	453	36,2
Renault Clio ENERGY dCi 90 Intens EDC	Diesel	66	19 990	451	36,1
VW e-Golf	Strom	85	34900	657	52,6
VW Golf 1.2 TSI BMT Comfortline DSG	Superbenzin	81	24175	596	47,7
VW Golf 1.6 TDI BMT Comfortline DSG	Diesel	81	26675	581	46,5

Alle Kosten und Preise in Euro bzw. Eurocent je km inkl. Steuern je Monat über eine Haltedauer von 4 Jahren mit jeweils 15.000 km Fahrleistung pro Jahr; Angewandte Kraftstoffpreise: Superbenzin: 1,30 € /Ltr. SuperPlus: 1,35 € / Ltr. Diesel: 1,10 € / Ltr. Strom: 0,28 € / kWh
Quelle: ADAC 2017; CAM

- Die Kosten für Batterien sind bereits kontinuierlich gesunken. GM sagte im ersten Quartal, dass seine Lithium-Ionen-Batterien etwa 145 Dollar pro Kilowattstunde kosten. Das Ziel ist es, die Kosten in den nächsten Jahren auf unter 100 Dollar zu drücken.
- BNEF prognostiziert, dass die Batteriekosten im Jahr 2025 auf 109 US-Dollar pro kWh und bis 2030 auf 73 US-Dollar sinken werden. Das ist der Grund, warum der weltweite Absatz von Elektroautos den Absatz von Fahrzeugen, die bis 2040 fossile Brennstoffe verbrennen, übertreffen wird.

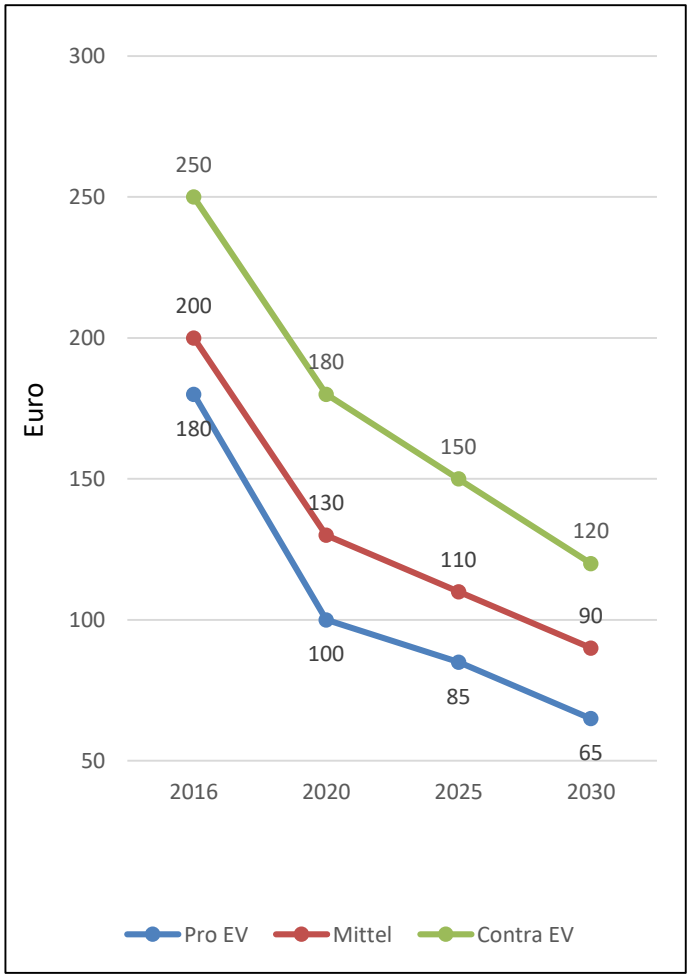
Abbildung 41: Entwicklung Batteriekosten (in €/kWh)



Source: Bloomberg New Energy Finance EVO 2017; CAM
Note: Prices are an average of BEV and PHEV batteries and include both cell and pack costs.

- Die Batteriekosten sind in den letzten Jahren einem starken Preisverfall ausgesetzt. Nach verschiedenen Studien sind die Kosten von rund 900 Euro pro kWh im Jahr 2010 bereits auf derzeit rund 200-320 €/kWh gesunken (vgl. Abbildung). Damit liegen allein die Batteriekosten eines E-Fahrzeugs im Kompaktsegment, z.B. Chevrolet Bolt/Opel Ampera E (mit 60 kWh) jedoch immer noch zwischen 19.200 und rund 12.000 Euro. Entsprechend müssen die Batteriekosten als zentraler Einflussfaktor bei den relativen Fahrzeugkosten gewertet werden.
- Die Batterieherstellkosten (in €/ kWh) können als dominanter Einflussfaktor die relativen Fahrzeugkosten und damit die Gesamtnutzungskosten der Elektrofahrzeuge entscheidend beeinflussen. Darüber hinaus wird indirekt die Funktionalität (Reichweite) beeinflusst, da geringere Batteriekosten auch die Chance bieten mehr Batteriezellen für höhere Reichweiten zu verbauen.
- Grundsätzlich wird in Studien mit weiteren deutlichen Kostensenkungs-potenzialen bei Batteriesystemen gerechnet. Da rund 75 Prozent der gesamten Batteriekosten von der Produktionsmenge abhängen, werden Kostenreduktionen vor allem durch Massenproduktion (Economies of Scale – Effekte) erwartet (eVchain.NRW 2014, S. 90; BP 2017, S.46). Einschlägige Publikationen unterscheiden sich zwar in der Höhe. Die meisten gehen jedoch von hohen möglichen Kostenreduktionen bis ins Jahr 2030 aus (vgl. Abbildung). Für diese Studie wird die Bandbreite von der Kostenreduktionen durch das Pro-EV und Contra-EV Szenario sowie das mittlere Szenario abgebildet.

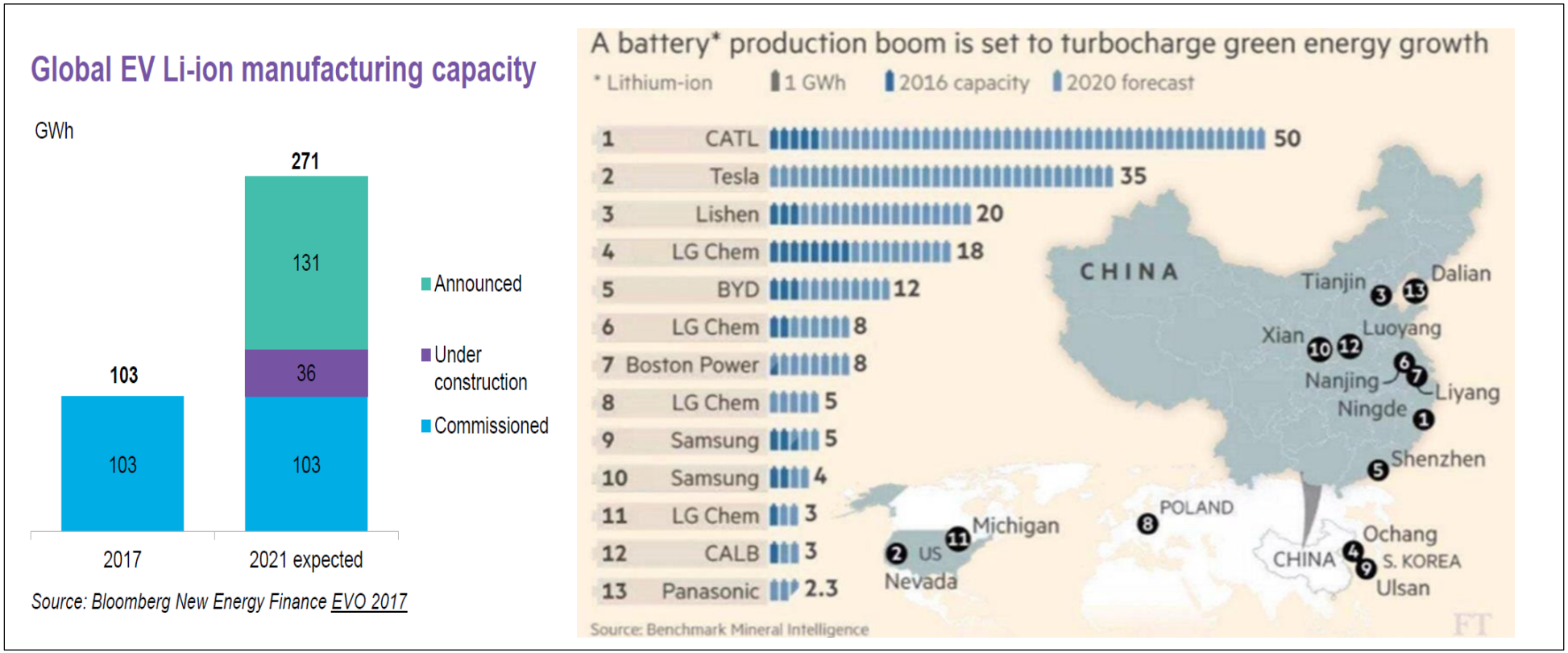
Abbildung 42: Batteriekosten (in €/kWh)



Quelle: CAM

- Die Batteriehersteller werden ihre Produktionskapazitäten in den nächsten Jahren spürbar ausweiten. Ausgehend von dem Jahr 2017 mit weltweit gut 100 Gigawattstunden Kapazität wird dieser Wert bis 2012 auf gut 271 GWh ansteigen. Darunter finden sich bereits für 36 GWh Produktionsanlagen im Bau (z.B. von Tesla), weitere 131 GWh sind angekündigt.
- Um die ambitionierten E-Auto-Quoten der chinesischen Regierung zu erfüllen, sind allerdings bis zum Jahr 2030 ca. 900 GWh Produktionskapazität nötig – allein für den chinesischen Markt.

Abbildung 43: Produktionskapazität für Batterien



- Im Pro-EV Szenario wird davon ausgegangen, dass die Batteriesystemkosten von heute 180 € auf 100€ im Jahr 2020 und 65 € pro kWh in 2030 sinken
- Im Contra-EV Szenario wird dagegen ausgehend von 250€ in 2016 eine moderate Reduktion auf 120€ in 2030 angenommen.
- Im Mittleren Szenario sinken die Kosten von heute 200€ auf 130€ in 2020 bis auf 90 € im Jahr 2030.

Abbildung 44: Kostenschätzung Batterie EUR / kWh im Überblick

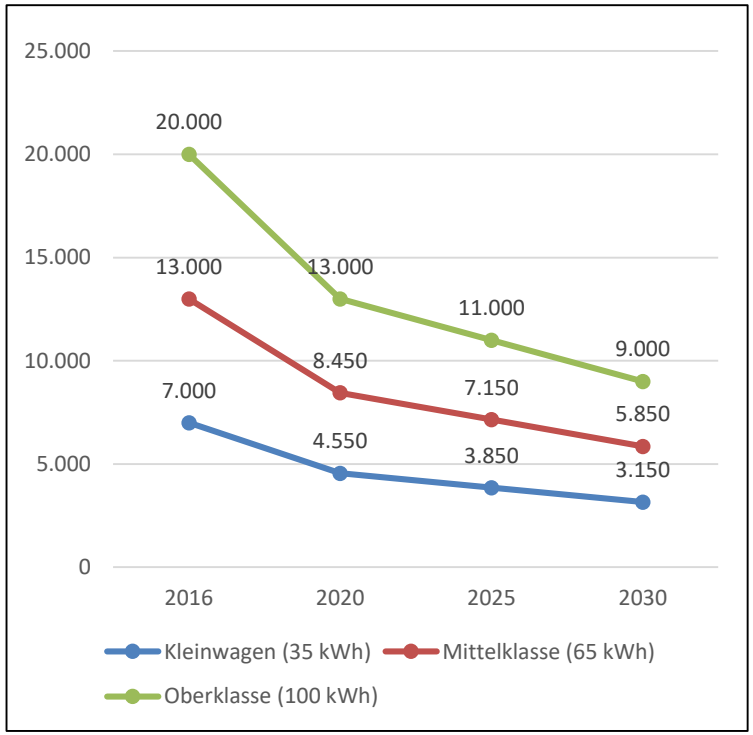
	2010	2014	2015	2016	2017	2020	2022	2025	2030	Quellen
Fraunhofer ISI 2014 (Base-Szenario)	850	400	380	350	300	280				ISI 2014, S.53
The Advanced Lead-Acid Battery Consortium 2017		273				114				http://www.alabc.org/publications/blog/doe-embraces-201cbeyond-lithium-ion201d-strategy-for-advanced-battery-development
Bloomberg 2017				319					<109	https://about.bnef.com/blog/electric-vehicles-to-be-35-of-global-new-car-sales-by-2040/
Jon Bereisa 2017 (Ex-Chief Engineer Chevrolet Volt)	910							121-141		https://www.streetinsider.com/Analyst+Comments/UBS+Sees+Telsas+%28TSLA%29+Model+3+As+Unprofitable/11540932.html?si_client=st
Tesla 2017					190	100				https://electrek.co/2017/01/30/electric-vehicle-battery-cost-dropped-80-6-years-227kwh-tesla-190kwh/amp/
McKinsey 2017	910	492	245	207					<100	http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/electrifying-insights-how-automakers-can-drive-electrified-vehicle-sales-and-profitability
Amsterdam Roundtables 2014			349			179		148		http://www.mckinsey.com/netherlands/our-insights/electric-vehicles-in-europe-gearing-up-for-a-new-phase
Deloitte Truck Studie 2016				220				104		https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/operations/Detoitte%20Global%20Truck%20Studie%202016.pdf

Quelle: CAM

Anm.: Angewandter, gerundeter Wechselkurs (15.5.2017) US$ – EUR : 1,10

- Die Batteriekosten wirken sich in den jeweiligen Szenarien erheblich auf die relativen Fahrzeugkosten unterschiedlicher Segmente aus. Ausgehend von einem mittleren Szenario ergeben sich folgende Batteriesystemkosten:
  - Für Oberklassefahrzeuge mit einer Batteriekapazität von 100 kWh sinken die Batteriesystemkosten von heute 20.000 Euro auf 13.000 Euro in 2020. Im Jahr 2030 betragen diese dann nur noch 9.000 Euro.
  - In der Mittelklasse können bei Fahrzeugen mit 65 kWh Batteriekapazität die Batteriekosten bereits im Jahr 2020 auf 8.450 Euro sinken und im Jahr 2030 sich dann deutlich unter 6.000 Euro bewegen.
  - Bei Kleinwagen mit angenommenen 35 kWh Kapazität sinken die Batteriekosten dann von 7.000 Euro heute auf nur noch 3.150 Euro in 2030.

Abbildung 45: Batteriekosten (in Euro) – Mittleres Szenario



Quelle: CAM

- Basierend auf diesen Szenarien könnte sich in der ersten Hälfte der 2020er Jahre eine Preisparität zwischen Elektrofahrzeugen verschiedener Segmente und den Verbrennungsmotoren entwickeln. Hierauf weisen auch andere Studien hin.* Für die relativen Fahrzeugkosten spielen jedoch naturgemäß auch die Preisentwicklungen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren eine wichtige Rolle.

* "Current projections put EV battery pack prices below $190/kWh by the end of the decade, and suggest the potential for pack prices to fall below $100/kWh by 2030.5 Lower costs for battery packs could potentially bring base versions of the Chevy Bolt below $30,000, and base versions of the Tesla Model 3 below $40,000 after the $7,500 federal tax subsidy is applied. However, the unsubsidized price of these EVs is still above the average price of around $35,000 for a new vehicle purchase in the US (~$29,500 in Europe, ~$24,000 in China). Yet if battery costs continue to trend downwards, a clear path exists towards EV and ICE model price parity in selected segments in the next decade." (McKinsey 2017, S. 10).

- Für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren (*ICE)* muss mit steigenden Kosten für **Abgasreinhaltungsmaßnahmen** (NOx, Partikel etc.) aufgrund sich verschärfender Umweltregulation von Diesel- und Benzinmotoren gerechnet werden. Hierzu zählen die bereits verabschiedeten Regelungen zu den Real Drive Emissions (RDE) von Dieselfahrzeugen, bei denen neben den Labortests auch die Grenzwerte bei Tests im realen Fahrbetrieb eingehalten werden müssen. Die Neuentwicklung bzw. Aufrüstung von Dieselmotoren mit Harnstofftanks (AdBlue) verursacht nach CAM-Schätzungen Mehrkosten von 500-1.000 Euro. Dadurch steigen künftig die Anschaffungskosten der ICE Fahrzeuge erheblich.
- Ein zentraler Einflussfaktor der Gesamtnutzungskosten sind darüber hinaus die **Kraftstoffkosten.** So hängen die Wirtschaftlichkeitsberechnungen für alle ICE und Hybrid-Varianten in hohem Maße von den Kraftstoffkosten ab. Weitere Kostenpunkte wie Wertverlust als auch Wartung und Reparatur werden dabei als weitgehend stabil ausgeblendet.
- Die Höhe der Kraftstoffpreise in Deutschland wird dabei zum einen durch die Entwicklung der Rohölpreise (Weltmarktpreise) sowie zum anderen durch die Steuerbelastung determiniert. Die Prognose der Rohölpreise ist zwangsläufig mit hohen Unsicherheiten verbunden. In der aktuellen Prognose der US Energy Information Administration (2017) wird ausgehend vom aktuellen Jahr (2016) mit 50 Dollar pro Barrel mit folgender Entwicklung des Rohölpreises (Brent) kalkuliert: Im Jahr 2030 wird im Referenzszenario von 100$, im High Oil Price Szenario von 200$ und im Low Oil Price Szenario von 40$ ausgegangen (US EIA 2017, S. 27). Im Rahmen dieser Studie wird basierend auf Prognosen dieser und anderer externer Studien (vgl. Abbildung 31) von folgenden Entwicklungen der Kraftstoffpreise für das Jahr 2030 in den verschiedenen Szenarien wird ausgegangen:
  - Im Pro-EV Szenario wird von einem Steigerung der Benzin- bzw. Dieselpreise auf €2,00 bzw. auf €1,90 pro Liter gerechnet. Im Pro-EV Szenario wird gleichzeitig angenommen, dass die Steuern und Abgaben auf Benzin- und Dieselpreise in Deutschland moderat steigen und sich der Steuervorteil für Dieselfahrzeuge verringert.
  - Im mittleren Szenario wird von €1,60 bzw. €1,50 pro Liter ausgegangen. Gleichzeitig bleiben die Steuern und Abgaben auf Benzin- und Dieselpreise in Deutschland konstant, lediglich der Steuervorteil für Dieselfahrzeuge verringert sich.

5.2.1 Relative Fahrzeugkosten der E-Autos (9): Kraftstoffkosten in Deutschland und der EU

- Im Contra-EV Szenario steigen die Preise nur wenig und liegen bei €1,35 bzw. €1,25 pro Liter. Die Steuern bleiben in diesem Szenario unverändert.
- Für das Modell werden die Benzin- bzw. Dieselpreise von 2016 linear auf das Jahr 2030 interpoliert. Insgesamt sind die Spreizungen zwischen den drei Szenarien vor dem Hintergrund der starken preislichen Veränderungen der Rohölpreise in der Vergangenheit als vergleichsweise moderat einzuschätzen.
- Durch die steigenden Kraftstoffkosten Jahr können sich die relativen Fahrzeugkosten für E-Autos im Vergleich zum Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren verbessern. Dabei muss im Modell jedoch auch unterstellt werden, dass durch weitere fahrzeug- bzw. motorentechnische Optimierungen der Durchschnittsverbrauch der Fahrzeuge gegenüber 2016 um rund 30 Prozent sinken wird. Angesichts der Anstrengungen in der Vergangenheit scheint dies durchaus realistisch. Angenommen werden für das Jahr 2030 bei Neuzulassungen Durchschnittsverbräuche bei Benzinmodellen von 4,5 Litern/100 km (2016: 6,5l) bzw. bei Dieselmodellen von 4 Litern/100 km (2016: 5,5l). Auf Basis dieser Daten ergeben sich für die Szenarien folgende Entwicklungen:
  - Danach liegen die Kraftstoffkosten bei Jahresfahrleistungen von 15.000 km im Jahr 2030 im mittleren Szenario zwischen 1.080 (Benzin) und 900 (Diesel) Euro. Diese Kosten bewegen sich bei Benzin um rund 10 Prozent unter den heutigen Kosten und bei Diesel etwa auf dem Niveau von heute.
  - Im Pro-EV Szenario steigen diese aufgrund höherer Benzin- und Dieselpreise auf 1.350 bzw. 1.140 Euro. Das sind Steigerungen um rund 10 Prozent gegenüber heute bei Benzinern bzw. um 2 Prozent bei Dieseln.
  - Dagegen werden im Contra-EV Szenario Kraftstoffkosten von 911 bzw. 750 Euro angenommen, was 15-25 Prozent günstiger ist als heute.

- **USA:**
  - Die Annahmen für die **Abgasreinhaltungskosten** gelten ähnlich für die USA. Allerdings liegt der Schwerpunkt hier auf den Benzinmotoren, da außerhalb der Nutzfahrzeuge der Dieselmotor in den USA nach dem Skandal um manipulierte Volkswagen-Dieselmodelle von den Absatzzahlen keine große Rolle spielt.
  - Die US-Preise für Benzin bewegen sich in den letzten zwei Jahren nur moderat aufwärts und liegen derzeit bei ca. 0,70 USD (ca. 0,60 EUR) pro Liter.
  - Extrapoliert man diesen Trend für die Zukunft, so ist weiterhin mit moderaten Preissteigerungen zu rechnen: So könnte der Preis für 1 Liter auch noch 2019 bei unter 0,80 EUR liegen.
- **China**
  - Hier gelten die Aussagen vergleichbar zu den USA. Dieselmotoren in PKW sind in China nahezu unbekannt.
  - Die Benzinpreise in China haben sich in den letzten zwei Jahren noch moderater entwickelt als in den USA und liegen derzeit auf einem ähnlichen Niveau.
- **In beiden Ländern** ist der Druck der Kraftstoffpreise auf die E-Mobilität im Vergleich zu Europa bzw. Deutschland eher gering.

Abbildung 46: Kraftstoffpreise in den USA (Benzin, USD/Liter)

Abbildung 47: Kraftstoffpreise in China (Benzin, USD/Liter)

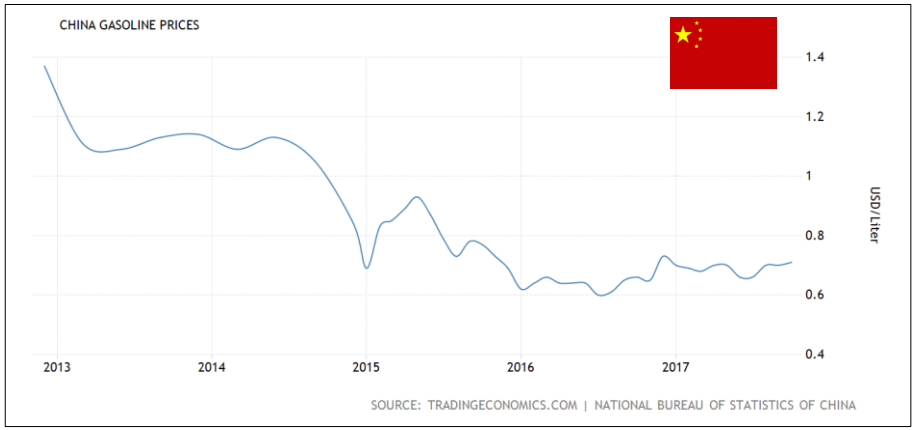


Abbildung 48: Kostenschätzung Kraftstoffe (in EUR Cent)

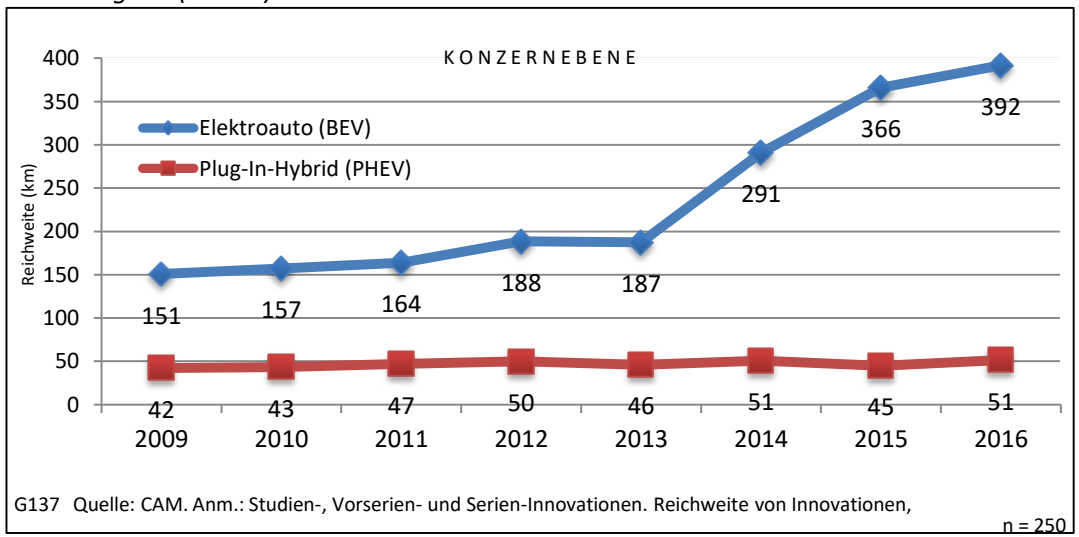
	2016*		2025		2030	
	Benzin	Diesel	Benzin	Diesel	Benzin	Diesel
IKT für Elektromobilität						
Pro-EV			156	140	158	142
Mittel			142	127	144	129
Contra-EV			128	114	129	116
Shell PKW Szenarien 2040						192**
CAM						
Pro-EV					**200**	**190**
Mittel	128	107			**160**	**150**
Contra-EV					**135**	**125**

Anmerkungen: * Ist Zahlen Jahresmittelwerte 2016 in Deutschland; ** Hier Jahr 2040
Quelle: CAM

- Insgesamt zeigt sich, dass sich die relativen Fahrzeugkosten für E-Autos selbst im Pro-EV Szenario durch den Parameter Kraftstoffpreise nur wenig verändern. Insbesondere die weiteren Verbrauchsoptimierungen bei Verbrennern federn mögliche Preiserhöhungen der Kraftstoffe ab. Mehrausgaben für Abgasreinigungssysteme von 500-1.000 Euro verschlechtern jedoch die relative Fahrzeugkosten des ICE.
- Eine zusammenfassende Bewertung des Parameters „Relative Fahrzeugkosten der E-Autos“ ergibt, dass diese bei den diskutierten Szenarien vor allem durch die Kosten des Batteriesystems bestimmt sind. Damit steht und fällt die preisliche Wettbewerbsfähigkeit der E-Autos im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Demgegenüber sind die deutlichen relativen Nutzungskostenvorteile von E-Fahrzeugen bei Wartung und Stromverbrauch vs. Kraftstoffverbrauch aus Kostensicht in den verschiedenen Szenarien eher vernachlässigbar.
- Mehr noch als in Europa bzw. Deutschland sind in China und den USA derzeit keine deutlich steigenden Kraftstoffkosten absehbar, die den Trend zur E-Mobilität unterstützen könnten. Für die Abgasreinigung gilt in den beiden Ländern prinzipiell zwar das gleiche wie in Europa, allerdings spielen Preiserhöhungen für Dieselfahrzeuge aufgrund der geringen Marktdurchdringung dieser Antriebsart im PKW-Segment keine große Rolle.

- Für das Modell des Markthochlaufs der E-Autos stellt neben den relativen Fahrzeugkosten die **Funktionalität der E-Autos** einen weiteren wichtiger Parameter dar. Zahlreiche Befragungen zeigen, dass für die Funktionalität der Elektrofahrzeuge bzw. deren Alltagstauglichkeit die Reichweite der E-Fahrzeuge eine zentrale Rolle spielt. Daneben ist auch die Breite des E-Fahrzeugangebots im Hinblick auf Segmentvielfalt und Markenvielfalt ein wichtiger Einflussfaktor (vgl. CAM/YouGov 2017, S. 28; McKinsey 2017, S. 13; DLR 2015).
- Bei der Reichweite müssen BEV und PHEV Modelle unterschieden werden. Eine Auswertung der elektrischen Norm-Reichweiten PHEV Modelle (Mittelwert bei Innovationen) zeigt, dass diese von rund 40 km in 2009 auf rund 50 km in 2016 angestiegen sind (vgl. Abbildungen 32/33; Bratzel et al. 2017). Bei BEV Modellen hat sich dagegen die mittlere elektrische Reichweite bei neuen Modellen seit dem Jahr 2009 von 150 km auf fast 400 km in 2016 mehr als verdoppelt. Gemittelt wurden 24 BEV und 18 PHEV, wobei sowohl Serienfahrzeuge als auch Vorserien- bzw. Studieninnovationen im Vergleich berücksichtigt wurden.
- Bei PHEV spielt die elektrische Reichweite aufgrund des verfügbaren ergänzenden Verbrennungsmotors eine geringere Rolle. Diese ist vorwiegend durch regulatorische Vorgaben von Ländern geprägt, so dass der PHEV als Elektrofahrzeug akzeptiert wird und etwa in den Genuss von staatlichen Prämien o.ä. kommt. Entsprechend wird die Reichweite von PHEV auch bei Fahrzeugen der nächsten Generation in etwa bei rund 50 km bleiben (DLR/KIT 2016, S. 9).

Abbildung 49: (Norm-) Reichweite von E-Autos



G137 Quelle: CAM. Anm.: Studien-, Vorserien- und Serien-Innovationen. Reichweite von Innovationen, n = 250

- Zu berücksichtigen ist, dass die Reichweite im praktischen Fahrbetrieb deutlich niedriger als die angegebene Norm-Reichweite ist. Manche Erhebungen gehen von einer Abweichung zwischen Norm und Realität von 13 Prozent aus (DLR/KIT 2016, S. 10). Dies erscheint jedoch bei normalen Fahrbetrieb als unrealistisch. Als realistischen Wert nimmt das CAM etwa bei der NEFZ-Norm eine um ein Drittel niedrigere Reichweite an. Bei einer Norm-Reichweite von derzeit 400 km (2016) liegt der realistische Radius bei moderatem Fahrstil damit bei rund 270 km.
- Für die Kundenakzeptanz von BEV ist die reale Reichweite zentral, da die Verfügbarkeit von (Schnell-)Ladestationen vielfach noch nicht befriedigend ist und die Ladezeiten hoch sind. Geringe Reichweiten der E-Fahrzeuge führen beim Kunden zum Phänomen der „Reichweitenangst“, also der Sorge auf der Strecke mit dem E-Fahrzeug liegen zu bleiben. Befragungen zeigen, dass (Privat-)Kunden eine reale Reichweite von 300-500 km als wichtige Voraussetzung für den Kauf eines E-Fahrzeugs erachten (vgl. z.B. CAM/YouGov 2017).
- Gleichwohl müssen verschiedene private und gewerbliche Nutzergruppen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Reichweite unterschieden werden. Bei Privatkunden ist zwischen dem Erstwagen, der auch für längere Fahrstrecken eingesetzt wird (z.B. Urlaub, Freizeit) und einem möglichen Zweit- bzw. Drittwagen, der häufig eher für regionale Wege genutzt wird, zu unterscheiden (vgl. DLR 2015).

Abbildung 50: Ausgewählte Reichweiten US-Markt 2017 in Meilen und Kilometern

Reichweite	Tesla Model S 100D	Tesla Model X 100D	Tesla Model S 75D	Chevrolet Bolt	BYD e6	E-Golf	Hyunadai ioniq	Focus Electric	BMW i3	Nissan Leaf	Kia Soul
Meilen	335	295	249	238	187	125	124	115	114	107	93
Kilometer	539	475	401	383	301	201	200	185	183	172	150

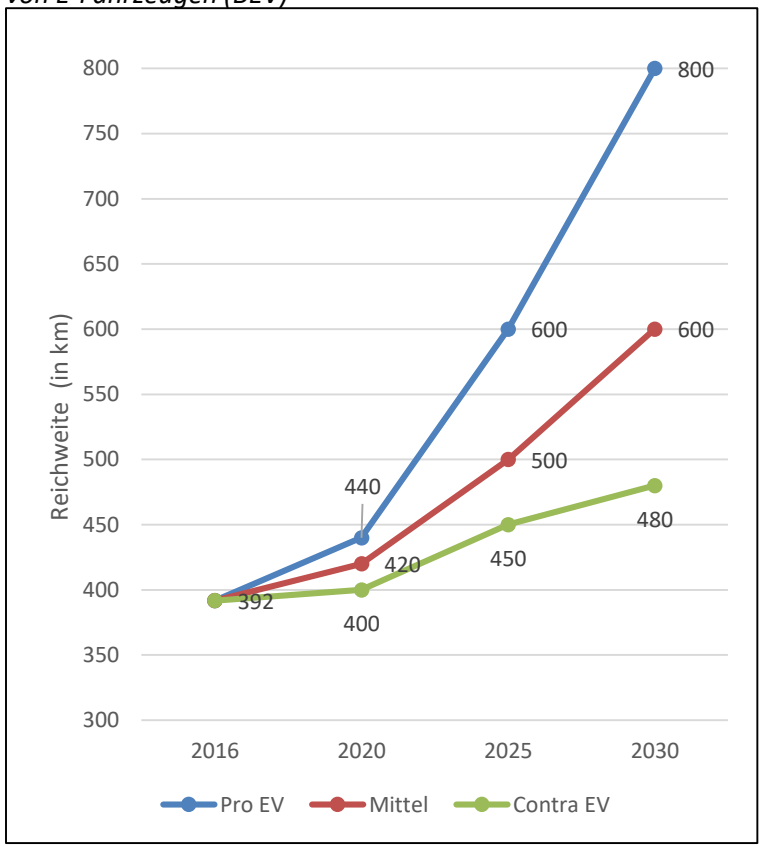
Quelle: CAM/ http://www.cheatsheet.com/automobiles/electric-vehicles-with-the-longest-driving-range.html/?a=viewall

- Grundsätzlich liegt die mittlere Jahresfahrleistung je nach Fahrzeuggröße zwischen 11.500 km (Kleinwagen) und 17.500 km (Großklasse) (vgl. ISI 2016, S. 75). Im Mittel liegen die täglichen Pkw-Fahrleistungen unter 50 km. Im Wirtschaftsverkehr schwanken die mittleren Tagesfahrleistungen innerhalb der Wirtschaftszweige erheblich. Im Verarbeiteten Gewerbe liegen die Werte im arithmetischen Mittel etwa bei 90 bzw. 130 km, der Median liegt bei etwa 50 km (ebd., S. 80). Bei den meisten anderen Wirtschaftszweigen liegt das arithmetische Mittel der Tagesfahrleistung bei weniger als 100 km, während der Median bei nur 50 km liegt. Gleichwohl wird die hohe Streuungsbreite deutlich, d.h. in Einzelfällen sind Tagesfahrleistungen von mehreren hundert Kilometer zu verzeichnen (ebd.).
- Insgesamt zeigt sich, dass für die mittleren Tagesfahrleistungen die Reichweiten der E-Fahrzeuge in vielen Fällen ausreichend sind. Allerdings muss sowohl bei Privat- als auch bei gewerblichen Nutzern die Streuung der täglichen Fahrleistungsanforderungen betrachtet werden, die in Einzelfällen längere Reichweiten notwendig machen.

- In den verschiedenen Szenarien wird von einer Erhöhung der Norm-Reichweite ausgegangen. Dabei handelt es sich um maximale Reichweiten, die auf bestimmte Segmente bzw. Modelle beschränkt bleiben werden (vgl. Abbildung 34).
  - Im Pro-EV Szenario wird angenommen, dass die Norm-Reichweite von BEV-Fahrzeugen von heute 400 km auf 600 km in 2025 bis auf 800 km in 2030 steigt. Vor dem Hintergrund bereits heute realisierter Reichweiten von Serienfahrzeugen von 550 km (Tesla) erscheint dies nicht unrealistisch.
  - Im Contra-EV Szenario wird dagegen nur mit Reichweiten von 480 km bis zum Jahr 2030 gerechnet.
  - Im Mittleren Szenario steigt die mögliche bestellbare Reichweite der BEV – Fahrzeuge auf 500 km in 2025 und weiter auf 600 km in 2030.

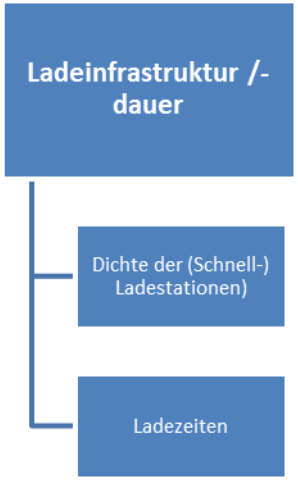
- Entsprechend kann für das Mittlere und das Pro-EV Szenario bis ins Jahr 2030 mit realen Reichweiten von 400 bis 550 km kalkuliert werden. Damit werden Reichweiten erreicht, die die Akzeptanz der Kunden für E-Fahrzeuge positiv beeinflussen werden. Im Contra-EV Szenario beträgt die reale Reichweite in 2030 immerhin rund 320 km und liegt damit am unteren Rand der Kundenerwartungen.
- Der Markthochlauf von E-Fahrzeugen wird auch von der Breite des Fahrzeugangebots beeinflusst. Entsprechend müssen für die verschiedenen Fahrzeugsegmente ausreichend Produkte bzw. Modelle mit den kaufrelevanten Merkmalen (Preis, Funktionalität, Design etc.) für den deutschen Markt vorhanden sein. In Abschnitt 4 wurde im Zusammenhang mit der Diskussion der Angebote und Ziele der Automobilhersteller auf die erwartete Modellausweitung bereits Bezug genommen. Danach ist ab den 2020er Jahren mit einer deutlichen Ausweitung des BEV-Produktportfolios der relevanten Hersteller zu rechnen. Es ist damit zu rechnen, dass die Ausdifferenzierung des E-Fahrzeugportfolios auch positive Auswirkungen auf Modellvarianten mit unterschiedlichen Reichweiten haben wird.

Abbildung 51: Szenarien der elektrischen (Norm-) Reichweiten von E-Fahrzeugen (BEV)



Quelle: CAM

- Die Reichweiten der E-Fahrzeuge ergeben sich vor allem aus der eingesetzten Batteriekapazität und führen zu höheren Batteriesystemkosten, die dann die E-Fahrzeuge verteuern. Entsprechend wird **aus Nutzer- bzw. Kundensicht eine Abwägung getroffen** zwischen den gewählten Reichweiten und damit den Kosten der Fahrzeuge und der Verfügbarkeit von (Schnell-) Ladeinfrastruktur. D.h. viele private und vor allem gewerbliche Kunden wählen ein Fahrzeug mit niedrigerer Reichweite, wenn für ihre jeweiligen Fahrprofile entsprechend ausreichende private und/oder öffentliche Ladeinfrastruktur vorhanden ist.



- Für den Markthochlauf von E-Fahrzeugen spielt aus Kundensicht entsprechend weiterhin auch die Verfügbarkeit bzw. Dichte von privaten und/oder öffentlichen Ladestationen sowie die Ladedauer neben den relativen Fahrzeugkosten und der Funktionalität eine zentrale Rolle. Hierbei besteht der oben erwähnte Systemzusammenhang zwischen der Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur und Reichweite.
- Der derzeitige Bestand an öffentlichen Ladepunkten in Deutschland liegt nach Angaben der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) bei 10.700 an rund 4.700 Ladesäulen. Darunter sind 530 Schnellladepunkte (Stand: September 2017). (vgl. NPE, http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/ladeinfrastruktur/ Abruf: 30.11.2017).
- Zur Verbesserung der Ladeinfrastruktur sind in Deutschland verschiedene Maßnahmen geplant bzw. in der Umsetzung, u.a.: steuerliche Anreize für Arbeitgeber beim Ausbau von Ladeinfrastruktur, staatliche Förderung beim Ausbau von Ladeinfrastruktur bis 2020, Vereinfachung des privaten und gewerblichen Betriebs von Ladestationen durch Gesetzesänderungen, Aufbau eines Schnellladenetzes für Achsen und Metropolen (vgl. BMWi 2014; vgl. DLR/KIT 2016, S. 39). Das Bundesverkehrsministerium hat etwa vor kurzem mit der Autobahn Tank & Rast GmbH vereinbart, alle ihrer rund 400 eigenen Raststätten an Bundesautobahnen mit Schnellladesäulen und Parkplätzen für Elektrofahrzeuge auszustatten.
- Verschiedene Studien haben den Ladeinfrastrukturbedarf in Deutschland abgeschätzt (ISI 2014: 84 ff.; Öko-Institut 2014). Eine aktuelle Studie im Auftrag des Wirtschaftsministeriums (BMWi) kommt zum Ergebnis, dass der Ladeinfrastrukturbedarf für das Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen im Fahrzeugbestand in Deutschland ca. 33.000 öffentliche und halböffentliche Ladepunkte beträgt. Hinzu kämen ca. 2.600 öffentliche Ladepunkte für den Fernverkehr, wobei zur Versorgungssicherheit weitere 4.000 Ladepunkte als sinnvoll erachtet werden (vgl. DLR/KIT 2016, S. 6).

- Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), das Beratungsgremium der Bundesregierung, geht noch von einem höheren Ladeinfrastrukturbedarf aus, um das Ziel von 1 Mio. E-Fahrzeugen in 2020 zu erreichen. Danach wurde ein Bedarf von 70.000 öffentlichen Ladepunkten und 7.100 Schnellladesäulen ermittelt (vgl. NPE, http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/ladeinfrastruktur/ Abruf: 21.6.2017).
- Für den Fernverkehr sind besondere Aspekte der Ladeinfrastruktur zu beachten. Die Grundversorgung muss Engpassaspekte bzw. Ladespitzen der Nachfrage mitberücksichtigen, wobei vor allem das Wochenende und Ferienverkehre entscheidend sind. Aufgrund des angesprochenen Systemzusammenhangs entstünde bei höherer elektrischer Reichweite ein deutlich geringerer Ladebedarf im Fernverkehr und damit auch eine geringere Erfordernis, Ladeinfrastruktur bereitzustellen. Darüber hinaus sind die zu kalkulierenden Ladewartezeiten als Komfortfaktor eine der weiteren und entscheidenden Einflussgrößen (vgl. Abbildung 35).
- Studien ergeben auf Basis von Befragungen für verschiedene Nutzerprofile, dass prinzipiell das private Laden die höchste Attraktivität besitzt, während das Laden im öffentlichen Raum mit normaler Anschlussleistung am unattraktivsten ist (vgl. DLR/KIT 2016, S. 11 f.). „Generell wünschen sich Nutzer öffentliche Ladeinfrastruktur an Standorten, an denen sie oft parken (Arbeit, Einkauf und Freizeit) und während kurzer Fahrtunterbrechungen (Stopp zum Laden).“ (ebd., S.12) (vgl. Abbildung 36).
- Sensitivitätsberechnungen für den Ladeinfrastrukturbedarf in Deutschland zeigen zudem, dass eine Installation eines Angebots von Ladestationen vorwiegend *am Straßenrand in Wohngebieten* zu hohen Ineffizienzen führt. Es würde zu einer Verdopplung der notwendigen öffentliche Ladeinfrastruktur führen, weil die langen Belegungszeiten zu einem ineffizienten Gebrauch dieser Infrastruktur beitragen. Entsprechend bietet sich eine derartige Installation nicht an (DLR/KIT 2016, S. 24). Demgegenüber führt die Erhöhung der Lademöglichkeiten am eigenen Haus zu einer überproportionalen Abnahme des Bedarfs von öffentlicher Ladeinfrastruktur. Allerdings werden mit einer allein privaten Ladeinfrastruktur zuhause nicht alle Ladebedürfnisse abgedeckt, so dass zusätzlich auch eine dichte öffentliche Ladeinfrastruktur notwendig ist (vgl. ebd.)

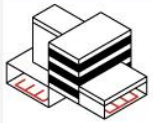
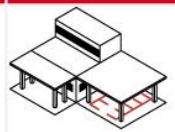
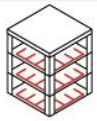
Abbildung 52: Darstellung des Ladeinfrastrukturbedarfs im Fernverkehr (LP – Ladepunkt)

	Basisladeinfra-struktur (Grundversorgung) Erlaubt das Durchqueren Deutschlands mit einem elektrischen Fahrzeug	Ergänzungen, da in Abhängigkeit der Fahrtzweckstruktur eine Nachfrage das durch die Grundversorgung abgedeckte Angebot überschreitet			Insgesamt
		Erforderliche zusätzliche Ladeinfrastruktur über die Grundversorgung hinaus Di - Do	In Normalwochen unter Berücksichtigung der Nachfragestruktur am Wochenende Fr, So	Unter Berück-sichtigung von Ferienereig-nissen mit anderer Ziel-wahl	
Auto-bahnen (BAB)	**650 LP** alle 40 km ein Ladepunkt	**+ 150 LP**	**+ 550 LP**	**+ 850 LP**	**2.200 LP**
Bundes-straßen	**170 LP** Ein Ladepunkt je Rasterzelle (50 x 50 km)	**+ 0 LP**	**+ 100 LP**	**+ 90 LP**	**360 LP**

Quelle: DLR/KIT 2016, S. 31

„Der ermittelte Ladeinfrastrukturbedarf für eine Million Elektrofahrzeuge in Deutschland im Jahr 2020 beträgt circa 33.000 öffentliche- und halböffentliche Ladepunkte für den Alltagsverkehr, sowie circa 2.600 öffentliche Ladepunkte für den Fernverkehr. Je nach Ausgestaltung der Normalladeinfrastruktur und angestrebter Versorgungssicherheit sind zusätzlich bis zu etwa 4.000 Schnellladepunkte sinnvoll.“ (DLR/KIT 2016, S. 6).

Abbildung 53: Übersicht der verschiedenen Lademöglichkeiten und -standorte

Anteile der Ladevorgänge	Privater Aufstellort: aktuell 85 %			Öffentlich zugänglicher Aufstellort: aktuell 15 %		
Typische Standorte für Lade-infrastruktur	Einzel- / Doppel-garage bzw. Stellplatz beim Eigenheim	Parkplätze bzw. Tiefgarage von Wohnanlagen, Mehrfamilien-häusern, Wohn-blocks	 Firmenpark-plätze auf eigenem Gelände	 Autohof, Autobahn-Raststätte	 Einkaufs-zentren, Parkhäuser, Kundenpark-plätze	Straßenrand / öffentliche Parkplätze
Vorgaben zur Lade-technologie	Combined Charging System vorschreiben			Combined Charging System als Mindeststandard in Ladesäulenverordnung vorgeschrieben		
Ladedauer für 20 kWh (Verbrauch für 100 km)	**6 Stunden** (AC 3,7 kW)	**6 Stunden** (AC 3,7 kW) **1-2 Stunden** (AC/DC 11-22 kW)	**6 Stunden** (AC 3,7 kW)	**30 Minuten** (DC 50 kW) **10 Minuten** (DC 150 kW)	**6 Stunden** (AC 3,7 kW)	**1-2 Stunden** (AC/DC 11-22 kW)
Ladedauer perspektivisch				**wenige Minuten** (DC 350 kW)		
Strom-versorgung	Über vorhandenen Hausanschluss	Über vorhandenen Anschluss der Anlage oder separaten Anschluss an das Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsnetz				Über vorhandene Infrastruktur (z.B. Straßenbeleuch-tung) oder neuen Anschluss an das Niederspannungs- bzw. Mittel-spannungsnetz
Abrechnung	Abrechnung möglich je nach gewünschtem Geschäftsmodell, z.B.: - kostenlos - pauschal - nach Ladeleistung - nach bezogener Energiemenge					

Quelle: NPE 2017 (http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/ladeinfrastruktur/)

- Die NPE gibt an, dass Elektroautos aktuell in etwa 85 Prozent der Fälle an Ladesäulen aufgeladen werden, die an privaten Orten stehen – an Stellplätzen von Mehrfamilienhäusern oder beim Arbeitgeber (vgl. Abbildung 35). Das bedeutet, dass jetzt und auch in Zukunft ein erheblicher Anteil der Fahrzeuge privat geladen wird.

- Hinzu kommen rund 15 Prozent der Ladevorgänge an öffentlich zugänglichen Aufstellorten, wie Raststätten, Einkaufszentren oder am Straßenrand.

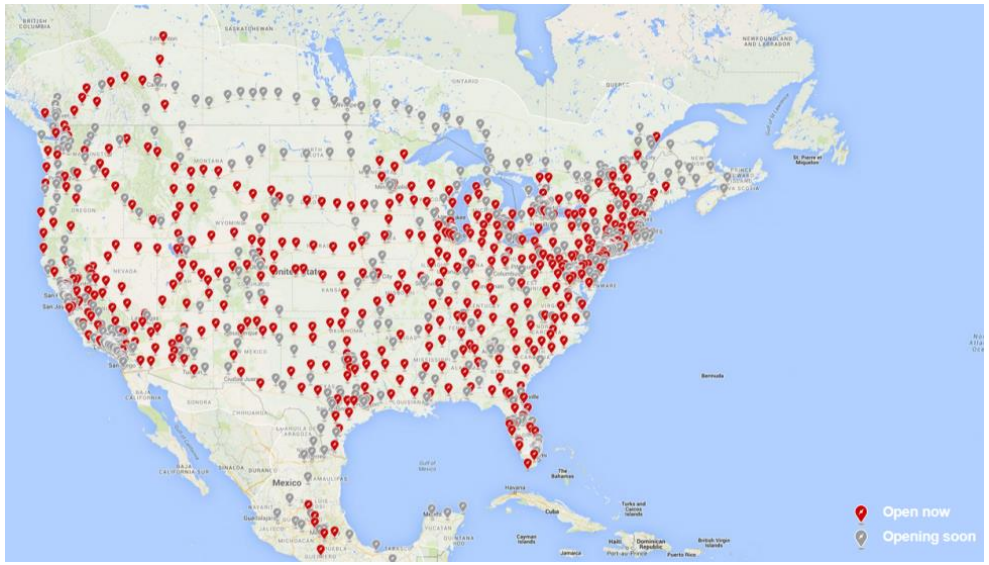
5.2.3 Ladeinfrastruktur (5): Deutschland

- Für den Markthochlauf können folgende Szenarien der Entwicklung der Ladeinfrastruktur angenommen werden:
  - Im Pro-EV Szenario wird im Jahr 2030 von einer hohen Dichte von öffentlichen und halböffentlichen Ladepunkten ausgegangen sowie eine hohe Verbreitung von privaten bzw. firmeninternen Lademöglichkeiten (Wallboxes). Dies bedingt eine deutlichen Steigerung der Ladeinfrastruktur im Vergleich zu heute. Danach steigt das Angebot an Ladeinfrastruktur im Pro-EV Szenario für das Jahr 2030 auf rund **500.000 öffentliche** bzw. halböffentliche (Normal-) Ladepunkte für den Alltagsverkehr und **ca. 50.000 Schnellladepunkte** (>150 kW Ladeleistung) für den Fernverkehr.
  - Im Contra-EV Szenario entwickelt sich die Ladeinfrastruktur langsamer. (Halb-)Öffentliche Ladepunkte erhöhen sich bis 2030 auf rund 100.000 und Schnellladepunkte wachsen dann auf 10.000.
  - Im Mittleren Szenario werden für das Jahr 2030 rund 250.000 (halb-)öffentliche Ladepunkte und rund 25.000 Schnellladepunkte für den Fernverkehr unterstellt.

- Für das Mittlere Szenario sind bereits hohe finanzielle Anstrengungen notwendig, um die Ladeinfrastruktur auszubauen. Dabei wird angenommen, dass einerseits die öffentliche Förderung der Ladeinfrastruktur beibehalten wird und sich andererseits auch verschiedene Akteure, wie Automobilhersteller und Stromanbieter, intensiv an dem Aufbau der Infrastruktur beteiligen, um vom Markthochlauf der E-Fahrzeuge zu profitieren.
- Mit dem Markthochlauf der E-Fahrzeuge steigt entsprechend auch der Strombedarf. Studien zeigen, dass der zusätzliche Strombedarf im Jahr 2030 auf Basis von rund 6 Mio. E-Fahrzeugen im Bestand in Deutschland (Mittleres Szenario) mit rund 30 Terrawattstunden (TWh) noch relativ moderat ist (Öko-Institut 2014, S.117; S.154; vgl. ebd., S. 111 ff.). Zum Vergleich: Im Jahr 2016 betrug der Inlandsstromverbrauch 594 TWh, wobei 31,7 Prozent des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt wurde (BMWi 2017).

- Derzeit (Stand Juni 2017) stehen in den USA fast 16.000 öffentliche Ladestationen zur Verfügung, die jeweils mit durchschnittlich 2,7 Ladepunkten ausgestattet sind. Das bedeutet, dass bei derzeit gut einer halben Million E-Autos in den USA ca. 8 Prozent der Flotte gleichzeitig an öffentlichen Stationen geladen werden könnten. Hinzu kommen private oder halb-öffentliche Ladestationen (z.B. an Supermärkten).
- Hierbei handelt es sich allerdings größtenteils um Ladeanschlüsse mit niedrigen Ladegeschwindigkeiten (Level 2). Es existieren lediglich 2.172 Schnellladestationen mit insg. 5.992 Ladepunkten.
- Der Elektroauto-Hersteller Tesla unterhält ein eigenes sogenanntes „Supercharger"-Schnelllade-Netzwerk mit 1.043 Stationen und 7.496 einzelnen Ladeanschlüssen (mit ca. 150 kW Ladeleistung). Dabei setzt Tesla auf einen weiteren, stetigen Ausbau (vgl. Abbildung, Stand November 2017). Diese sind allerdings nur für Tesla-Kunden verfügbar.

Abbildung 54: Tesla-Supercharger-Netzwerk



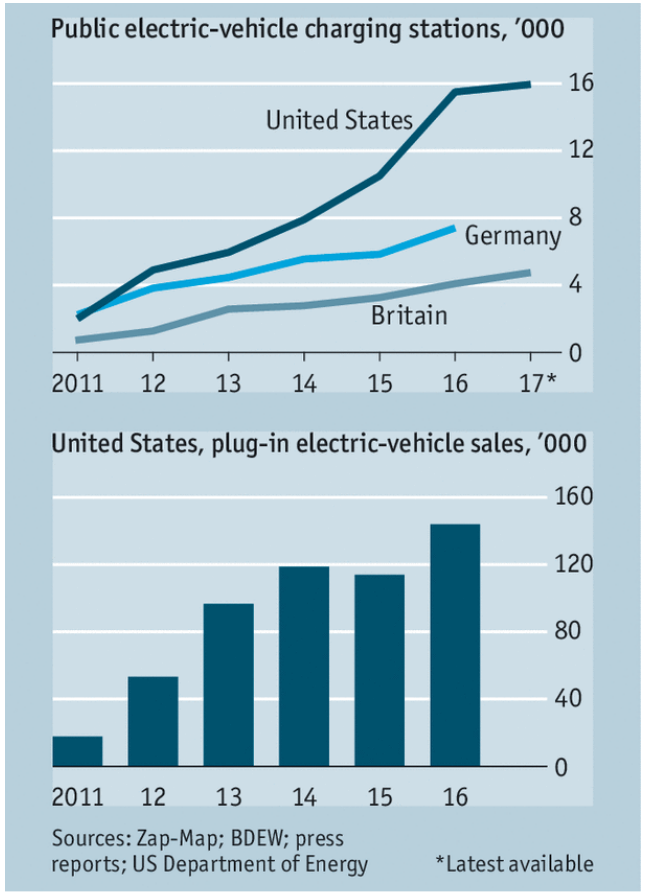
- Tesla plant nicht nur den quantitativen, sondern auch den qualitativen Ausbau des Supercharger-Netzes. So solle die nächste Generation von Ladesäulen deutlich mehr als 350 kW Ladeleistung aufweisen.
- Einen ähnlichen Bereich peilt Chargepoint an, ein unabhängiger Ladestation-Hersteller und Netzwerk-Betreiber. Chargepoint hat eine 400 kW-Gleichstrom-Infrastruktur vorgestellt, die ab Juli 2017 aufgebaut wird.

- Neben Tesla planen auch andere Akteure den Auf- und Ausbau des Ladestationennetzwerks in den USA. So hat sich Volkswagen im Rahmen seiner gerichtlichen Einigung mit dem California Air Resources Board (CARB) und der US-amerikanischen Environmental Protection Agency (EPA) für den DieselGate-Skandal bereit erklärt, 2 Milliarden US-Dollar in die Infrastruktur von Elektrofahrzeugen in den USA zu investieren. Neben dem Aufbau von Super-Schnellladern (320 kW) in Kalifornien soll ein US-weites 150 kWplus-Netz entlang der Autobahnen aufgebaut werden. Das Netz soll unabhängig vom VW-Konzern betrieben werden und auch für andere Marken und diverse Standards (z.B. CCS, CHAdeMO, OCPP) offen sein.
- Das Netz soll Metropolregionen verbinden mit Hilfe von zunächst 240 Autobahn-Standorten. Diese Autobahnstandorte werden in 39 US-Bundesstaaten mit einem höheren erwarteten jährlichen durchschnittlichen E-Auto-Verkehrsaufkommen bis 2020 verfügbar sein. Das Investitionsvolumen wird in mehrere 300-Mio.-USD-Pakete gestaffelt (vgl. Abbildung 53).

Abbildung 55: Ausbau Ladeinfrastruktur Volkswagen (Anzahl Stationen, Quelle: Volkswagen)

	Community-based local network			Long-distance highway network		
	Pre-site selection	In development	Operational	Pre-site selection	In development	Operational
Q2 2017	200-250	50-100	0	100-150	0-50	0
Q4 2017	100-150	150-200	50-100	50-100	50-100	0
Q2 2018	0	150-200	100-150	0-50	150+	0-50
Q4 2018	0	0-50	250-300	0	100-150	0-50
Q2 2019	0	0	300+	0	0-50	150+

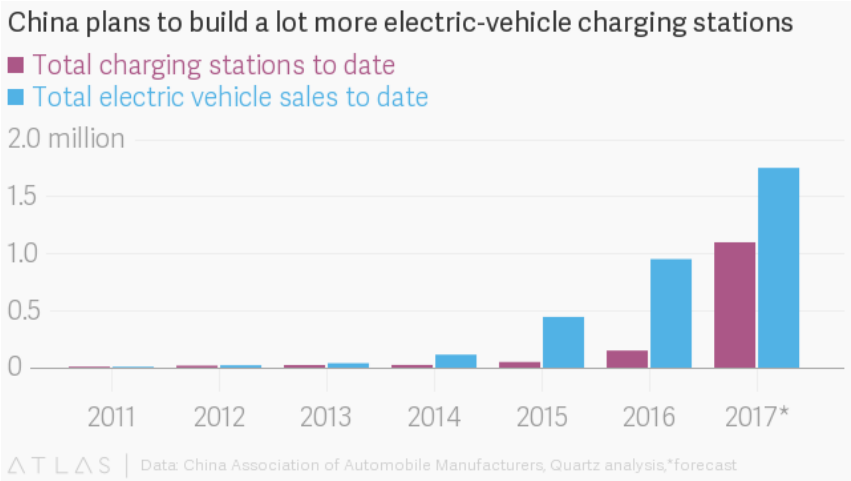
Abbildung 56: Entwicklung der US-Ladeinfrastruktur



Economist.com

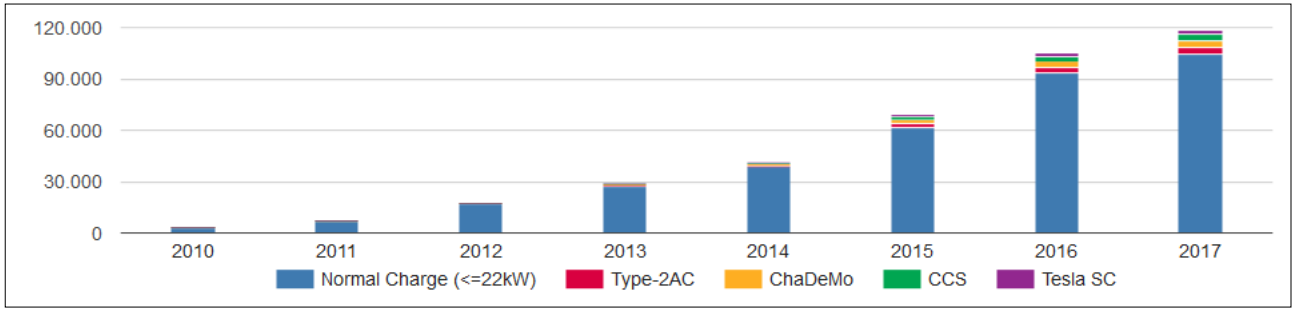
- Zum Ende des Jahres 2016 waren nach Angaben der National Energy Administration (NEA) in China rund 150.000 Ladepunkte verfügbar, das entspricht etwa sieben E-Fahrzeuge pro Station in China. Bis Ende 2017 sollen weitere 900.000 Ladepunkte entstehen, um die Quote so auf 2 Autos pro Station zu senken.
- China plant im Jahr 2020 4,8 Millionen Ladepunkte für dann ca. 5 Millionen E-Autos verfügbar zu haben, so dass fast alle Elektroautos gleichzeitig geladen werden könnten.
- Bei dem Ausbau der Infrastruktur geht es aber nicht nur um die Menge, sondern auch um die Verteilung der Stationen. In großen Städten wie Beijing ist die geringe Zahl von Ladestationen aufgrund des E-Auto-Booms mittlerweile zum Problem geworden. In städtischen Gebieten wie Beijing soll bis 2020 pro Kilometer jeweils eine Ladestation entstehen.
- China will außerdem den Bau von Elektrofahrzeug-Ladeeinrichtungen in Wohngebieten beschleunigen, um die Produktion und den Absatz von BEVs und PHEVs zu steigern.
- Elektrizitätsunternehmen werden aufgefordert, die Einführung von EV-Ladestationen in Peking, Tianjin, der Provinz Hebei, der Provinz Shandong und den größeren Städten im Jangtse-Delta und im Perlflussdelta zu beschleunigen, so die National Development and Reform Commission (NDRC). So hat State Grid Corp. China, der größte Stromproduzent, kürzlich geplant, bis 2020 10.000 Ladestationen und 120.000 Ladepunkte zu errichten, um die öffentliche Schnellladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in chinesischen Großstädten wie Peking, Shanghai und Hangzhou weiter auszubauen.

Abbildung 57: Entwicklung der Ladeinfrastruktur (Ladepunkte) in China



- Der Ausbau der Ladeinfrastruktur in Europa ist in den letzten Jahren deutlich beschleunigt worden (vgl. Abbildung). Problematisch ist allerdings der noch geringe Ausbau der Schnellladestationen. Derzeit sind knapp 90 Prozent aller Ladestationen noch solche mit einer Ladeleistung von höchstens 22 kW. Das bedeutet, dass ein E-Auto mit einer Reichweite von real 200 km etwa zwei Stunden für eine Ladung auf 80% der Akkukapazität benötigt. Längere Distanzen sind somit nur sehr zeitaufwändig zu überbrücken.
- In großen EU-Ländern wie Frankreich, Deutschland oder Spanien liegt die Quote der Schnelllader etwa bei dem Mittelwert von 10 Prozent. Anders sieht es im Vereinigten Königreich und in den skandinavischen Ländern Norwegen und Schweden aus. In UK sind mit derzeit gut 2.400 absolut die meisten Schnelllader verfügbar, was einer Quote von etwa 18 Prozent entspricht. Auf einem ähnlichen Niveau liegt Norwegen. Spitzenreiter beim Schnellladeausbau ist derzeit Schweden mit einer Quote von 47 Prozent, was knapp 1.800 Schnellladestationen entspricht.
- Berücksichtigt man zusätzlich die Anzahl der ladefähigen Fahrzeuge pro Land, so ergibt sich ein anderes Bild. Neben Belgien ist hier Norwegen das Schlusslicht mit 15 gemeldeten E-Autos pro Ladepunkt. Der Grund liegt in der europaweit höchsten Verbreitung von Elektroautos in Norwegen mit derzeit ca. 150.000 Einheiten. Unter den Ländern mit hoher E-Auto-Verbreitung schneiden hier die Niederlande mit 3 E-Autos pro Ladepunkt besonders gut ab.

*Abbildung 58: Entwicklung der Ladeinfrastruktur in Europa nach Anzahl Ladepunkte (Quelle: EAFO, European Commission)**

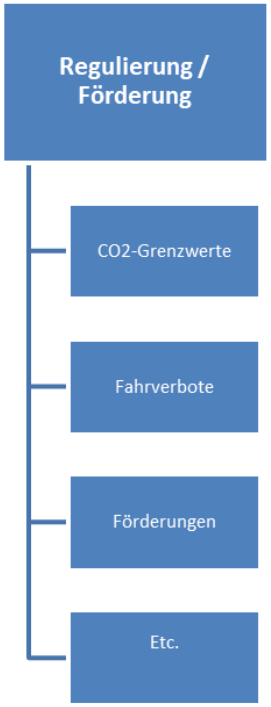


** Aufgrund der unterschiedlichen Zählweise in den verschiedenen EU-Mitgliedsländern können Doppelzählungen und eine mangelnde Abgrenzung zwischen Ladestationen und einzelnen Ladepunkten nicht immer ausgeschlossen werden.*

5.2.3 Ladeinfrastruktur (10): Europa

- Die EU will den Ausbau von Stromtankstellen für Elektroautos mit 800 Millionen Euro fördern. Damit und mit Geld der Mitgliedstaaten soll ab 2017 ein dichtes Netz von Ladestationen in ganz Europa aufgebaut werden.
- BMW, Mercedes, Ford sowie Audi und Porsche aus dem Volkswagen-Konzern haben 2017 mit der Firma „Ionity“ ein Joint-Venture gegründet mit dem Ziel eines schnellen Aufbaus einer großen Anzahl von Ladestationen. Bis 2020 sollen 400 Schnellladestationen entstehen, bis Ende 2018 sollen die ersten 100 betriebsbereit sein.
- Das Ziel ist es, ab 2017 insgesamt 400 Stationen in ganz Europa verfügbar zu machen. Das neue Netzwerk wird auf der CCS-Standardtechnologie (Combined Charging System) basieren und jede Station wird nicht nur AC-Ladegeräte der Stufe 2 unf DC-Ladegeräte der Stufe 3, sondern auch die neuen "ultraschnellen Hochleistungsladegeräte" enthalten. Im Ultra E-Projekt werden sie in der Lage sein bis zu 350 kW zu liefern - mehr als das Doppelte der Kapazität des derzeit besten Laders, Teslas Supercharger, mit ca. 150 kW.
- Der weitere Ausbau könnte mit Hilfe der flüssigkeitsgekühlten 800-Volt-Ladetechnologie von Porsche erfolgen. Eine erste Station wurde im Juli 2017 in Berlin installiert. Im Süden der Hauptstadt stehen damit nun die ersten beiden Ladepunkte mit jeweils 350 kW Ladeleistung zur Verfügung. Sie decken ein Spannungslevel von 180 bis 950 Volt ab und bieten per Combined Charging System (CCS) abwärtskompatibel auch niedrigere Ladeleistungen, etwa 50, 80 oder 150 kW an.
- Tesla hat derzeit etwas mehr als 260 Supercharger-Staionen in Europa, aber es ist geplant diese Zahl fast zu verdoppeln bevor das Modell 3 2018 in Europa auf den Markt kommen wird. Ein guter Wettbewerb bei der Ladestationen-Bereitstellung dürfte die Akzeptanz beschleunigen.
- Die Firma Innogy (Tochter von RWE) errichtet gemeinsam mit Partnern ein Ladesäulennetz an Autobahnraststätten. Momentan existieren an 130 Standorten in Deutschland je mindestens zwei Stellplätze. Ende 2017 soll es an allen 400 eine Lademöglichkeit geben. Europaweit umfasst es mehr als 4.900 Ladepunkte (Stand: Dezember 2015). Bis zum Jahr 2020 soll es bundesweit 28.000 Normalladepunkte und 7.000 Schnellladepunkte geben.

- Nach dem Modell wirkt sich der Faktor Regulierung/Förderung ebenfalls erheblich auf den Markthochlauf für E-Fahrzeuge aus. Zum Bereich der politischen Regulierung und Förderung können eine Vielzahl von Instrumenten gezählt werden, darunter Investitionen, Steuern und Abgaben sowie Kauf- und Nutzeranreize (vgl. Abbildung 37). Im vorliegenden Modell werden insbesondere die CO2-Grenzwerte für Fahrzeughersteller in Europa in ihrer Wirkung auf den Markthochlauf analysiert. Darüber hinaus sind Fahrverbote von Benzin-/Dieselfahrzeugen in bestimmten Städten bzw. auch Fördermaßnahmen zu berücksichtigen.
- Die CO2 Grenzwerte spielen eine besondere Rolle für den Markthochlauf von E-Fahrzeugen. Je strenger die Klimavorgaben sind, desto mehr Elektrofahrzeuge müssen die Hersteller absetzen, um die Obergrenze der CO_2-Emissionen nicht zu überschreiten und sich hohen Strafzahlen auszusetzen. Seit 2009 unterliegen Pkw und leichte Nutzfahrzeuge in der EU einer CO2-Regulierung. Das für Pkw-Neuwagen festgelegte Durchschnittsziel wurde für 2020 auf 95 g CO2/km verschärft (vgl. Abbildung 57). Dies entspricht einem Benzinverbrauch von 4,1 Litern/100 km.



- Im wichtigsten EU-Markt Deutschland sinken die CO2-Emissionen immer langsamer und liegen im Gesamtjahr 2016 bei 127,4 g/km (Bratzel/Tellermann 2017, S.90). Dies entspricht einem Kraftstoffverbrauch von 5,5 Liter Benzin. Die Gründe liegen zum einen an den bereits realisierten Effizienzpotentialen bei Diesel- und Benzinfahrzeugen. Weitere Reduzierungen sind möglich, allerdings steigen die Grenzkosten für die weitere CO2-Reduzierung erheblich (vgl. ebd.). Studien erwarten noch Effizienzpotenziale für den Verbrenner von 25 Prozent (Basis 130 gCO2/km) (McKinsey 2017, S.13). Zum anderen entfalten die massiven SUV-Nachfrageverschiebungen zusammen mit der schwindenden Akzeptanz von Dieselfahrzeugen insbesondere bei Privatkunden eine bremsende Wirkung bei der Effizienzverbesserungen der Flottenemissionen. Dadurch wird die Einhaltung der EU CO2-Grenzwerte von 95 g/km im Jahr 2021 für viele Hersteller immer schwieriger.

Abbildung 59: Regulatorischen Maßnahmen zur Förderung von E-Fahrzeugen im Ländervergleich (Stand 2016)

Länderübersicht in Kategorie I und II von möglichen Marktanreizen[65–67]

Land	Kategorie I: Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ, in Euro)[67], [Rang]	Kategorie II: Indirekte Steuerbefreiungen für den privaten Erwerb (qualitativ), [Rang]
China	4704–8064*, [2]	Umfassende Anreize als Teil des „NEV Policy Support System", [1]
Deutschland	1500 (PHEV) oder 2000 (BEV), [6]	Steuervorteile u.a. bei Kfz- und Einkommenssteuer, [2]
Frankreich	1000 (PHEV) oder 6300 (BEV), [4]	Steuervorteile in der Dienstwagen- und Zulassungsbesteuerung, [2]
Japan	5280**, [5]	Steuerbefreiungen schon seit vielen Jahren, z.B. Kfz-Steuer, [1]
Korea	12 064***, [1]	Steuervorteile spielen eine untergeordnete Rolle, unterschiedlich zwischen Regionen und Städten, [3]
USA	6525****, [3]	Nur ein föderaler Einkommenssteuernachlass (siehe Kat. I), [3]

Länderübersicht in Kategorie III und IV von möglichen Marktanreizen[65–67]

Land	Kategorie III: Sonstige Privilegien für xEV-Nutzer (qualitativ), [Rang]	Kategorie IV: Infrastrukturausbau (qualitativ), [Rang]
China	Zulassungsvorteile für xEV spielen eine überragende Rolle, [1]	Grundlegende Herausforderung des Platzbedarfs in Großstädten, [3]
Deutschland	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja (viele!), [2]	Finanzielle Unterstützung von Ausbauprogrammen (300 Mio € Programm), [2]
Frankreich	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja (einige), [3]	Deutlich geringere finanzielle Unterstützung öffentlicher, mehr häusliche Infrastruktur, [3]
Japan	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja, [3]	Weltweit führend im Ladeinfrastrukturausbau, [1]
Korea	Zahlreiche Privilegien wie z.B. keine Staugebühren, reduzierte Parkgebühren und Strompreise, [1]	Finanzielle Unterstützung von Ausbauprogrammen, [2]
USA	National keine bekannt, auf Ebene der Bundesstaaten ja, [2]	Große Pläne aufgestellt, abhängig von der Trump-Administration, [1]

Quelle: ISI 2016, S.40 f.

Abbildung 60: Übersicht zur CO2 Regulierung von Pkw/LCV in der EU

Elemente der CO_2-Regulierung für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

	Pkw		Leichte Nutzfahrzeuge	
Definition	Ziel 2015	Ziel 2021	Ziel 2014	Ziel 2020
Gewichtsbasierter Ansatz Herstellerindividueller CO_2-Grenzwert orientiert sich am Gewicht des Fahrzeugs und wird individuell berechnet	130 g/km CO_2 (Verordnung EU 433/2009) Berechnungsformel: $CO_2 = 130 + a (M - M_0)$ a = 0,0457 M = Gewicht des fahrbereiten Pkw in kg M_0 = 1.372 kg (Ø-Gewicht) Anpassung des Ø-Gewichts ab 2016 an dreijährigen gleitenden Durchschnitt	95 g/km CO_2 (EU 433/2009 angepasst 2014) Berechnungsformel: $CO_2 = 95 + a (M - M_0)$ Abflachung der Geradensteigung auf a = 0,0333	175 g/km CO_2 (EU 510/2011) Berechnungsformel: $CO_2 = 175 + a (M - M_0)$ a = 0,093 M = Gewicht des fahrbereiten Pkw in kg M_0 = 1.706 kg (Ø-Gewicht) Anpassung des Ø-Gewichts ab 2018 an dreijährigen gleitenden Durchschnitt	147 g/km CO_2 (EU 510/2011 angepasst 2014) Berechnungsformel: $CO_2 = 147 + a (M - M_0)$ a = 0,096
Strafzahlungen Falls Hersteller vorgesehene CO_2-Ziele nicht erreicht, muss gestaffelt je nach Zielüberschreitung eine Strafe gezahlt werden	Zielüberschreitung für - 1. Gramm CO_2: 5 € - 2. Gramm CO_2: 15 € - 3. Gramm CO_2: 25 € - 4. Gramm CO_2: 95 € je Fahrzeug	95 € je Gramm Zielverfehlung je Fahrzeug	Analog Pkw	Analog Pkw
Phasing-in Gestaffelte Einführung: steigender Anteil an Fahrzeugen, die die neuen Vorgaben (bis 2015 bzw. ab 2020) erfüllen müssen	Neuwagenflotte, die Grenzwert einhalten muss: - 2012 65 % - 2013 75 % - 2014 80 % - 2015 100 %	Neuwagenflotte, die Grenzwert einhalten muss: - 2020 95 % - 2021 100 %	Neuwageflotte, die Grenzwert einhalten muss: - 2014 70 % - 2015 75 % - 2016 80 % - 2017 100 %	Kein Phasing-in
Supercredits Förderung hocheffizienter Fahrzeuge durch Mehrfachanrechnung in der CO_2-Bilanz	Fahrz. mit weniger als 50 g/km CO_2 werden in - 2012/2013 3,5-fach - 2014 2,5-fach - 2015 1,5-fach - ab 2016 einfach angerechnet ohne Limitierung	Fahrz. mit weniger als 50 g/km CO_2 werden in - 2020 2-fach - 2021 1,67-fach - 2022 1,33-fach - ab 2023 einfach angerechnet mit Limitierung auf max. 7,5 g über Periode 2020–2023.	Fahrz. mit weniger als 50 g/km CO_2 werden in - 2014/2015 3,5-fach - in 2016 2,5-fach - in 2017 1,5-fach - ab 2018 einfach angerechnet ohne Limitierung	Keine Supercredits

Elemente der CO_2-Regulierung für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

	Pkw		Leichte Nutzfahrzeuge	
Definition	Ziel 2015	Ziel 2021	Ziel 2014	Ziel 2020
Öko-Innovationen Technologien, die im offiziellen Testverfahren (NEFZ) nicht messbar sind, aber eindeutiges CO_2-Einsparpotenzial haben	Können bis maximal 7 g CO_2 auf den Flottendurchschnitt angerechnet werden (Beispiele sind Solardächer, Abgaswärmerückgewinnung etc.)		Können bis maximal 7 g CO_2 auf den Flottendurchschnitt angerechnet werden	
Ausnahmeregelungen Um die wirtschaftliche Existenz von Herstellern mit kleiner Flotte sicherzustellen, werden Ausnahmeregelungen gewährt	Hersteller mit Zulassungen unter 1.000 Einheiten werden gar nicht betrachtet. Hersteller mit Zulassungen zwischen 1.000 und 10.000 Einheiten bekommen ein individuell mit der EU-Kommission vereinbartes Ziel.		Hersteller mit Zulassungen unter 1.000 Einheiten werden nicht betrachtet. Hersteller mit Zulassungen zwischen 1.000 und 22.000 Einheiten bekommen ein individuell mit der EU-Kommission vereinbartes Ziel.	
	Hersteller mit 10.000–300.000 zugelassenen Pkw in der EU: Minderungsziel von 25 % bezogen auf die Emissionen in 2007	Hersteller mit 10.000–300.000 zugelassenen Pkw in der EU: Minderungsziel von 45 % bezogen auf die Emissionen in 2007		
Pooling Zusammenfassung verschiedener Fahrzeughersteller in einem Konzern	möglich		möglich	

Quelle: VDA

Abbildung 61: CO2-Emissionen und potenzielle Strafzahlungen

Vehicle Maker	Europe[1] 2013 Passenger Car Registration (vehicle)	2013 CO_2 Emission (gCO_2/km)	2020 CO_2 Target (gCO_2/km)	% Reduction	Estimated 2020 Fines at 2013 Emissions[2] (mil. €)	Fines per Vehicle (€)	Earnings per Vehicle (€)
Renault	801,795	110	91	-17%	1,375	1,715	266
Peugeot	740,786	115	94	-18%	1,404	1,895	(233)
Fiat	572,937	116	87	-25%	1,500	2,617	(108)
Toyota	519,402	116	93	-20%	1,078	2,076	1,088
Citroen	601,624	116	94	-19%	1,195	1,986	(233)
Seat	289,029	119	90	-24%	756	2,617	241
Ford	918,538	122	94	-23%	2,321	2,527	614
Skoda	510,464	125	92	-27%	1,520	2,978	551
Dacia	294,415	127	89	-30%	1,010	3,430	266
Volkswagen	1,547,235	127	95	-25%	4,468	2,888	1,233
Kia	345,824	128	93	-27%	1,092	3,159	1,655
Volvo	230,477	131	106	-19%	520	2,256	250
Nissan	422,036	131	96	-27%	1,333	3,159	528
Opel	822,560	132	97	-26%	2,598	3,159	-
Audi	692,844	133	101	-24%	2,001	2,888	3,379
BMW	640,887	134	101	-24%	1,909	2,978	3,139
Mazda	147,005	134	97	-28%	491	3,339	196
Daimler	688,436	137	102	-26%	2,175	3,159	2,559
Hyundai	419,319	138	97	-30%	1,552	3,700	1,655

Note: 1) Europe = EU + EFTA; 2) 2020 fines allow 5% fleet non-compliance and cost €95 for each gCO_2/km in excess of target

Source: European Environment Agency (2014), 2013 Annual Reports from Audi, Cireon, Daimler, Fiat, Hyundai, Kia, Nissan, Peugeot, Toyota and Volvo

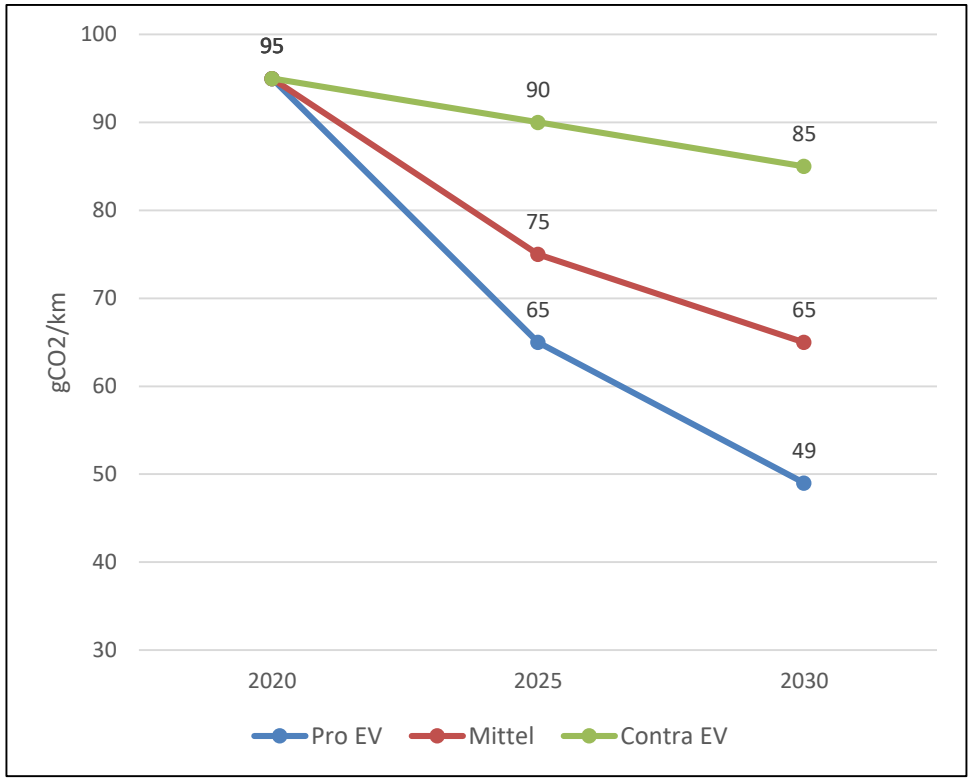
Quelle: WEC 2016, S. 10

- Das Verfehlen der EU CO2-Grenzwerte von 95 g/km im Jahr 2020/2021 kann zu erheblichen Strafzahlungen führen. Studien, wie die des World Energy Councils, kommen zum Ergebnis, dass sich die Strafen für die Hersteller insgesamt in Europa auf rund 30 Mrd. Euro im Jahr summieren können. Für Volkswagen allein werden die Strafgelder auf 4,5 Mrd. Euro geschätzt (vgl. WEC 2016, S. 10). Danach würden Benzin- und Dieselfahrzeuge trotz Effizienzverbesserungen nur auf einen Wert von 105 gCO2/km kommen, was einen durchschnittlichen Benzinverbrauch von 4,5 Litern/100 km entspräche (ebd.).
- Durch den Absatz von Elektrofahrzeugen könnte jedoch die Einhaltung der CO2-Grenzwerte gelingen, da BEVs mit 0 Gramm CO2/km bewertet werden und mittels Supercredits sogar eine Mehrfachanrechnung gesetzlich erlaubt ist (vgl. Abbildung).
- Modellrechnungen für das Jahr 2020 gehen davon aus, dass in der EU 1,4 Mio. Pkw bzw. 10 Prozent der geschätzten 14 Mio. Pkw-Neuzulassungen Elektrofahrzeuge sein müssten, um die Grenzwerte zu erreichen und damit Strafzahlungen zu verhindern (vgl. WEC 2016, S. 10; vgl. ähnliche Argumentation bei McKinsey 2017, S.11 f.).

- Im November 2017 hat die EU neue CO2-Ziele festgelegt. Demnach müssen 2025 die Emissionen von Neuwagen um 15% und bis 2030 um 30% niedriger sein als 2021. Ein Anreizmechanismus soll den Absatz von emissionsfreien/-armen Fahrzeugen ankurbeln: Verkaufen Hersteller 2025 mehr als 15 %, 2030 mehr als 30 % solcher Fahrzeuge, werden im Gegenzug ihre CO2-Vorgaben abgeschwächt. Der mittlere CO2-Zielwert für 2030 beträgt demnach 66,5 g/km CO2, was in etwa der CAM-Annahme des mittleren Szenarios für dieses Jahr entspricht.

- Folgende Veränderungen der CO2-Regulation von Pkw Flottengrenzwerten werden in den Szenarien angenommen (dabei sollen sich der Szenario-Annahme zufolge die mengenmäßig weniger relevanten LCV Grenzwerte im proportionalen Verhältnis zu den CO2-Reduzierungen im Pkw-Bereich verhalten) (Abbildung 40):
  - Im Pro-EV Szenario wird einer Verschärfung der CO2-Grenzwerte in der EU von 95 g/km auf 65 g/km in 2025 und 49 g/km in 2030 angenommen.
  - Im Contra-EV Szenario wird nur eine geringe Reduzierung der CO2-Grenzwerte auf 90 g/km in 2025 und 85 g/km in 2030 antizipiert.
  - Im Mittleren Szenario sinken die CO2-Grenzwerte auf 75 g in 2025 und auf 65 g/km in 2030.

Abbildung 62: CO2 Szenarien in der EU



Quelle: CAM

- Im Pro-EV Szenario hätte die Verschärfung der CO2 Grenzwerte für Pkw auf 49 g/km im Jahr 2030 erhebliche Effekte auf den Markthochlauf für Elektrofahrzeuge. Ein CO2-Wert von 49 g/km entspricht einem Benzinverbrauch von 2,1 Litern pro 100 km. Dies ist trotz weiterer zu erwartender Effizienzverbesserung mit konventionellen Verbrennungsmotoren nicht zu realisieren. Entsprechend muss der Fahrzeugmix der Automobilhersteller durch einen hohen Anteil von BEV und PHEV ergänzt werden. Ein Wert 49 gCO2/km wäre nach der Modellrechnung etwa erreichbar, wenn sich der CO2-Ausstoß von ICE bis 2030 auf 82 g/km verbessert und rund 40 Prozent der Neuzulassungen als Elektrofahrzeuge abgesetzt würden (35% BEV, 5% PHEV).
- Im Contra-EV Szenario sinken die CO2-Grenzwerte nur gering auf 85 g/km in 2030. Dies entspräche einem Durchschnittsverbrauch von 3,7 Litern/100 km für Benziner. Ein CO2-Grenzwert der EU von 85 g/km hätte nur geringe Effekte auf den Markthochlauf der E-Fahrzeuge. Er wäre erreichbar, wenn die CO2-Emissionen der Verbrenner auf durchschnittlich 100 g/km sinken und der Marktanteil von E-Fahrzeugen auf 15 Prozent steigt (BEV 10%, PHEV 5% bei 40gCO2/km).
- Im Mittleren EV Szenario sinken die Grenzwerte auf 65 gCO2/km im Jahr 2030, was einen Durchschnittsverbrauch der ICE Fahrzeuge von 2,8 Litern Benzin/100 km entspricht. Erreichbar wären diese Grenzwerte durch die Hersteller, wenn die CO2-Emissionen von Verbrennern aufgrund von Effizienzverbesserungen auf durchschnittlich 90 g/km sinken (entspricht 3,9 Liter Benzin/100 km) und 28 Prozent der Neuzulassungen Elektrofahrzeuge (20% BEV, 8% PHEV (40 gCO2/km)) wären.
- Bei den Szenarien sind weitere regulatorische Maßnahmen und Förderkonzepte auf verschiedenen Ebenen mit zu denken. So wirken die derzeit diskutierten Fahrverbote für Dieselfahrzeuge in Deutschland (und anderen europäischen Städten wie Paris, Madrid etc.) unterstützend für das Pro-EV Szenario, indem die Akzeptanz von Dieselfahrzeugen sinkt, was wiederum den Druck auf die OEM für den Verkauf von Elektrofahrzeugen verstärkt, um die CO2 Grenzwerte zu erreichen (McKinsey 2017, S.11 f.). In ähnlicher Richtung wirken Förderinstrumente wie Prämien oder Steuererleichterungen für E-Fahrzeuge, die die Wettbewerbsposition gegenüber Verbrennern verbessern. Hinzu kommt, dass die OEM auch in anderen Regionen, wie China Elektroquoten oder/und eine Verschärfung der CO2-Regularien erwarten müssen (ebd.).

5.2.4 Regulierung (7): USA

- Die Emissions-Gesetze in den USA werden von der US Environmental Protection Agency (EPA) durchgesetzt. Sowohl die EPA als auch der OEM führen dabei Überprüfungstests durch. Der Staat Kalifornien mit seinem California Air Resource Board (CARB) vertritt darüber hinaus eine eigene, traditionell strengere Gesetzgebung bezüglich Emissionsvorschriften von Neuzulassungen, dem sich andere Staaten anschließen können.
- Käufer von Elektro- Plug-In-Hybrid- oder Brennstoffzellenautos können in den USA eine Steuergutschrift von 2.500 bis zu 7.500 $ erhalten, dessen Höhe von der Größe des Fahrzeugs und der Batteriekapazität abhängt. Diese Förderung ist begrenzt auf 200.000 verkaufte, förderberechtigte Fahrzeuge pro Hersteller, die bisher aber noch bei keinem Hersteller erreicht wurden. Darüber hinaus können Käufer Zuschüsse von den jeweiligen Staaten oder Kommunen erhalten. Allein in Kalifornien gibt es insgesamt 18 verschiedene Incentive-Programme, diese reichen von Nachlässen bei Stromanbietern über vergünstigte Versicherungen, kostenfreies Innenstadt-Parken bis hin zur Nutzungsfreigabe von speziellen Carpool-Fahrspuren. Auch zusätzliche Bar-Rabatte sind möglich, die bis zu 5.000 $ etwa in Colorado betragen können.
- Anders als bei Schadstoffen wie Stickoxiden ist die CO2-Gesetzgebung in den USA weniger streng geregelt als in der Europäischen Union. So sind in den USA bis 2020 nur 121 g/km CO2 als Flottenziel für die OEM vorgeschrieben.
- In den nächsten Jahren ist eine eher moderate Entwicklung der Regulierung unter der Regierung Trump zu erwarten. So wurde bereits im Februar 2017 der Klimawandel-Skeptiker Scott Pruitt zum neuen Chef der EPA ernannt. Außerdem wird der Gesamtetat im kommenden Haushaltsjahr um 25 % auf 6,1 Milliarden Dollar sinken, die Zahl der Mitarbeiter um 20 % auf 12.400 gekürzt. Weiterhin haben die USA bei den Vereinten Nationen den Austritt aus dem Pariser Klimaabkommen erklärt, welcher allerdings erst voraussichtlich am 4. November 2020 wirksam werden soll.

5.2.4 Regulierung (8): China

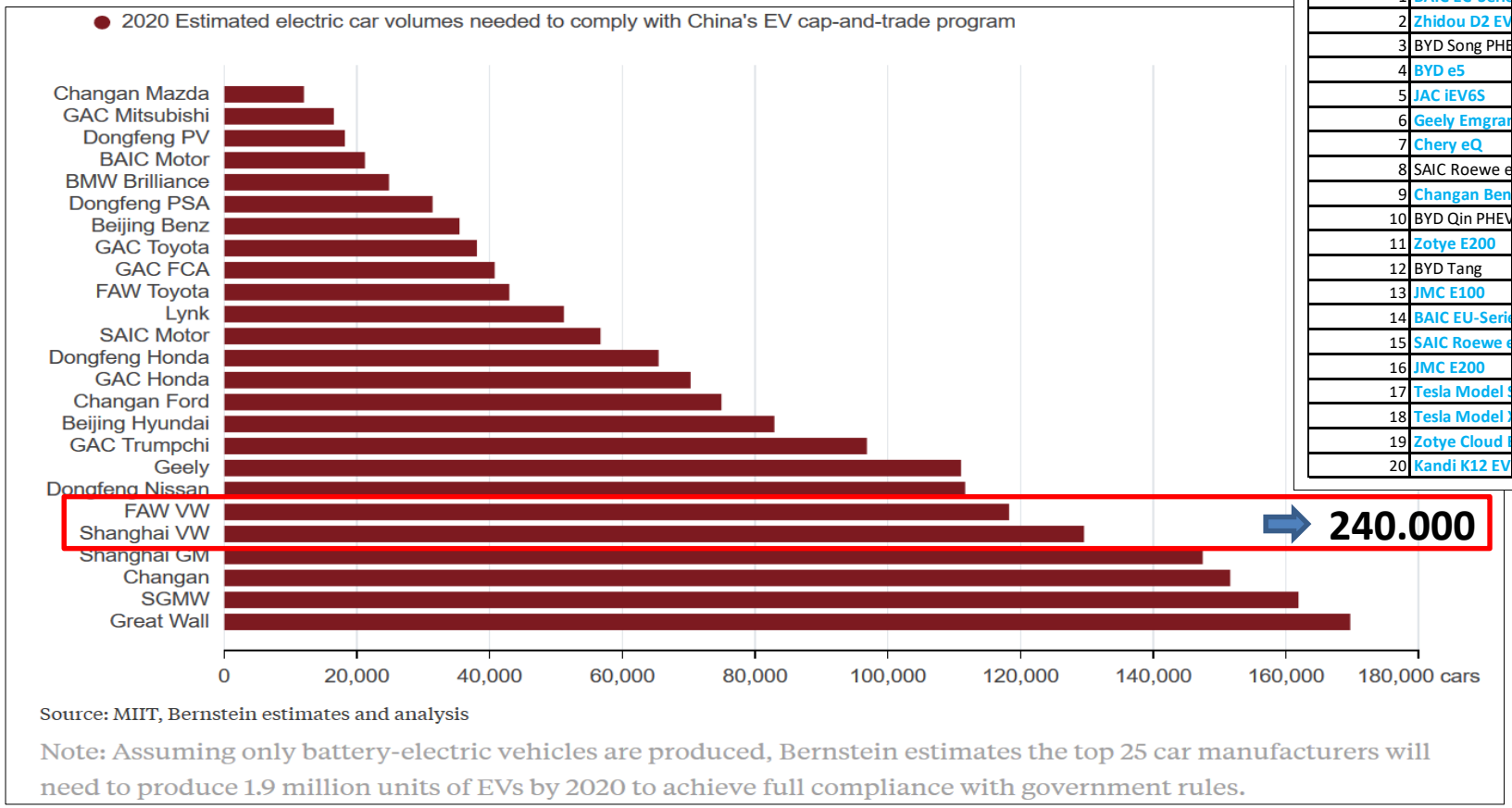
- China hat die erklärte Absicht, NEVs („New Energy Vehicles“, darunter BEVs und PHEVs) mit hoher Priorität zu fördern. Bereits in den vergangenen fünf Jahren wurden den Herstellern von NEVs, aber auch Käufern substanzielle Förderungen vor allem finanzieller Art gewährt. Außerdem soll Forschung, technologische Innovationen und die Infrastruktur (z.B. Ladesäulen für E-Autos) massiv gefördert werden.
- China hat seine Emissions-Standards in den letzten Jahren Zug um Zug verschärft. Seit 2010 galt „Stage IV“ der Kraftfahrzeug-Emissions-Standards, welcher noch hinter den EU-Vorschriften zurück lag. Im Januar 2016 hat Chinas Umweltschutz-ministerium (Ministry of Environment Protection, MEP) einen Zeitplan für die Implementierung von „Stage V“ angekündigt.
- Im September 2017 enthüllte China ein umfassendes Paket von Emissionsvorschriften und ein Kredit-Score-Programm, das an die Produktion von Elektroautos geknüpft ist. Dieses veränderte Programm gibt den Autoherstellern etwas mehr Zeit, sich auf den Ausstieg aus fossilen Kraftfahrzeugen im größten Automobilmarkt der Welt vorzubereiten.
- Im Rahmen der so genannten Cap-and-Trade-Politik müssen sich die Automobilhersteller ab 2019 (bislang geplant ab 2018) einen NEV-Kreditscore sichern, der an die Produktion verschiedener Arten von Zero- und Low-Emissions-Vehicles geknüpft ist. Diese Produktionsquote beträgt mindestens 10 Prozent ab 2019 und steigt auf 12 Prozent ab 2020, gemäß dem Ministerium für Industrie und Informationstechnologie (MIIT). Die Regeln gelten für Automobilhersteller, die jährlich mehr als 30.000 Fahrzeuge herstellen oder importieren. Diejenigen, die sich nicht an die Vorschriften halten, müssen Bonuspunkte von Wettbewerbern kaufen oder Geldbußen zahlen. Neu ist aber, dass Unternehmen, die 2019 ihre Quoten nicht erfüllen, alle Minuskreditpunkte ins nächste Jahr übertragen können und erst dann ausgleichen müssen.
- Langfristig arbeitet die chinesische Regierung an einem Zeitplan zum Auslaufen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, ein Enddatum gibt es aber noch nicht. Diese Maßnahme soll neben dem Klimaschutz und der Luftreinhaltung der Stützung der heimischen Automobilindustrie mit ihrem Fokusschwenk hin zur Elektromobilität dienen.

5.2.4 Regulierung (9): China

- Um den Konsumenten den Umstieg auf die E-Mobilität zu erleichtern, schaffen vor allem Großstädte Anreize. Wer etwa in Peking oder Shanghai ein Elektroauto kauft, bekommt sofort eine Zulassung und muss nicht an einer Lotterie oder einer Nummernschild-Versteigerung teilnehmen, auch von Fahrverboten sind diese Autos nicht betroffen. Außerdem gibt es Subventionen für Autos mit Elektroantrieb, die als Teil der Lösung im Kampf gegen die dreckige Luft in den Metropolen gesehen werden. So kostet der Kleinstwagen Bajoun E100 (vergleichbar mit dem Smart Fortwo) für Endverbraucher nur etwa 5.400 Dollar. Der Hersteller, ein Joint Venture aus General Motors und SAIC Motor, erhält vom Staat weitere 8.760 Dollar für eines der E-Autos.
- 700.000 Autos mit elektrischem Antrieb sollen allein 2017 verkauft werden – noch einmal 40 Prozent mehr als im Vorjahr. Ein Geschäft, das bislang vor allem die chinesischen Hersteller unter sich aufteilen. Um im die Quote ohne Strafzahlung erfüllen zu können, müssten die Volkswagen-Marken, Daimler und BWM zusammen bereits 2019 mehr als eine halbe Million Elektroautos verkaufen. Die entsprechenden Modelle befinden sich größtenteils noch in der Entwicklung.
- Die Hersteller haben allerdings heute schon mit Absatzproblemen bei E-Autos zu kämpfen. So wurde nach Angaben des Branchenverbandes CAAM (China Association of Automobile Manufacturers) in den ersten neun Monaten 2017 424.000 Einheiten produziert, aber nur 398.000 verkauft. Schätzungen zufolge machen Endverbraucher dabei weniger als ein Viertel der Summe aus. Der Rest wird von staatlichen Taxifirmen und anderen öffentlichen Einrichtungen gekauft.

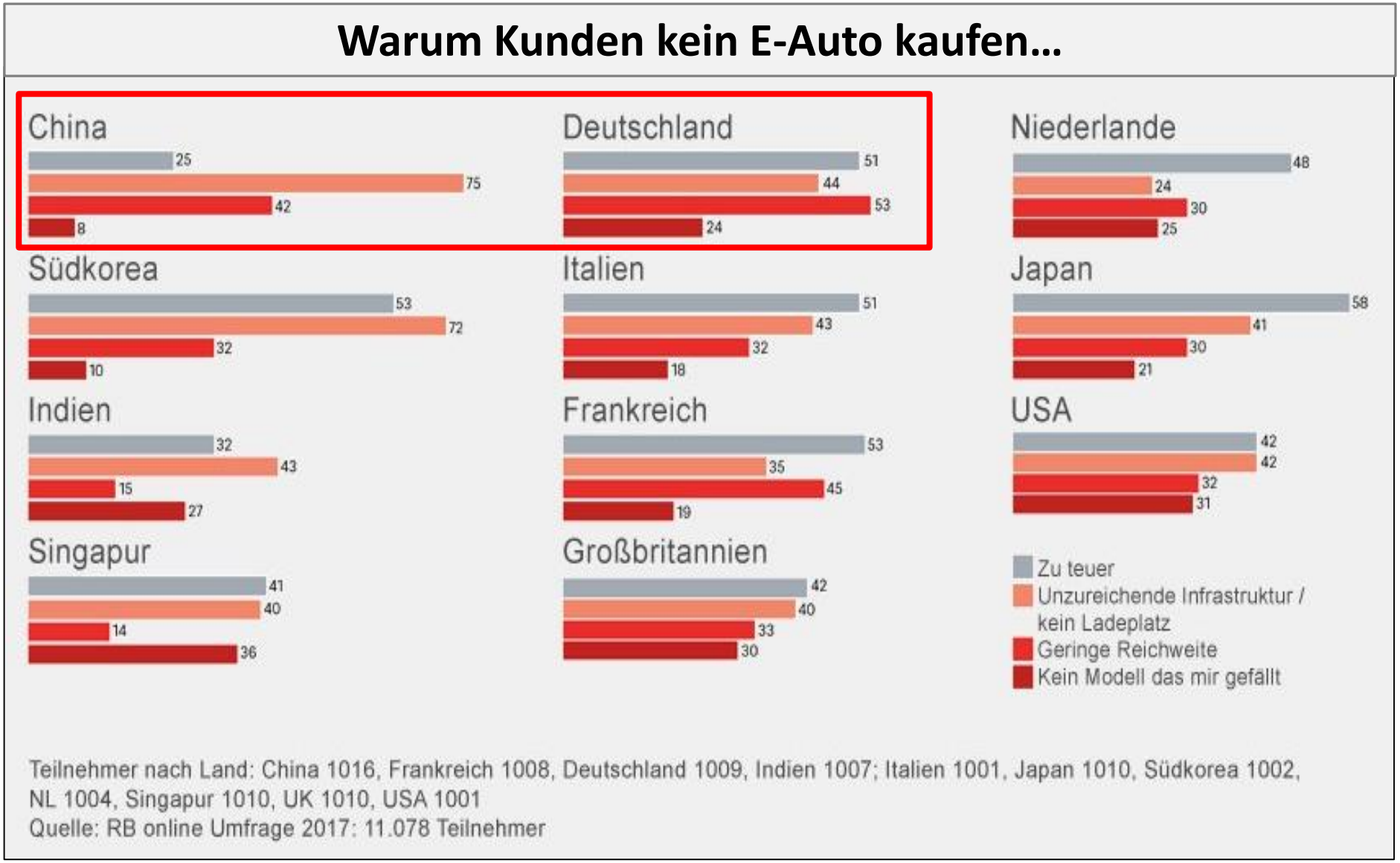
- Geplant ist, dass die staatlichen Subventionen beim Kauf bzw. Verkauf eines E-Autos bis 2020 auslaufen. Dadurch würde der Kostendruck für die Hersteller deutlich verschärft, da sie die Elektroautos ohne finanzielle Anreize verkaufen müssten.
- So müsste Schätzungen zufolge etwa Volkwagen 2020 ca. 240.000 E-Fahrzeuge verkaufen. Wie bereits in Abschnitt 4.2 dargelegt, findet sich bislang aber unter den Top-20-BEVs kein einziges Fahrzeug aus dem VW-Konzern.

Abbildung 63: China-Quotensystem: Notwendige E-Auto-Produktion in 2020



I	China	Oct.	YTD	%
1	BAIC EC-Serie	11315	49191	12
2	Zhidou D2 EV	4502	37093	9
3	BYD Song PHE	3064	22910	6
4	BYD e5	2386	20649	5
5	JAC iEV6S	2861	18585	5
6	Geely Emgra	1742	17990	4
7	Chery eQ	1996	16762	4
8	SAIC Roewe e	1593	15042	4
9	Changan Ben	632	12375	3
10	BYD Qin PHEV	4102	11937	3
11	Zotye E200	2349	11612	3
12	BYD Tang	868	11329	3
13	JMC E100	246	10663	3
14	BAIC EU-Serie	412	8656	2
15	SAIC Roewe e	2811	7638	2
16	JMC E200	1799	7386	2
17	Tesla Model S	350	6498	2
18	Tesla Model X	500	6481	2
19	Zotye Cloud E	276	5840	1
20	Kandi K12 EV	1638	5664	1

Abbildung 64: Hemmnisse für den E-Auto-Kauf nach Ländern



Executive Summary

1. Einleitung

2. Methodisches Vorgehen

3. Markt- und Produktionsentwicklungen

4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller

5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität

6. Szenarien zum Markthochlauf der Elektromobilität für das Jahr 2030
   - 6.1 Überblicksdarstellung der drei Szenarien
   - 6.2 Die Szenarien für Deutschland
   - 6.3 Die Szenarien für die Europäische Union
   - 6.4 Die Szenarien für die USA
   - 6.5 Die Szenarien für China

7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen

- Nachfolgend werden verschiedene Szenarien zum E-Fahrzeug Markthochlauf für PKW* mit den Zielmärkten Deutschland, Europäische Union, USA und China beschrieben. Ergänzend werden für den deutschen Markt auch Nutzfahrzeuge betrachtet. Szenarien sind Zukunftsräume, also Beschreibungen darüber wie sich der Markthochlauf für E-Fahrzeuge bis 2030 unter bestimmten Bedingungen entwickeln könnte. Es handelt sich also nicht um Prognosen, noch wird eines der beschriebenen Szenarien im normativen Sinne als mehr oder weniger wünschenswert aufgefasst.
- Auf Basis der in den letzten Abschnitten erörterten Einflussfaktoren des Markhochlaufmodells werden drei Szenarien mit unterschiedlichen Annahmen vorgestellt, die sich unterschiedlich auf den Markthochlauf für E-Fahrzeuge auswirken.
    1. Optimistisches Pro-EV Szenario (eher optimistische Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität).
    2. Pessimistisches Contra-EV Szenario, (eher pessimistische Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität).
    3. Mittleres EV Szenario (mittlere Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität).
- Das **Pro-EV Szenario** geht von eher optimistischen Annahmen für die E-Fahrzeugentwicklung bis zum Jahr 2030 aus. Danach fallen die Batteriesystemkosten deutlich schneller und tiefer als heute prognostiziert, wodurch die relativen Fahrzeugkosten von E-Fahrzeugen im Vergleich zu Verbrennern günstiger werden. Gleichzeitig erhöhen sich durch technischen Fortschritt die möglichen Reichweiten der E-Autos erheblich, wobei eine flächendeckende öffentliche oder halböffentliche Ladeinfrastruktur ebenso unterstellt werden wie kostengünstige Wallboxes für die heimische Garage. Als weitere Hebel für den E-Markthochlauf wirken stark verschärfte Regulierungen (z.B. CO2 Grenzwerte von unter 50 g/km in Europa). Dieses elektrofreundliche Szenario führt im Jahr 2030 zu Pkw-Neuzulassungen von **Elektrofahrzeugen von etwa 38 bis 54 Prozent**. Davon sind die weitaus meisten batterieelektrisch betrieben (BEV) und nur noch wenige PHEV. Entsprechend sinkt der Anteil der Verbrenner (ICE) an den Neuzulassungen auf nur noch 62 bis 46 Prozent. Das bedeutet, dass im Jahr 2030 allein in Deutschland rund 1,3 Mio. Elektrofahrzeuge neu zugelassen werden. In ganz Europa wären es 6,2 Mio., in den USA 6,7 Mio. und in China sogar über 19 Mio. E-Autos.

* Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles, bei China inkl. Commercial Vehicles.

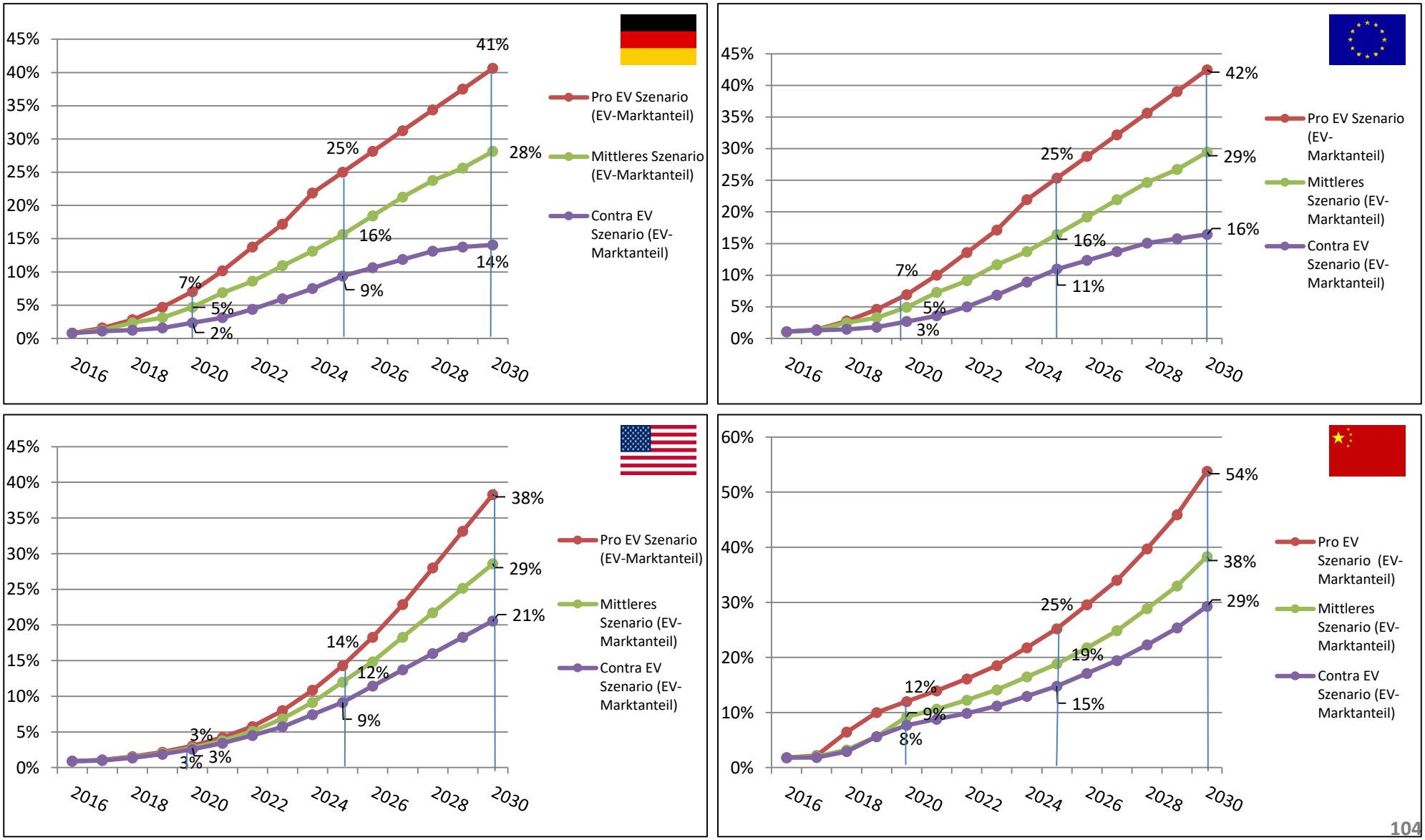
- Kleinere und mittlere Nutzfahrzeuge sowie Busse in Deutschland, die auf den stadtnahen und innerstädtischen „letzten Meilen“ der Supply Chains eingesetzt werden, sind danach ebenfalls zu etwa 40 Prozent elektrisch betrieben (vorwiegend BEV). Lediglich bei schweren LKW und großen Fernreisebussen spielt auch in 2030 die Elektrifizierung keine relevante Rolle. Diese werden immer noch zu großen Anteilen mit effizienz-verbesserten, relativ sauberen Diesel- und Gasantrieben betrieben.

- Das **Contra-EV Szenario** beschreibt eher pessimistische Annahmen zu Entwicklung der E-Mobilität. Danach wird unterstellt, dass sich die Kostenreduktion bei Batterien nicht in dem Maße einstellt wie heute prognostiziert. Ebenfalls lassen sich die Reichweiten- und Haltbarkeitshoffnungen der späten 2010er Jahre technologisch nicht bzw. nicht betriebswirtschaftlich günstig genug erfüllen. Fossile Brennstoffe bleiben – nicht nur inflationsbereinigt, sondern absolut – beinahe auf dem niedrigen heutigen Preisniveau, Gasantriebe gelten bei den OEM neben weiter verbesserten Diesel- und Benzindirekteinspritzern als probate technologische Ausweichstrategien, mit denen sie die nur wenig verschärften CO2- und Feinstaubregularien am kosteneffizientesten erreichen. Danach steigen die Pkw-Neuzulassungen von E-Fahrzeugen in **Deutschland** bis zum Jahr 2030 nur auf **14 Prozent**, während der Anteil von Benzin- und Dieselneuzulassungen rund 86 Prozent beträgt. In der **EU** liegt der Anteil der E-Fahrzeuge mit ca. **16 Prozent** auf einem ähnlichen Niveau, während er in den **USA** und **China** mit ca. **20** bzw. **30 Prozent** etwas höher steigt.
- In absoluten Zahlen werden damit etwa 450.000 Pkw-Neuzulassungen als Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen. Der Fahrzeugbestand von E-Fahrzeugen würde in 2030 danach auf 3,2 Mio. wachsen. Die gesamte Europäischen Union (EU26) käme auf 2,4 Mio. Neuzulassungen von E-Mobilen und einem Bestand von 17 Mio. Deutlich mehr wären es auch im Contra-EV Szenario in den USA (3,6 Mio.) und in China, wo 10,4 Mio. E-Autos im Jahr 2030 neu zugelassen würden.

- Im **Mittleren EV Szenario** wird von moderaten Verbesserungen der Einflussfaktoren für die E-Mobilität ausgegangen. Danach verbessern sich die relativen Kosten der E-Mobilität gegenüber den Verbrennern aufgrund deutlicher Reduzierungen der Batteriesystemkosten und eher steigender Nutzungskosten bei Benzin- und Dieselfahrzeugen. Gleichzeitig erhöhen sich die möglichen Reichweiten der BEV – Fahrzeuge auf 600 km in 2030, wobei ein breites Modellangebot der Hersteller unterstellt wird. Da die Ladeinfrastruktur inklusive Schnellladeмöglichkeiten vergleichsweise gut ausgebaut wird, reichen für viele Fahrzeuge auch kostengünstigere Modell- bzw. Batterievarianten mit dann geringerer Reichweite. Gleichzeitig sinken die CO2-Grenzwerte in der EU für Pkw auf rund 65 g/km, wobei das staatliche Regulations- und Förderumfeld Elektrofahrzeuge zusätzlich moderat begünstigt. So wird etwa in China mit einer weiter fortschreitenden Planung zur Durchsetzung immer strengerer E-Auto-Quoten an den Gesamtzulassungen der Hersteller gerechnet. Dadurch steigen die Neuzulassungen von **E-Fahrzeugen auf 38 Prozent in China**, was einen jährlichen Absatz von rund **13,6 Mio.** Pkw in 2030 ermöglicht. In **Deutschland** wird mit **900.000** Elektromobilen gerechnet. Rund 90 Prozent der E-Fahrzeuge werden dabei rein elektrische BEV sein. Insgesamt werden dann bis zum Jahr 2030 rund 6 Mio. Elektro-Pkw auf deutschen Straßen fahren. Verbrenner machen 2030 im Mittleren Szenario entsprechend noch gut 70 Prozent der Neuzulassungen im deutschen PKW Markt aus. In der **EU** beträgt der Anteil der E-Autos knapp **30 Prozent, was 4,3 Mio. Fahrzeugen** entspricht. In den **USA** sind es etwa **28 Prozent**, hier beträgt die absolute Anzahl **5,0 Mio.** elektrisch angetriebene Pkw.

- Die Zahlen für leichte und – im geringeren Umfang - mittelschwere Nutzfahrzeuge in Deutschland entwickeln sich im Mittleren Szenario ähnlich aufgrund der technologischen Nähe zum PKW. Auch Busse im Stadtbetrieb sind zu rund 50 Prozent elektrisch betrieben. Bei schweren LKW sowie Fernreisebussen dominieren dagegen noch immer mit 95 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge Diesel- und Gastantriebe.

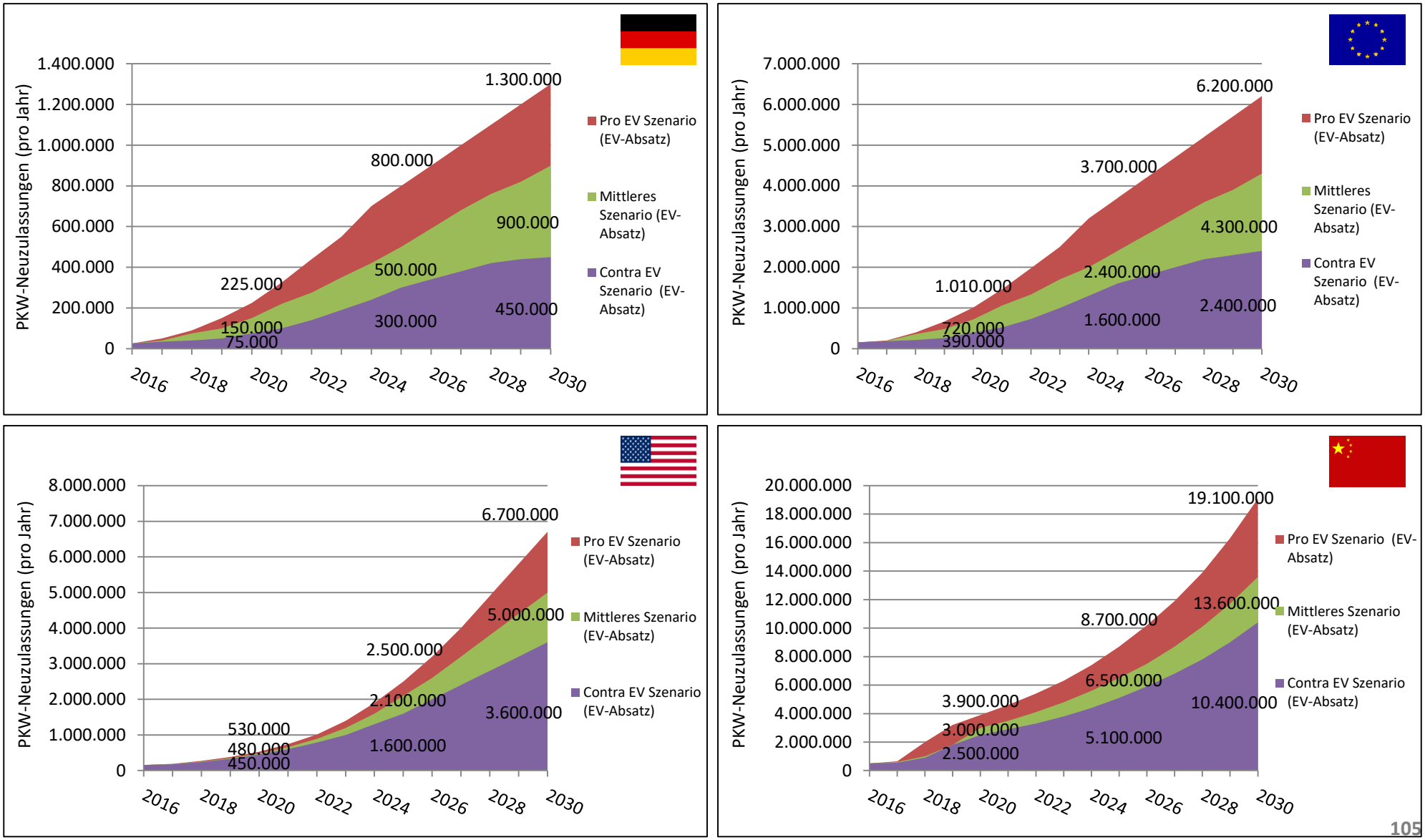
Abbildung 65: Szenarien der Marktanteilsentwicklung von Elektro-Pkw bis 2030 nach Ländern im Vergleich*



* Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles, bei China inkl. Commercial Vehicles.

6. Szenarien zum Markthochlauf der Elektromobilität für das Jahr 2030
6.1 Überblicksdarstellung der drei Szenarien (5)

Abbildung 66: Szenarien der Neuzulassungen von Elektro-Pkw bis 2030 nach Ländern im Vergleich*



* Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles, bei China inkl. Commercial Vehicles.

Exkurs Nutzfahrzeuge

- Der Bestand von Nutzfahrzeugen in Deutschland umfasste zum 1.1.2016 rund 3 Mio. Fahrzeuge. Er wird stückzahlmäßig dominiert von leichten NFZ bis 3,5 Tonnen, welche 76 Prozent ausmachen. Diese rund 2,28 Mio. Fahrzeuge werden in den drei Szenarien wegen ihrer sehr engen antriebstechnischen Verwandtschaft wie PKW behandelt. Mittelschwere NFZ bis 12 Tonnen stellen 11 Prozent des Bestands, also rund 325.000 Fahrzeuge. Schwere NFZ, darunter fallen Lkw mit mehr als 12 Tonnen Gesamtgewicht und Sattelzugmaschinen, kommen auf 13 Prozent des Bestands; das entspricht 200.000 schweren Lkw und rund 194.000 Sattelzugmaschinen (Shell 2016, S. 23).
- Bei den Neuzulassungen dominieren ebenfalls leichte NFZ, welche 2015 etwa 233.000 Einheiten ausmachten. Für diese Fahrzeuge gelten die in den drei Szenarien gemachten Annahmen analog zum PKW. Bei mittleren LKW zwischen 3,5 und 7,5 Tonnen ging in den letzten 25 Jahren der Absatz leicht zurück. Den Trend, dass diese Kategorie unter 10 Prozent der Neuzulassungen ausmacht, kann man fortschreiben bis 2030. Diese Fahrzeuge haben ein hohes Elektrifizierungspotenzial, aber geringe Stückzahlen. Daher bietet es sich nicht an, die den Markthochlauf in den drei Szenarien getrennt durchzuspielen.
- Bei den schweren Neuzulassungen wächst das Segment der Sattelzugmaschinen stark; ihr Anteil hat sich innerhalb der letzten 25 Jahre beinahe verdoppelt (EU-weite Logistik mit Sattelzügen wächst bis 2030 weiterhin). Diese NFZ Kategorie kommt bis 2030 nicht für elektrisches Fahren in Betracht. Diesel bleibt absolut dominant. Je nach Szenario entwickeln sich bis 2030 bzw. 2040 Gasantriebe auf Basis der Dieseleinspritztechnologie weiter. Erdgas LKW könnten Studien zufolge im günstigsten Fall bis 2040 zwei Drittel der Neuzulassungen erreichen (Stichwort: „der bessere Diesel“) – im ungünstigsten LKW Szenario bleiben bis 2040 rund 95% der Antriebe Diesel. Alle anderen Antriebsarten scheiden beim schweren LKW derzeit aus (Shell 2016, S.62f.).

Exkurs Nutzfahrzeuge (Fortsetzung)

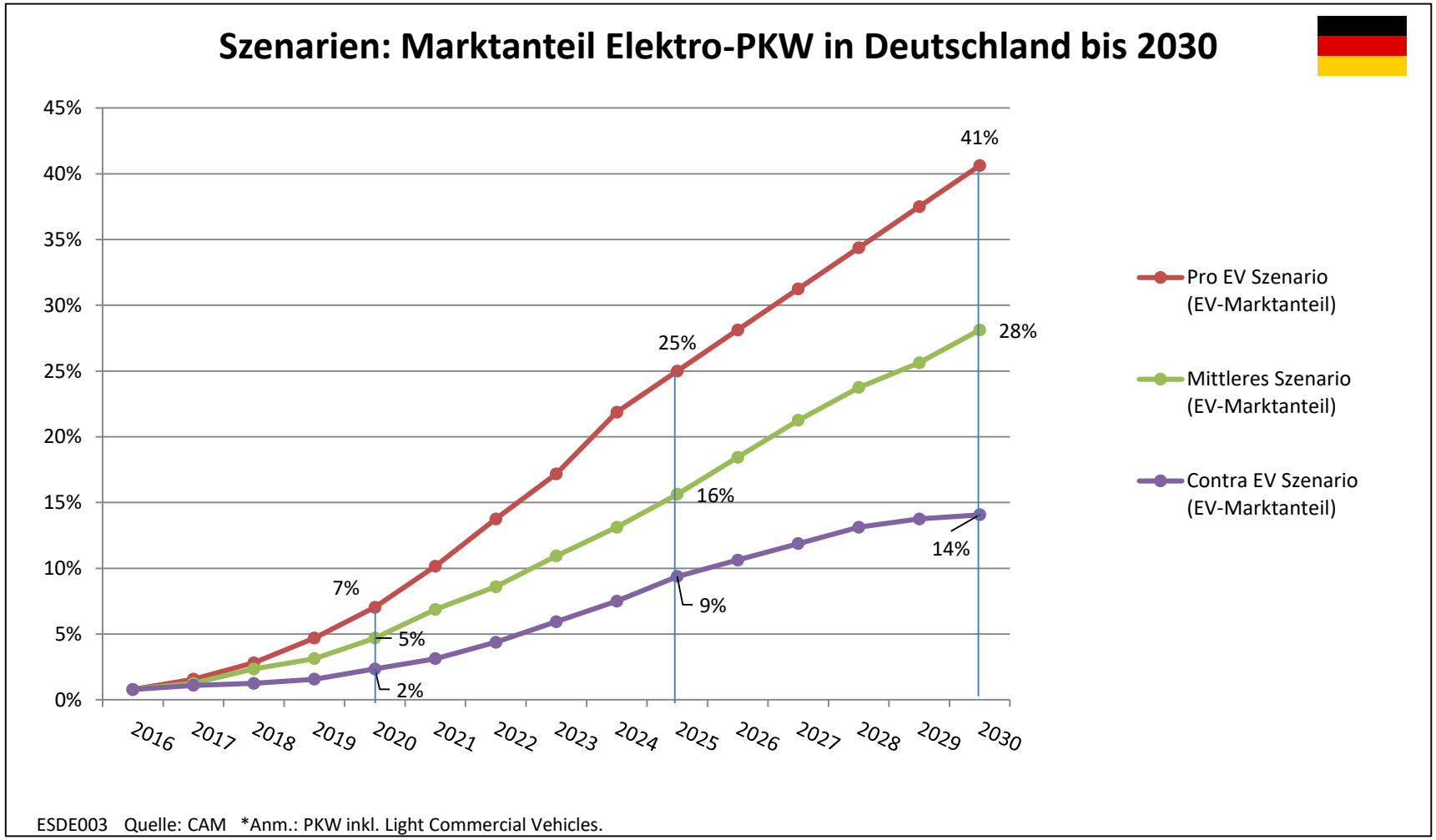
- Bei Bussen ist eine differenzierte Entwicklung zu erwarten. In Deutschland fahren etwa 75.000 Kraftomnibusse; davon werden jedes Jahr weniger als 10 Prozent gegen ein neues Fahrzeug ausgetauscht. Seit Jahren liegen die Neuzulassungen in einem Korridor zwischen 5.500 und 6.000 pro Jahr. Diese geringe Anzahl legt eine Ausarbeitung in Szenarien nicht nahe. Allerdings lag der Anteil „alternativer Antriebe“ bei Bussen bereits 2015 mit 2,8 Prozent der Neuzulassungen deutlich über dem PKW Niveau. Dieser Trend wird sich voraussichtlich bis 2030 weiter verschärfen, da insbesondere in Innenstädten die Betreiber regulatorisch zunehmend in Richtung Elektroantrieb gezwungen werden. Da viele Buslinien in den Städten von kommunalen Eigenbetrieben betrieben werden, die gleichzeitig Strom erzeugen oder vertreiben, ist das Elektrifizierungspotenzial bei Bussen von allen Fahrzeugkategorien mit Abstand am höchsten. Von den Stückzahlen her fällt diese Pro-EV Entwicklung auch 2030 angesichts der dann immer noch über 3 Mio. PKW und der mehr als 340.000 NFZ Neuzulassungen kaum ins Gewicht.

- Die sehr günstigen technologischen und regulatorischen Umfeldbedingungen im **Pro-EV Szenario** führen zu einem deutlich früheren und steileren Markthochlauf von Elektrofahrzeugen bis 2030 in Deutschland. Der Marktanteil von E-Autos wird dann bis 2025 auf rund 25 Prozent ansteigen und im Jahr 2030 bei 41 Prozent liegen. Dadurch werden PHEV nach und nach auslaufen und reine BEV die Szene zum Ende der 2020er Jahre mit einem Anteil von 90 Prozent dominieren. Die Auswahl an BEV Neufahrzeugen deckt dann alle Segmente des PKW Markts ab, wobei die großen globalen Hersteller allesamt über attraktive Modellangebote verfügen; in allen relevanten Nischen sind batterieelektrische Antriebe in unterschiedlichen Leistungs- und Reichweitenkategorien verfügbar. Im leichten und mittleren NFZ Segment steigt der EV Anteil in ähnlichem Umfang hoch. Paket- und Expressdienste, innerstädtischer Lieferverkehr sowie Busse fahren sogar zu über 50 Prozent elektrisch. Dort, wo die Fahrt mit dem Diesel verboten sein wird, kommen benzinbetriebene Hybride oder Gasfahrzeuge zum Einsatz.

Relative Fahrzeugkosten von E-Fahrzeugen (Total Cost of Ownership)

- Überraschend tief gefallene Batteriepreise von rund 85 EUR/kWh bis 2025 bzw. 65 EUR / kWh bis in 2030 bringen den endgültigen Durchbruch für BEV. Ein vollständiger, konventioneller ICE Antriebsstrang ist Mitte der 2020er Jahre bereits teurer als eine vollelektrische Antriebslösung. Insbesondere im PKW Mittelklassesegment steigt der Anteil von BEV schneller als von vielen prognostiziert, weil die OEM radikal umgesteuert haben und ab den 2025er Jahren ohne Rückfallposition auf Elektroantriebe setzen. Die Auswahl an Modellen mit Verbrennungsmotor wird bewusst verknappt, die der BEV gezielt erhöht. Immer mehr wird die Fertigung von Benzin- und Dieselmotoren von den Herstellern fast vollständig an spezialisierte, markenunabhängige Zulieferer outgesourct.

Abbildung 67: Szenarien der Marktanteilentwicklung von Elektro-Pkw in Deutschland bis 2030*



ESDE003 Quelle: CAM *Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles.

- Da der Verbrennungsmotor immer weniger Bestandteil der Markenidentität sein wird, spielt es im Marketing keine wesentliche Rolle mehr, wo und von wem die Motoren gebaut werden. Die Kunden werden dann noch stärker als in der Vergangenheit über Design, Konnektivitäts- und Mobilitätsdienste gewonnen. Zusätzlich werden Attribute wie Sparsamkeit, Zuverlässigkeit und minimale Wartungskosten im Elektrobereich aggressiv herausgehoben und zu Kernbotschaften der Automobilwerbung gemacht. Kunden sind gleichzeitig anspruchsvoll und kostenbewusst. Das Autofahren wird bis 2030 – auch wegen zunehmender Stau- und Parkraumkosten - insgesamt deutlich rationaler. Ökologie schlägt im Verbraucherbewusstsein zunehmend das „höher-schneller-weiter“ der vergangenen Jahrzehnte. Anstrengungen zur Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren werden ab 2025 weitgehend eingestellt. Der erreichte technologische Stand gilt als so ausgereizt, dass nur noch mit überdurchschnittlich hohen Investitionen inkrementelle Verbesserungen möglich sein werden.
- Die Kraftstoffpreise für Benzin und Diesel liegen im Pro-EV Szenario 2030 bei rund 2,00 bzw. 1,90 Euro je Liter, also weit über dem heutigem Niveau. Stark steigende Treibstoffkosten sind in diesem Szenario politisch gewollt; niemand hofft mehr auf einen nachhaltigen Rückgang unter 1,80 Euro je Liter. Durch die parallel sehr stark fallenden Batteriekosten und der Vernetzung der E-Autos mit smarten Energienetzen (Batterie als Energiepuffer) ist das Fahren eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor wirtschaftlich zunehmend uninteressant. Die sinkenden ICE Gebrauchtpreise erzeugen überdies eine Abwärtsspirale. Umgekehrt sind ab 2025 die gesellschaftspolitischen Hemmungen endgültig überwunden, von ICE Fahrern weitere Zuschläge via Mineralölsteuer und erhöhte KFZ Steuern zu verlangen. Ein großer Anteil von Firmenflotten und Dienstwagen werden auf BEV oder (stark abnehmend) PHEV umgestellt sein. Die Privatkunden verhalten sich tendenziell stärker kostenorientiert, und TCO wird von einer Recheneinheit für Spezialisten zum Allgemeingut des Autofahrers, nicht zuletzt dank sehr ausgefuchster und bequemer Online Datenanalysen, die Vergleichsrechnungen nach gestaltbaren Parametern onboard liefern. Autofahren ist zwar 2030 kein Luxus, aber immer geringere Anteile des verfügbaren Einkommens werden in einen PKW gesteckt. Viele Privatbesitzer bieten ihr Fahrzeug, wenn sie es nicht benötigen, im Rahmen von diversen Mobilitätskonzepten anderen zur Nutzung an.

Funktionalität

- Bei den elektrischen Antrieben stehen die OEM weltweit in einem erbittert geführten Wettbewerb um immer leichtere, kostengünstige BEV für die Masse der PKW Käufer. Neue Freiheiten im Innenraumdesign, die den wegfallenden Platz für Verbrennungsmotor und Getriebe geschickt nutzen und die immer leistungsfähiger und kompakter werdenden Batterien werden von den Technologieführern verfeinert und diffundieren nach und nach über die Nachahmer in den Massenmarkt. Die Anschaffungskosten werden bei vergleichbaren Ausstattungen und Fahrleistungen schon leicht unter dem Niveau von ICE sein. Zusätzlich sind weniger Kosten bei Wartung und Reparatur und ein geringerer Wertverlust garantiert. Die Reichweitenproblematik spielt 2030 keine kaufentscheidende Rolle mehr, alle BEV können – je nach Modellvariante - prinzipiell 500 km und mehr mit einer Batterieladung fahren. Als Zweit- oder Drittwagen für innerstädtische Mobilität werden Modelle mit kleineren Batterien und Reichweiten um die 250 km angeboten, die preislich sehr attraktiv sind. Die deutschen Premium- und Massenhersteller setzen ihre geballte Technologiekompetenz und Vermarktungsstärke zugunsten von BEV ein. PHEVs verschwinden nach und nach aus dem Markt, außer bei Fahrzeugen, deren Betriebssicherheit als entscheidendes Kaufkriterium angesehen wird. Manche Spezialsegmente wie Feuerwehr, Polizei und Krankenwagen usw. setzen weiterhin auf Benziner/Diesel oder Gasantriebe allerdings mit neuen auch in der Praxis funktionierenden Abgasnachbehandlungssystemen. Gleichzeitig wird marketing- und vertriebsseitig von den Herstellern 2030 sehr viel getan, um die noch zögerlichen privaten Kundensegmente für das elektrische Fahren zu gewinnen, bspw. durch Beigabe von Wallboxen oder Gutscheinen für Schnellladestationen und ähnliche Incentives.

Ladeinfrastruktur

- Der Auf- und Ausbau der gesamten Ladeinfrastruktur wird stark vorangetrieben vom steigenden Anteil an BEV bei den Neuzulassungen. Es wird 2030 ein dichtes Netz an öffentlichen Ladestationen sowie Schnellladeмöglichkeiten geben, insbesondere auch an Autobahnen. Danach steigt das Angebot an Ladeinfrastruktur im Pro-EV Szenario für das Jahr 2030 auf rund 500.000 öffentliche bzw. halböffentliche (Normal-)Ladepunkte für den Alltagsverkehr und ca. 50.000 Schnellladepunkte (>50 kW Ladeleistung) für den Fernverkehr. Zusätzlich treten neue Anbieter, etwa die vier großen Stromerzeuger selbst oder größere und mittlere Energieversorger in den Markt für Ladestationen mit eigenen nennenswerten Infrastrukturinvestitionen ein. Fallende Wallbox Preise führen zu hunderttausenden Installationen bereits Ende der 2020er Jahre. Fahrer von EV sind außerdem bereit, für das Schnellladen im Fernverkehr etwas mehr zu zahlen. Auch hier spielen Connectivity und Apps eine tragende Rolle. Jeder PKW Fahrer weiß permanent in Echtzeit, wo die nächstgelegene freie Lademöglichkeit ist, was er zu zahlen und wie lange er ggf. zu warten hat, bis er mit seinem BEV wieder „vollgeladen“ auf der Straße ist.
- Für Fernreisende ist entlang der Autobahnen ein flächendeckendes, in Westeuropa lückenloses Stromtankstellennetz vorhanden, teils von PKW-Herstellerkonsortien errichtet und betrieben, teils von heutigen Mineralölgiganten zusätzlich zu den Zapfsäulen installiert, teils von dem etablierten Stromversorgern neu gebaut und in eigener Regie oder zusammen mit Raststättenbetreibern organisiert. Reichweitenangst und/oder lange Wartezeiten beim Schnellladen sind 2030 keine Themen mehr für Kunden mit einem Nutzerprofil zwischen 10.000 und 20.000 Jahreskilometern. Die Probleme mit der Ladeinfrastruktur, die lediglich bei grenzüberschreitenden Fernfahrten in Richtung Mittelost- und Osteuropa auftreten, treffen nur wenige deutsche Autofahrer. Die in dünn besiedelten, ländlichen Regionen Deutschlands auch 2030 vorhandenen Versorgungslücken mit öffentlichen (Schnell-)Ladestationen werden auf längere Sicht bestehen bleiben, etwa so wie beim Ausbau mit schnellem Internet. Allerdings laden diese schwerpunktmäßig in der eigenen Garage. Gleichwohl wird der Benzin- und Dieselanteil an den Neuzulassungen in ländlichen Regionen deutlich langsamer zurückgehen als deutschlandweit.

Regulierung

- Die Emissionsgrenzwerte verschärfen sich europaweit stärker als es beim Fortschreiben der letzten Jahre absehbar gewesen ist. 2030 gilt ein herstellerbezogener CO2 Flottengrenzwert in der EU von 49 g/km für Pkw. Die Nutzungsbedingungen für Verbrenner werden ordnungspolitisch so unbequem, dass die OEM weltweit zu einer vollständigen Hinwendung zu EV gezwungen sein werden. Viele ausgesprochene und auch scharf überwachte Einfahrverbote in viele Innenstädte, deutliche Nutzungseinschränkungen auch für verschiedenen Bundesstraßen und Autobahnen für Fahrzeuge mit älteren EURO Normen führen zusammen mit weiteren Mineralölsteuererhöhungen dazu, dass die Benzin- und Dieseltechnologie im PKW Bereich 2030 gesellschaftlich ein Auslaufmodell ist. Dass es eine Übergangsphase auf dem Weg in die elektrische Zukunft geben muss, wird regulatorisch akzeptiert, aber die Bedingungen für ICE werden immer restriktiver. Fast alle etablierten Parteien thematisieren den dekarbonisierten Autoverkehr bis 2040 in ihren Programmen. Der ursächliche Mentalitätswandel wird auch durch den Erfolg der Energiewende forciert. Der Ausstieg aus fossilen Brennstoffen ist politisch unumkehrbar beschlossen. Der Auf- und Ausbau der Netzinfrastruktur ist landesweit sehr gut vorangekommen. Ladestationen für Pkw und Lkw sind bis 2025 auch mit direkter und indirekter staatlicher Förderung aus dem Boden gestampft worden.

Fazit

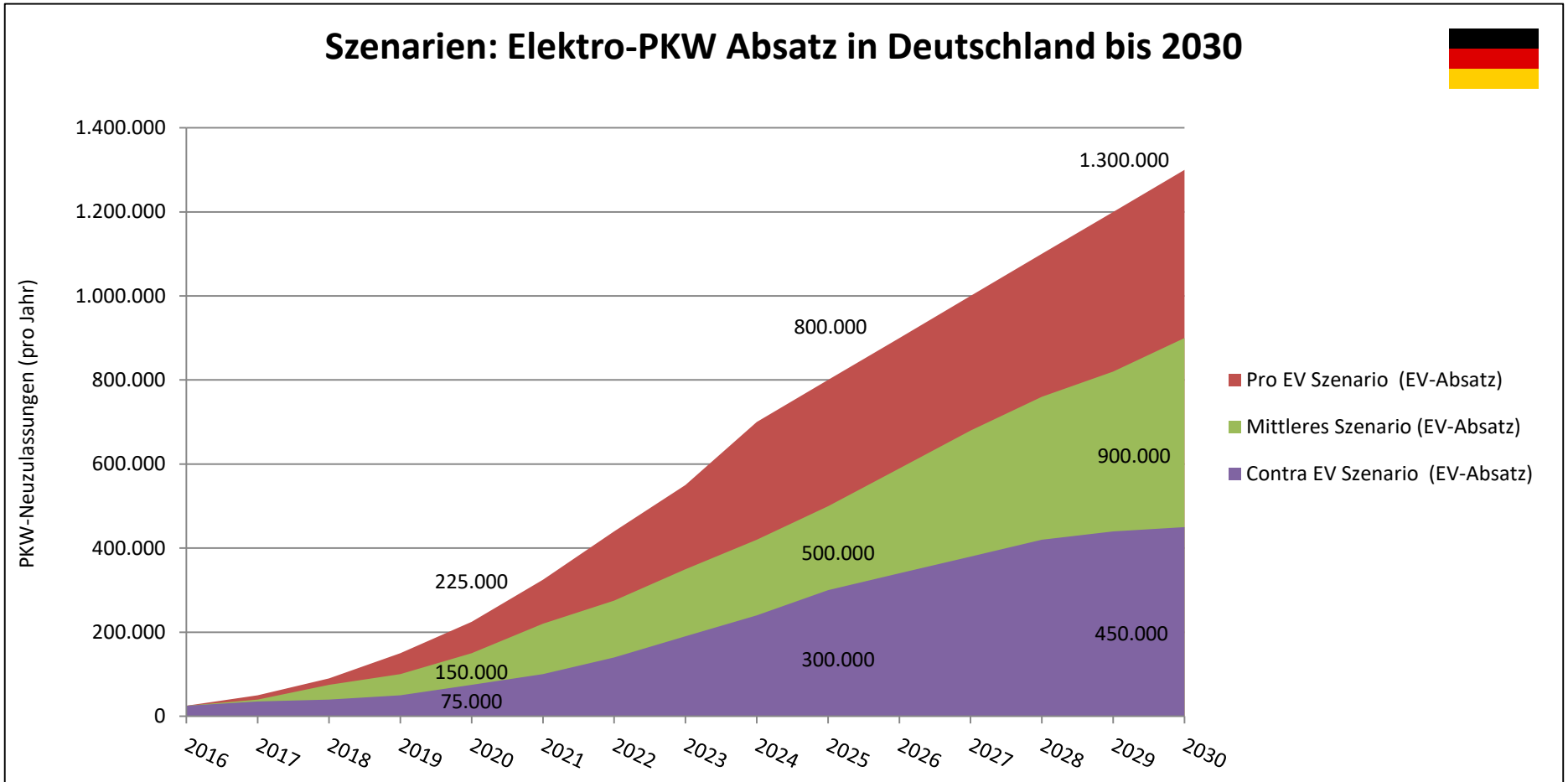
- Rationale Überlegungen zur Pkw-Neuanschaffung tendieren ab 2025 stark in Richtung EV, was zu einem Neuzulassungsanteil von 41 Prozent im Jahr 2030. In diesem Pro-EV Szenario machen die Verbrennungsmotoren 2030 nur noch knapp 60% der Neuzulassungen aus. Bereits dann sind 9 Mio. Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen. Auch wirtschaftlich nicht sehr leistungsfähige Bevölkerungsgruppen und Wirtschaftseinheiten entscheiden sich gegen den Verbrenner, weil BEV in der Anschaffung nicht mehr teurer sind. Gleichzeitig boomt der Gebrauchtmarkt für EV 2030, da viele der nach 2025 neu zugelassenen Fahrzeuge nach zwei bis fünf Jahren erneuert werden. Kaufanreize für gebrauchte BEV bieten die Hersteller und der Staat in Form von „Verschrottungsprämien“ für ICE. Die heute noch bestehende TCO-Lücke zwischen Verbrenner und E-Auto ist nicht mehr vorhanden. Elektrisches Fahren ist (je nach Fahrzeugkategorie) meist billiger und zudem schick.

Im **Contra-EV Szenario** kommt es aufgrund ungünstiger Umfeldfaktoren zu einer deutlich flacheren Hochlaufkurve für Elektrofahrzeugen bis 2030. Deren Marktanteil wird 2030 unter diesen pessimistischen Annahmen bei 14 Prozent liegen. In absoluten Zahlen werden damit etwa 450.000 Pkw-Neuzulassungen als Elektrofahrzeuge zugelassen. Der Fahrzeugbestand von E-Fahrzeugen würde in 2030 danach auf 3,3 Mio. wachsen. Durch die ungünstigen Rahmenbedingungen für elektrisches Fahren insgesamt bleiben Plug-in Hybridantriebe als technologische Übergangslösung eine Art Krücke hinein ins elektrische Zeitalter. Unter diesen Prämissen wird es bei den Elektrofahrzeugen etwa 66 Prozent PHEV und 33 Prozent BEV geben. Durch Ausbauverzögerungen der Ladeinfrastruktur und nur geringfügige Grenzwertverschärfungen für Verbrenner gekoppelt mit hohen Batteriekosten von immer noch mindestens 120 EUR/kWh sowie nach wie vor ausgeprägten Ängsten der Verbraucher hinsichtlich Haltbarkeit und Wiederverkaufs eines EV gewinnt der Hochlauf der Elektro PKW nur geringe Dynamik. Die bewährten Benzin- und Dieselfahrzeuge werden nach dem Abgasskandal 2015/2016 herstellerseitig verbrauchs- und emissionsoptimiert, so dass in diesem Contra-EV Szenario auch 2030 noch sehr viel für einen ICE Antrieb bei einer PKW Neuanschaffung spricht. Die Auswahl an PHEV ist gut, bei BEV allerdings werden noch immer nicht alle Nischen des PKW Markts abgedeckt. Das „Henne-Ei-Problem“ von Infrastrukturausbau und Zahl der E-Fahrzeuge besteht nach wie vor. Auch im Jahr 2030 beherrschen PKW mit (verbesserten) Otto- und Dieselmotoren immer noch den Markt, flankiert von einer steigenden Anzahl an Bi-Fuel Lösungen auf der Basis Ottomotor mit gemischtem Benzin- oder Erdgasantrieb.

Relative Fahrzeugkosten von E-Fahrzeugen (Total Cost of Ownership)

- Im Contra EV Szenario fallen die Herstellkosten für Lithium-Ionen-Akkus weniger deutlich als bis heute prognostiziert. Die Batteriepreise pendeln sich 2030 auf rund 120 EUR / kWh ein. Viele Hoffnungen auf Fortschritte bei Kosten, Baugröße, Gewicht, insbesondere durch neue Batteriechemie, welche die Hersteller hatten, erfüllen sich schlechter als vorausgesagt. Ein vollständiger, konventioneller ICE Antriebsstrang ist noch immer günstiger als eine vollelektrische Antriebslösung. Insbesondere im volumenstarken PKW Mittelklassesegment ist es bei weniger als 20.000 km im Jahr unwirtschaftlich, auf ein EV umzusteigen.

Abbildung 68: Szenarien der Absatzentwicklung von Elektro-Pkw in Deutschland bis 2030*



ESDE001 Quelle: CAM *Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles.

- EV können bei Reichweite und Gewicht noch immer nicht gegen den Verbrenner konkurrieren. Auch durch PHEV kommt nicht der Durchbruch: viel Gewicht, hohe Kosten (zwei Antriebe) und geringe elektrische Reichweiten, die funktional höchstens einige gut betuchte Pendler zufrieden stellen, nicht aber Vielfahrer. Im Kleinwagensegment (Zweitfahrzeug) und bei luxuriösen Langstreckenfahrzeugen steigt der EV Anteil etwas schneller. Gleichwohl setzen die OEM nach wie vor stark auf den Verbrenner, auch bei leichten NFZ, die weiterhin antriebstechnologisch einem PKW entsprechen. Mittlere NFZ bis 12 Tonnen und viele Überlandbusse werden immer noch mit Diesel oder Gas (CNG / LNG) am wirtschaftlichsten betrieben. Viele Logistikkunden aus dem Handel verlangen zwar „grünes Fahren“ von ihren Dienstleistern, aber es gibt zu wenig kostendeckende Mehrpreisbereitschaft. Der Elektroanteil bei NFZ ist allerdings stark diversifiziert, denn je nachdem ob Innenstädte angefahren werden oder nicht, ergibt sich ein deutlich höherer BEV Anteil. Diese mittelschweren NFZ bis 12 Tonnen Gesamtgewicht sind allerdings weniger stückzahlrelevant als schwere LKW für den internationalen Überlandverkehr (nur 11% der NFZ sind über 3,5 bis max. 12 t., Shell 2016, S.23).
- Bei Pkw sind die OEM zwar in der Umstellung auf EV, so dass ab Mitte der 2020er Jahren deren Anteil steigt. Allerdings bleibt dieser zunächst im einstelligen Prozentbereich der Neuzulassungen. Die Auswahl an ICE wird bei den volumenstarken OEM strategisch ganz bewusst nicht verknappt, vielmehr setzen deutsche PKW Hersteller technologisch noch immer auf verbesserte Verbrenner. Lediglich Nischenhersteller oder kleine, sehr spezialisierte Marken wagen die vollständige Hinwendung zu BEV, ähnlich dem Vorreiter Tesla in den 2010er Jahren. Die Kraftstoffpreise für Benzin und Diesel sind im Contra-EV Szenario 2030 mit 1,25 und 1,35 je Liter inflationsbereinigt innerhalb von dreizehn Jahren nicht spürbar gestiegen. Durch die seit 2025 kaum noch fallenden Batteriekosten ist das Fahren eines ICE wirtschaftlich immer noch meist die interessantere Option. Elektrisch zu fahren ist bei einigen ökologisch motivierten Haushalten für den Zweitwagen eine Option, aber nicht für den Erstwagen. Kaufkräftige und zugleich ökologisch geprägte Milieus zahlen den Aufpreis für ein EV sehenden Auges, gehen aber sparsam mit dem PKW um in dem Sinne, dass er nur genutzt wird, wenn Alternativen wie Bahn, Mitfahren usw. sich schlechter rechnen.

Funktionalität

- Starke Anstrengungen der OEM zur Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren haben Erfolg und führen dazu, dass 2030 in diesem Szenario elektrische Antriebe nicht das globale Wettbewerbsumfeld dominieren. Zwar sind auch in Deutschland neue, batteriespezifische Designlösungen entwickelt worden, doch die zentralen Pkw-Plattformen der Massenhersteller werden noch immer auf den Verbrenner ausgerichtet. Die rund 14 Prozent EV bilden noch nicht genug ökonomische Masse, um unumkehrbar umzuschwenken. Lediglich im Bereich von Zweit- und Drittwagen für die innerstädtische Mobilität kommen Pkw mit kleineren Batterien und Reichweiten um die 250 km zu nennenswerten Marktanteilen. Das gleiche gilt für 2030 etablierte reine Elektrospezialisten wie Tesla. Es wird marketing- und vertriebsseitig von den deutschen Herstellern 2030 in punkto EV weniger getan, als heute angekündigt und angenommen, auch weil viele Flottenkunden noch immer zögern, endgültig vom Verbrenner wegzugehen. Die EV sind in allen Segmenten flächendeckend zu kaufen, doch der Tipping Point hin zum elektrischen Fahren ist in diesem Szenario auch 2030 noch nicht erreicht.

Ladeinfrastruktur

- In Prognosen aus den Jahren 2013 bis 2017 gingen viele Experten von einem raschen Auf- und Ausbau der Ladeinfrastruktur aus. Diese Ausblicke erweisen sich im Contra-EV Szenario als viel zu optimistisch. Auch die Schnellladeinfrastruktur entwickelt sich schleppend, weil viele Barrieren nach wie vor bestehen: keine weltweiten Standards, also nationale bzw. regionale Sonderlösungen, zögerliche Investoren innerhalb und außerhalb des Automotive Sektors, existenzbedrohenden finanzielle Schwierigkeiten bei führenden Stromerzeugern ab 2025. Die vorhandene Infrastruktur ist zersplittert, Kunden können nicht barrierefrei bei unterschiedlichen Anbietern laden und bezahlen – ein Elektroauto zu fahren, setzt starke Nerven und viel Zeit voraus. Zeit, die Fahrer von Verbrennungsmotoren gewinnen, weil Tanken für sie nach wie vor eine Sache von Minuten ist und auch 2030 klassische Tankstellen in ausreichender Zahl für Spitzenbedarfe wie Sommerferienbeginn, Osterreiseverkehr oder lange Wochenenden zur Verfügung stehen. Ein Komfort von dem Elektrofahrer weiterhin träumen. In dieser Lage wenden sich zunehmend „Early Birds“ wieder vom Elektroauto ab und kehren reumütig und frustriert zum Verbrenner zurück.

Regulierung

- Politisch wird elektrisches Fahren gefördert – im Prinzip! Der Alltag ist hingegen gekennzeichnet von einer Vielzahl föderalistischer Sonderlösungen, politischem Dauerstreit um Fördermaßnahmen bei Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur Blockaden gegen eine als zu großzügig und wettbewerbsverzerrend wahrgenommenen Elektroförderung des Bundes sowie unentschlossenen Kommunen und Kreisen, welche zwar elektrisches Fahren grundsätzlich wollen, aber bei der Umsetzung von Vorrangspuren oder speziellen Parkplätzen für EV schleppend reagieren. In diesem für Elektromobilität ungünstigen Umfeld werden viele innerstädtische Fahrverbote – nach teilweise massiven Bürgerprotesten – auch deshalb wieder aufgeweicht oder ausgesetzt, weil die Luftverschmutzung aufgrund stark verbesserter Verbrennungsmotoren und einer bezahlbaren Abgasnachbehandlung deutlich zurückgegangen ist. Die 2030 für dieses Szenario unterstellten CO2 Grenzwerte von 90 g/km schaffen die OEM, vor allem dank starker Effizienzgewinne bei den Verbrennern. So vertragen ab 2025 alle Benziner bis zu 20 Prozent Biospritbeigabe und die Dieselgeneration 2030 wird durch aufwändige, aber infolge der gefertigten Massen bezahlbarer Abgasnachbehandlungssysteme mit AdBlue oder ähnlichen Stoffen so sauber sein wie nie zuvor.

Zwischenfazit

- Beim Contra-EV Szenario bleibt vieles wie es heute ist. EV sind weitgehend ausgereift und werden flächendeckend angeboten, auch eine relativ dünne Ladeinfrastruktur ist prinzipiell vorhanden, doch es klemmt bei vielen Kleinigkeiten. Zwei gegenläufige Bewegungen markieren dieses Szenario: Einerseits erstaunlich saubere Verbrenner, günstige Kraftstoffe, relativ geringe Verschärfung der Grenzwerte bei Emissionen. Andererseits nach wie vor (zu) teure Batterien, zersplitterte Elektroregulierung und -förderung in Bund und Ländern, immer noch große TCO Lücken zulasten von EV. Elektrisches Fahren ist 2030 zwar aus der Exotennische heraus gekommen, aber es bleibt nur ein Vergnügen für ökologisch stark inspirierte Menschen mit gut gefülltem Geldbeutel. Wer aufs Geld schauen muss, fährt auch 2030 mehrheitlich ICE, Vielfahrer einen Diesel, Wenigfahrer einen Benziner. Auch Gasantriebe stellen in diesem Szenario eine wirtschaftlich und ökologisch attraktive Alternative dar, da bei Gasverbrennung im PKW und NFZ 25 Prozent weniger CO2 als bei einem vergleichbaren Benziner entsteht.

Das **Mittlere EV Szenario** geht von moderat günstigen technologischen, regulatorischen und vermarktungsseitigen Rahmenbedingungen aus, die geeignet sind, den Anteil elektrisch angetriebener PKW bis 2030 zwar deutlich zu erhöhen, ohne allerdings den Verbrenner bereits 2030 abzulösen. In diesem Szenario werden 2030 rund 28 Prozent der PKW Neuzulassungen elektrisch angetrieben sein, was einen Absatz von rund 900.000 Pkw in 2030 ermöglicht. Rund 90 Prozent der E-Fahrzeuge werden dabei rein elektrische BEV sein. Insgesamt werden dann bis zum Jahr 2030 rund 6 Mio. Elektro-Pkw auf deutschen Straßen fahren.

Relative Fahrzeugkosten von E-Fahrzeugen (Total Cost of Ownership)

- Die Batterieherstellkosten entwickeln sich durch Lernkurveneffekte und Economies of Scale (EoS) nach unten und führen zu kWh Preisen um 90 Euro im Jahr 2030. Dadurch sinken die Batteriesystemkosten bei Kleinwagen auf rund 3.000 Euro, während diese sich für Mittel- und Oberklassefahrzeugen auf 5.800 bzw. rund 9.000 Euro reduzieren. Dadurch sind die Anschaffungskosten für einen vollständigen konventioneller ICE Antriebsstrang kostenmäßig auf gleichem Niveau als eine vollelektrische Antriebslösung. Hinzu kommt, dass EVs durch moderate ökonomische Anreize stimuliert werden. Die Anschaffungskosten werden meist zwar meist ncoh höher sein als beim ICE, dafür winken allerdings weniger Kosten bei Wartung, Reparatur und Wertverlust.
- Für die PKW Hersteller wird es zwar immer schwieriger, Effizienzgewinne bei der Fertigung von Verbrennungsmotoren zu erzielen und die steigenden Stückkosten an die Kunden weiterzureichen. Die weltweit wichtigsten Getriebehersteller stehen durch den seit Mitte der 2020er Jahre erkennbaren Volumenrückgang von Verbrennern vor Problemen. Den steigenden Kostendruck, unter dem alle OEM sowohl bei EV als auch bei ICE geraten, geben diese nach den Mustern der Vergangenheit an ihre Zulieferer weiter. Zulieferer, die am Verbrennungsmotor hängen, werden durch diese Zangenbewegung (weniger Absatz, noch stärkerer Kostendruck seitens der OEM) in ernste wirtschaftliche Schwierigkeiten geraten. Die Kraftstoffpreise für Benzin und Diesel liegen im Mittleren Szenario bei 1,60 bzw. 1,50 Euro je Liter im Jahr 2030. Steigende Treibstoffkosten bei gleichzeitig fallenden Batteriekosten sind der Mix, der das Fahren eines EV zunehmend wirtschaftlich interessant macht.

- Batteriefahrzeuge als Antriebstechnologie werden zwar durch gezielte Steuererhöhungen bei fossilen Kraftstoffen gefördert. Doch Verbrenner lassen sich 2030 immer noch wirtschaftlich rational begründen. Daher werden viele Firmenflotten und Dienstwagen nach wie vor Benziner, Diesel bzw. gasbetrieben sein. Immer noch präferieren viele zahlungskräftige ältere Privatkunden aus häufig nicht-rationalen Gründen den Verbrenner und sind bereit, die eventuellen Mehrkosten je Kilometer zu tragen. Die Elektrofahrer, immerhin 28 Prozent der Neuwagenkäufer, fahren aufgrund der geringeren Nutzungskosten zunehmend billiger als Benzin- und Dieselfahrer. In diesem moderat EV-freundlichen Szenario werden sich die Gesamtlebenszykluskosten eines mit Batterie betriebenen PKW im Laufe der 2020er Jahre so entwickeln, dass es wirtschaftlich vertretbar sein wird, ein EV neu anzuschaffen.

Funktionalität

- Die Reichweitenproblematik spielt 2030 im mittleren Szenario keine kaufentscheidende Rolle mehr. Es werden in verschiedenen Fahrzeugsegmenten Modelle bis 600 km Reichweite und darüber wählbar sein. Die Angebotsvielfalt der OEM deckt alle Massensegmente und viele lukrative Nischen ab. Der Ehrgeiz der Entwickler wird auf immer bessere und sparsamere Batterien, massiven Leichtbau unter Verwendung von Alu- und Magnesium-Verbundmaterialien, CFK Verbundwerkstoffen und die hocheffiziente Systemintegration der Batterie- und Antriebskomponenten fokussiert. Insbesondere die Premiumhersteller treiben sich gegenseitig zu immer neuen Rekorden an bei EV Reichweiten, Ladegeschwindigkeit, Wiederaufladezyklen sowie Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz bei der Produktion an. Der gesamte Lebenszyklus der Batterien, insbesondere das so genannte „second life“, ist betriebswirtschaftlich interessanter als die traditionellen Motor-/ Getriebekonfigurationen in ICE. Investitionen in die weitere Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren oder die nachgeführte Abgassäuberung von den Herstellern wird aus Kostengründen weiter zurückgefahren. Verbrenner machen 2025 noch deutlich über 80 Prozent aller Neuzulassungen aus, mit fallender Tendenz (2030: 28%). Händler- und Werkstattnetze werden so umgebaut, dass EV sehr gut betreut werden. Verbrenner werden selbstverständlich wie gewohnt gewartet und repariert, allerdings zu tendenziell steigenden Kosten.

Ladeinfrastruktur

- Der Auf- und Ausbau der privaten Ladeinfrastruktur wird getrieben von fallenden Wallbox Preisen, was den Nachfrage privater Haushalte stark stimuliert. Im halböffentlichen Bereich, insbesondere in Form von Ladestationen bei größeren Arbeitgebern, Einkaufszentren und Parkhausbetreibern, ist ebenfalls eine gute Abdeckung zu verzeichnen. Fahrer von EV sind es gewohnt und bereit für das Schnellladen fernab der heimischen Wallbox in etwa so viel zu zahlen wie für fossile Kraftstoffe an klassischen Tankstellen zu zahlen wäre. Spezialisierte Apps geben jederzeit den Überblick über die günstigsten Stromtankplätze, die im Bedarfsfall auch tatsächlich frei sind.
- Für Fernreisende ist entlang der Autobahnen ein weitgehend flächendeckendes Stromtankstellennetz mit Superchargern vorhanden. So sind Fernreisen ohne Reichweitenangst und ohne lange Wartezeiten auch elektrisch machbar. Der Kunde mit einem statistisch häufigen Nutzerprofil zwischen 10.000 und 20.000 Jahreskilometern, einschließlich zwei bis drei Urlaubsfahrten pro Jahr, kann fahrzeugtechnisch und vom Ladeservice her bedenkenlos auf EV umsteigen. Probleme treten lediglich bei grenzüberschreitenden Fernfahrten insbesondere in Richtung Osteuropa auf. Nur mit Strom unterbrechungsfrei bis Kasachstan zu fahren, bleibt auch 2030 eine Illusion. Nutzergruppen, die arbeitsbedingt häufig mehr als 600 km täglich zurücklegen, werden meist am Diesel festhalten, aber auch vermehrt Gasantriebe für Benzinmotoren nutzen. Ein EV ist für diese Nutzergruppe auch 2030 noch keine Option.

Regulierung

- Die Emissionsgrenzwerte verschärfen sich europaweit in etwa so wie es beim Fortschreiben der Entwicklung der letzten zehn bis fünfzehn Jahre absehbar gewesen ist. 2030 wird im mittleren Szenario ein herstellerbezogener CO2-Flottenwert für Pkw von 65g /km bestehen. Die Nutzungsbedingungen für Verbrenner werden ordnungspolitisch verschärft. Einfahrverbote für Verbrenner werden zunehmend in Innenstädten erlassen. Vereinzelt gibt es auch Nutzungseinschränkungen für ICE auf Bundesstraßen und Autobahnen für Fahrzeuge, die nur EURO 6 Norm aufweisen.

- Moderaten Steuererhöhungen führen dazu, dass die Benzin- und Dieseltechnologie im PKW Bereich langsam aber sicher zu einem Auslaufmodell wird. Eine lange weit über 2040 hinausreichende Transitionsphase auf dem Weg in die elektrische Zukunft wird regulatorisch akzeptiert, weil auch 2030 das Auto gesellschaftlich nach wie vor ein Emblem für persönliche Freiheit sein wird. Die damit verbundenen Individualisierungschancen – auch bei der Wahl des Antriebs – werden politisch nicht zu sehr eingeschränkt werden. National leicht divergierende, aber insgesamt deutlich in Richtung Dekarbonisierung ausgelegte Rahmenbedingungen für die individuelle Mobilität mit dem PKW und mit leichten NFZ schaffen einerseits unumkehrbare Fakten zugunsten elektrischer Antriebe. Andererseits bleibt der Verbrenner auch nach 2030 bei den Zulassungszahlen noch eine Weile dominant. Bei Kleingewerbetreibenden, Handwerkern, kleinen Lieferservices, Pflegediensten usw., denen es aus wirtschaftlichen Gründen nicht zugemutet werden kann, kurzfristig neue Fahrzeuge mit Elektroantrieb anzuschaffen, wird es auch 2030 teilweise erlaubt sein, innerstädtisch mit ICE zu fahren.
- Viele Städte über 100.000 Einwohner verbieten privat zugelassenen Verbrennern ab den mittleren 2020er Jahren zunehmend die Einfahrt. Großstädte wie Paris oder London gelten als Wegbereiter. Bußgelder für Unbelehrbare sind schmerzhaft, Parkplätze in der Innenstadt sehr knapp und teuer, und Parken an Ladestationen für ICE Fahrzeuge tabu, was ihren Nutzwert nach und nach deutlich einschränkt. Diese Maßnahmen sind für den Hochlauf der EV förderlich, gleichzeitig aber nicht so abschreckend, dass ICE nicht mehr neu gekauft werden.

Zwischenfazit Mittleres Szenario

- Viele rationale Überlegungen bezüglich einer PKW Neuanschaffung tendieren im Jahr 2030 in Richtung EV. Allerdings nicht so zwingend, dass bereits die Mehrheit der Käufer ein Elektrofahrzeug ordert. In diesem Mittleren Szenario machen Verbrennungsmotoren 2030 noch 72% der Neuzulassungen aus, das allerdings ohne wirklich zukunftsfähig zu sein. Es kaufen insbesondere wirtschaftlich nicht sehr leistungsfähigen Bevölkerungsgruppen und Wirtschaftseinheiten nach wie vor Verbrenner, weil sie in der Anschaffung (nicht bei den TCO!) günstiger sind. Zahlungskräftige Käufer und Fuhrparkmanager tendieren stärker Richtung EV: die einen, weil sie es sich leisten können und es schick ist, elektrisch zu fahren - die anderen, weil es sich über den gesamten Lebenszyklus rechnet. Der Gebrauchtmarkt für EV wird 2030 ebenfalls genügend Auswahl bieten, um ein passendes Fahrzeug zu finden.
- Für leichte NFZ bis 3,5 Tonnen, die technologisch nahe am PKW anzusiedeln sind, gilt dasselbe wie für PKW. Hier wird ein nennenswerter Anteil von knapp einem Drittel an Elektroantrieben (BEV/PHEV) anzutreffen sein. Mittlere NFZ bis 12 Tonnen werden stärker vom Diesel auf Gas umrüsten. Busse im Nahverkehr werden vielfach als BEV und PHEV betrieben, vor allem in den Städten. Nur Fernbusse und schwere LKW werden auch 2030 zu über 95% mit Dieselantrieb ausgestattet sein. Technisch zwar ausgereifte Gasantriebe bleiben im mittleren Szenario dennoch weniger effizient als der Diesel (Wirkungsgrad schlechter), werden deshalb von den knallhart kalkulierenden Logistikdienstleistern wenig eingesetzt.

Drei EV-Szenarien im Überblick: Kriterien und Parameter für Deutschland

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Contra-EV Szenario 2030 450.000 EV	Mittleres Szenario 2030 900.000 EV	Pro-EV Szenario 2030 1.300.000 EV
TCO: Batteriepreise 120 Euro/kWh, Mineralöl günstig, Gasantriebe als wirtschaftlichere Alternative zu EV; BEV und PHEV setzen sich in der Masse nicht durch	**TCO:** Batteriepreise bei 90 Euro/kWh, Herstellkosten ICV und EV auf vergleichbarem Niveau, Kostenvorteile EV bei Wartung und Wertverlust	**TCO:** Batteriepreise bei 65 Euro/kWh, Herstellkosten ICV ab 2020 höher als EV, Alle OEM setzen auf EV als Zukunftstechnologie
Funktionalität: Reichweitenangst weiter Kaufhindernis, zu wenig Auswahl in Massensegmente, kaum Nischen bedient mit EV, überwiegend Klein- und Zweitwagen als EV nachgefragt	**Funktionalität:** Reichweitenproblematik spielt keine kaufentscheidende Rolle mehr (über 600 km), Lebenszyklus Batterie inkl. „second life“ günstiger als ICV, alle Segmente elektrisch	**Funktionalität:** BEV dominant, PHEV nachrangig; Wettbewerb über Kosten, Reichweite und Werterhalt bei EV, alle Massensegmente und Nischen gut belegt
Ladeinfrastruktur*: Zu wenig zugängliche Ladestationen und Schnellladepunkte, Probleme bei Standards, Stromerzeuger in wirtschaftlicher Not, kein barrierefreies Zahlen beim Stromtanken	**Ladeinfrastruktur*:** 250.000 zugängliche Ladepunkte, davon 25.000 Schnellladepunkte, Apps in Echtzeit regeln Verfügbarkeit und Bezahlen (auch bei temporären Spitzen)	**Ladeinfrastruktur*:** 500.000 zugängliche Ladepunkte, davon 50.000 Schnellladepunkte, Apps in Echtzeit regeln Verfügbarkeit und Bezahlen (auch bei temporären Spitzen)
Regulierung: C02 Flottengrenzwert 90g/km, Förderung EV politisch sehr schwach, wenig Fahrverbote für ICV, wirksame Abgasnachbehandlung ICV	**Regulierung:** CO2 Flottengrenzwert 65g/km CO2 für PKW, vereinzelt Fahrverbote ICV in Großstädten, moderate Mineralsteuererhöhungen, viele Ausnahmeregelungen	**Regulierung:** CO2 Flottengrenzwert 49g/km CO2 für PKW, viele Fahrverbote ICV, Massive Mineralsteuererhöhungen, Energiewende erfolgreich

* Es wird von einer Mischung aus öffentlichen und halb-öffentlichen Ladepunkten (z.B. an Supermärkten) ausgegangen. Hinzu kommen private Ladepunkte z.B. in der privaten Garage oder auf Parkplätzen der Arbeitgeber.

Pro-EV Szenario

- Im EV-freundlichen Szenario wird im Jahr 2030 mit 6,2 Mio. E-Fahrzeugen in der gesamten EU gerechnet. Die Einflüsse der niedrigen Batteriepreise, der CO2-Gesetzgebung und die Ausrichtung aller OEM in die Richtung dieser Technologie entspricht den Annahmen für Deutschland. Die Ladeinfrastruktur wird EU-weit umfassend ausgebaut, so dass 2,5 Mio. öffentlich zugängliche Ladepunkte entstehen, wovon 250.000 Schnellladepunkte sind. Apps regeln in Echtzeit die Verfügbarkeit und das Bezahlen des nachgeladenen Stroms. Grenzüberschreitendes Reisen mit dem Elektroauto ist aufgrund einheitlicher Lade- und Bezahlstandards einfach möglich. Insgesamt ist in diesem Szenario mit etwa 40 Mio. E-Fahrzeugen zu rechnen, die im Jahr 2030 in der EU in Benutzung sein werden.

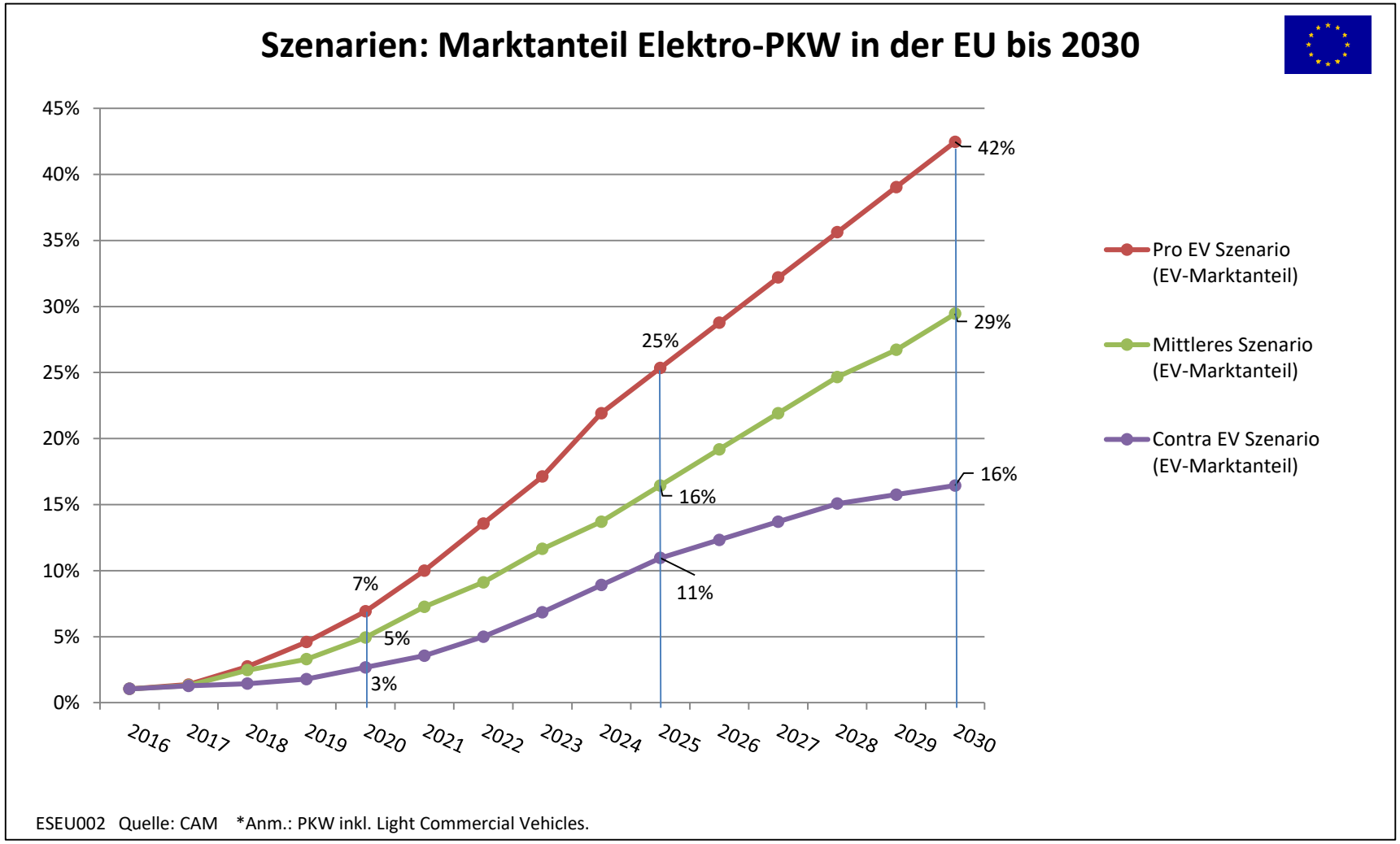
Contra-EV Szenario

- Im Falle des gegenteiligen Szenarios wird in 2030 nur mit 2,4 Mio. E-Autos in der EU gerechnet. Die Gründe hierfür liegen wie im entsprechenden Szenario für Deutschland in vergleichsweise hohen Batteriekosten von 120 Euro/kWh, weiterhin günstigen Mineralölpreisen und erfolgreich optimierten konventionellen Motoren. Plug-In-Hybride setzen sich in der breiten Masse nicht durch. Die Batterietechnologie schreitet nicht zügig genug voran, so dass die „Reichweitenangst“ weiterhin ein Thema bleibt. Außerdem werden mit E-Autos seitens der Hersteller kaum Nischen bedient und die Ladeinfrastruktur bleibt europaweit eher zersplittert. Demzufolge werden hier nur ca. 17 Mio. E-Fahrzeugen im Jahr 2030 auf den Straßen sein.

Mittleres EV Szenario

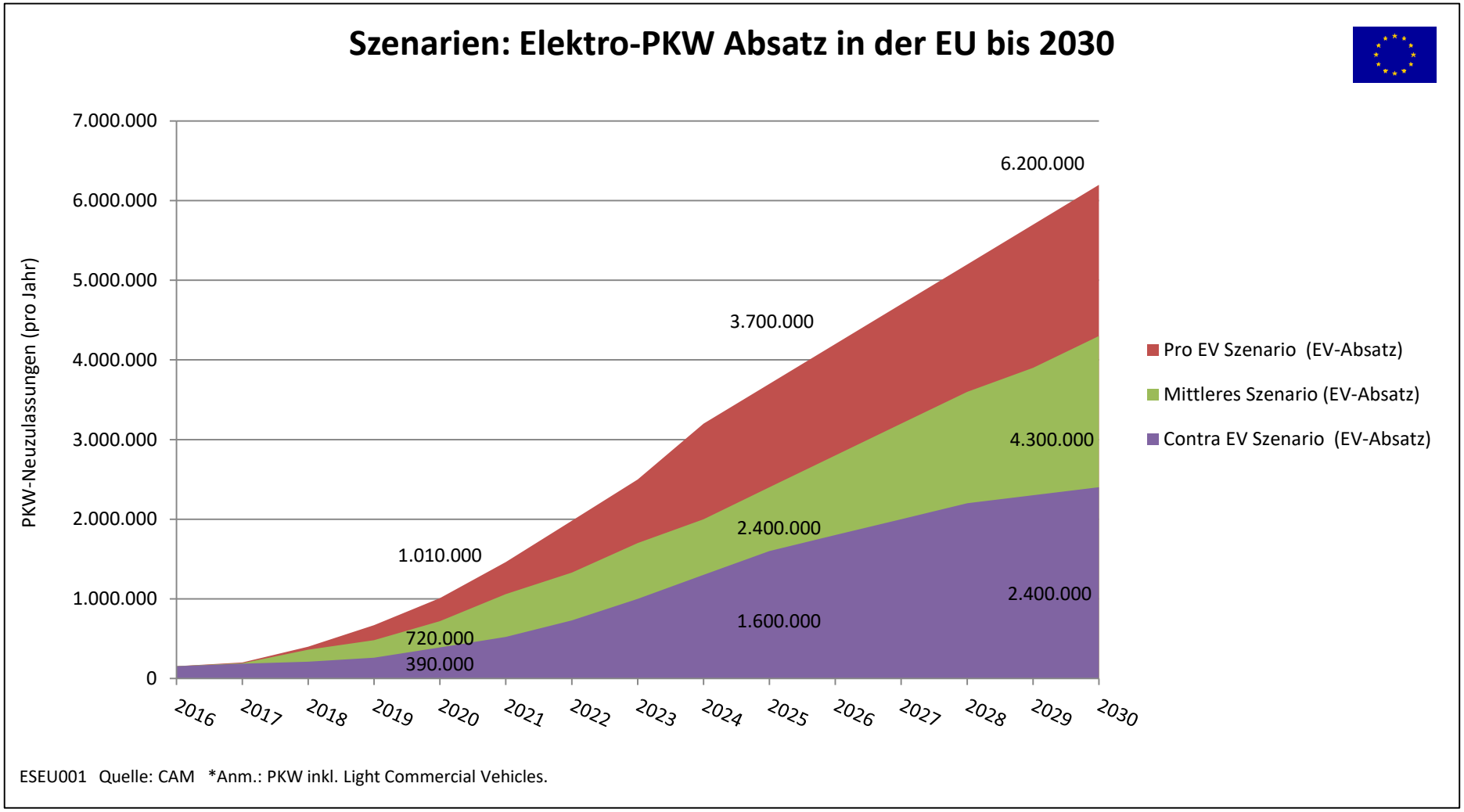
- Bei dem nicht unwahrscheinlichen mittleren Szenario sinken die Batteriepreise auf 90 Euro/kWh, so dass sich Kostenvorteile für E-Autos ergeben. Dies führt zu einem E-Auto-Absatz von 4,3 Mio. Stück und einem EU-weiten Marktanteil von ca. 30 Prozent. Die Herstellkosten von EV sinken unter denen von Verbrennern. Die Reichweitenproblematik spielt aufgrund guter Batteriedichten und ausreichender Infrastruktur keine kaufentscheidende Rolle mehr, die Lebenszykluskosten der Batterie inkl. einer Zweitverwertung als stationärer Stromspeicher sind günstiger als bei Verbrennerautos. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur und gemeinsamer EU-Standards kommt gut voran. Es wird mit einem Bestand von 28 Mio. E-Fahrzeugen im Jahr 2030 gerechnet.

Abbildung 69: Szenarien der Marktanteilentwicklung von Elektro-Pkw in der EU bis 2030*



ESEU002 Quelle: CAM *Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles.

Abbildung 70: Szenarien der Absatzentwicklung von Elektro-Pkw in der EU bis 2030*



ESEU001 Quelle: CAM *Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles.

Drei EV-Szenarien im Überblick: Kriterien und Parameter für die EU

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Contra-EV Szenario 2030 2.400.000 EV	Mittleres Szenario 2030 4.300.000 EV	Pro-EV Szenario 2030 6.200.000 EV
TCO: Batteriepreise 120 Euro/kWh, Mineralöl günstig, Gasantriebe als wirtschaftlichere Alternative zu EV; BEV und PHEV bleiben meist teurer als vergleichbare Verbrenner-Pkw.	**TCO:** Batteriepreise bei 90 Euro/kWh, Herstellkosten von EV werden günstiger als ICE, zusätzlich Kostenvorteile von EV bei Wartung und Wertverlust.	**TCO:** Batteriepreise bei 65 Euro/kWh, Herstellkosten ICV schon ab 2020 höher als EV, Alle OEM setzen auf EV als Zukunftstechnologie
Funktionalität: Reichweitenangst weiter Kaufhindernis, zu wenig Auswahl von Pkws in den Massensegmenten, es werden kaum Nischen bedient mit EV, Evs werden vor allem als Klein- und Zweitwagen nachgefragt.	**Funktionalität:** Reichweitenproblematik spielt keine kaufentscheidende Rolle mehr (über 600 km), Lebenszyklus Batterie inkl. „second life“ günstiger als ICV, alle Segmente mit elektrischen Fahrzeugen besetzt.	**Funktionalität:** BEV dominant, PHEV nachrangig; Wettbewerb über Kosten, Reichweite und Werterhalt bei EV, alle Massensegmente und Nischen gut belegt; E-Fahrzeugflotten ersetzen zunehmend Privat-Pkw im Sinne eines Mobility-on-Demand.
Ladeinfrastruktur*: Zu wenig zugängliche Ladestationen und Schnellladepunkte, Probleme bei Standards, Stromerzeuger in wirtschaftlicher Not, kein barrierefreies Zahlen beim Stromtanken.	**Ladeinfrastruktur*:** 1.200.000 zugängliche Ladepunkte, 120.000 Schnellladepunkte, Apps in Echtzeit regeln Verfügbarkeit und Bezahlen (auch bei temporären Spitzen). Peer-2-Peer Laden erlangt wachsende Bedeutung.	**Ladeinfrastruktur*:** 2.500.000 zugängliche Ladepunkte, davon 250.000 Schnellladepunkte, Apps in Echtzeit regeln Verfügbarkeit und Bezahlen, EU-weite Lade-Standards für einfaches, grenzüberschreitendes Reisen; Peer-2-Peer Laden ist Standard.
Regulierung: C02 Flottengrenzwert 90g/km, Förderung EV politisch sehr schwach, wenig/ keine Fahrverbote für ICV, wirksame Abgasnachbehandlung von ICV ermöglicht Renaissance.	**Regulierung:** CO2 Flottengrenzwert 65g/km CO2 für PKW, Fahrverbote bzw. City Maut für ICV in wichtigen Großstädten, moderate Mineralsteuererhöhungen in großen europäischen Ländern.	**Regulierung:** CO2 Flottengrenzwert 49g/km CO2 für PKW, viele Fahrverbote von ICV in Städten, massive Mineralsteuererhöhungen, City Maut mit geringeren Kosten für EV; Energiewende auch europaweit erfolgreich

* Es wird von einer Mischung aus öffentlichen und halb-öffentlichen Ladepunkten (z.B. an Supermärkten) ausgegangen. Hinzu kommen private Ladepunkte z.B. in der privaten Garage oder auf Parkplätzen der Arbeitgeber.

Pro-EV Szenario

- Im für die E-Autos optimistischen Szenario kann für das Jahr 2030 mit einem Absatz 6,7 Mio. Einheiten gerechnet werden, was einem Marktanteil von 38 Prozent entspricht. Entsprechend ist der EV-Markthochlauf etwas geringer als in der EU auch aufgrund der stärkeren Neigung der Amerikaner zu traditioneller Technik (z.B. Pickups mit V8-Motor) und der raumintensiven Siedlungsstrukturen (z.B. Mittlerer Westen). Batteriepreise, Herstellkosten und die technologische Ausrichtung der OEM werden als weltweit ähnlich angenommen. Die BEVs setzen sich stärker durch als die PHEVs. Die Hersteller bedienen mit den E-Autos viele Segmente, darunter SUVs und Pickups. Die Ladeinfrastruktur in den USA wird nicht zuletzt dank Tesla zügig ausgebaut, so dass 2,5 Mio. Ladepunkte zur Verfügung stehen. Insgesamt ist in diesem Szenario mit gut 33 Mio. E-Fahrzeugen zu rechnen, die im Jahr 2030 in den USA in Benutzung sein werden.

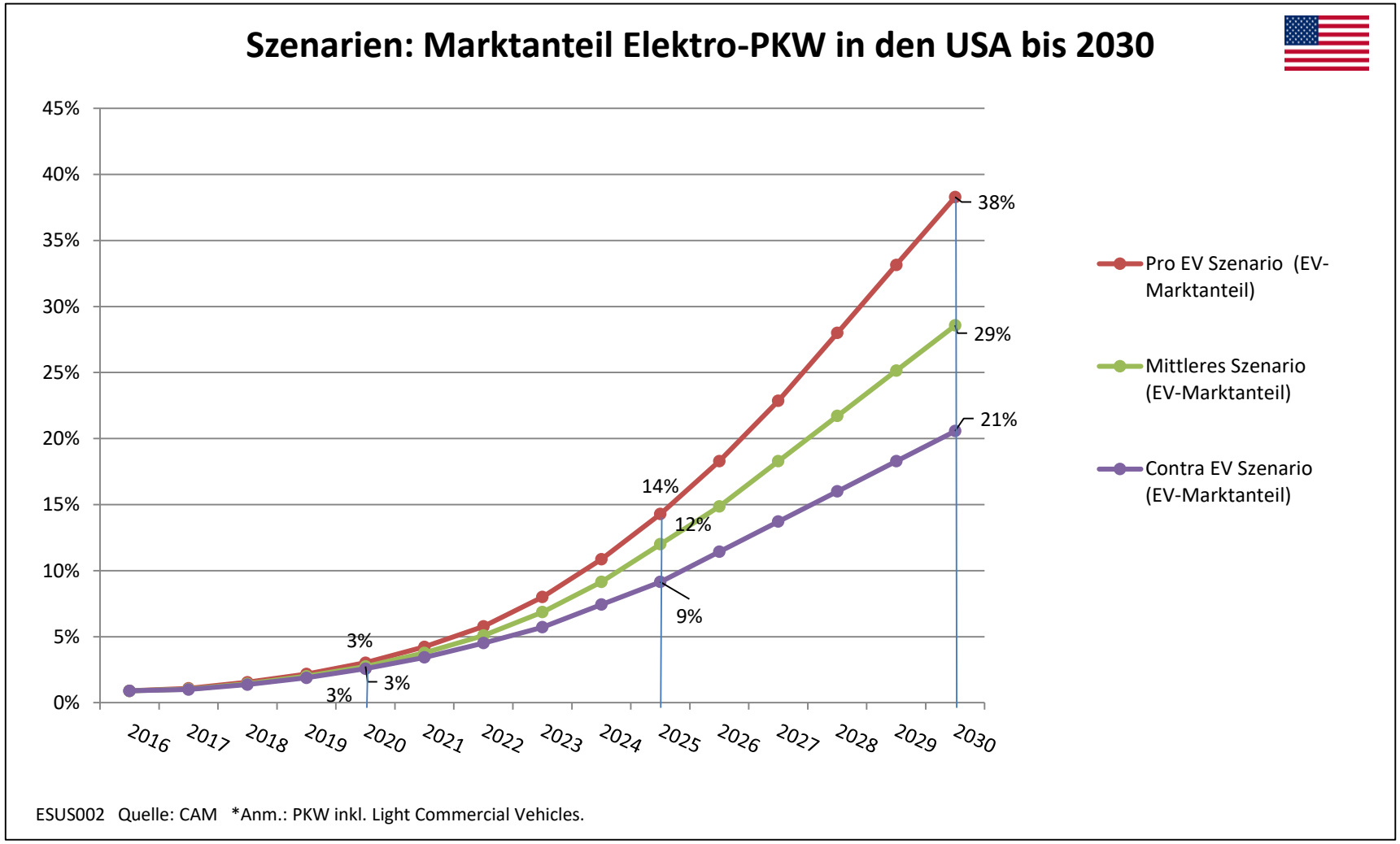
Contra-EV Szenario

- Gerade im Flächenland USA spielt im Contra-Szenario die Reichweitenangst nach wie relevant, auch weil die Batterietechnologie nicht so weit fortgeschritten ist. Der Absatz von E-Fahrzeugen steigt nur auf 3,6 Mio. im Jahr 2030, der Marktanteil beträgt 20 Prozent. Die Hersteller bedienen mit ihren Angeboten kaum Nischen, sondern hauptsächlich das Premiumsegment und kompakte Stadtfahrzeuge, die vor allem als Zweitwagen genutzt werden. Der Staat fördert auf Bundesebene alternative Antriebe wenig, der CO2-Grenzwert bleibt bei 121 g/km auch nach 2020. Zu Fahrverboten von Autos mit Verbrenner in Städten kommt es kaum. Es werden danach ca. 20 Mio. E-Fahrzeugen im Jahr 2030 auf den Straßen sein.

Mittleres EV Szenario

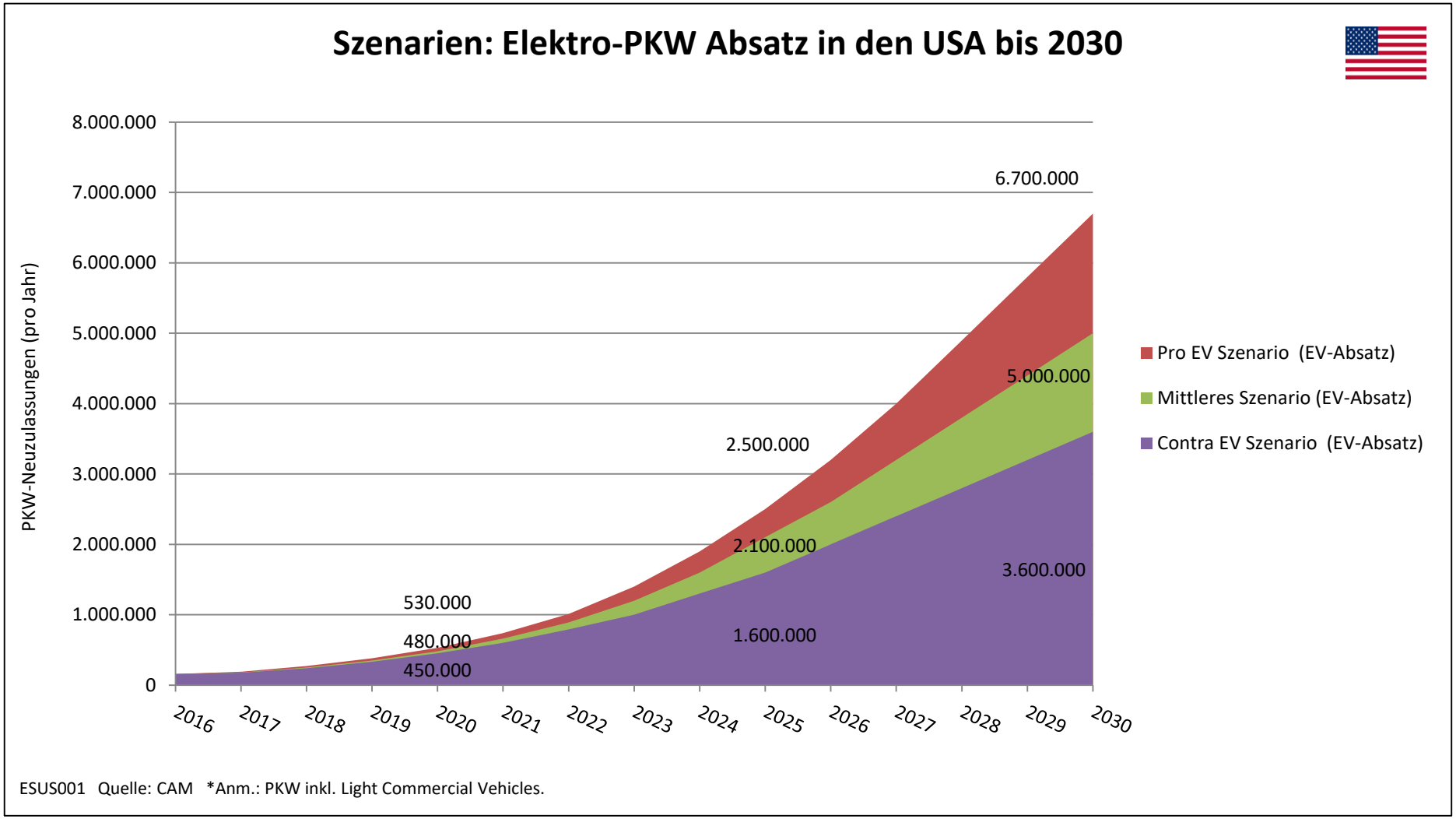
- Ähnlich wie in Europa spielt im mittleren Szenario die Reichweitenproblematik keine kaufentscheidende Rolle mehr und die Batterie kann zudem kostengünstig zweitverwertet werden. Die Ladeinfrastruktur wird weiter spürbar ausgebaut auf 1.000.000 Ladepunkte, wobei der Anteil der Schnellladepunkte auf 10% ausgebaut wird. Der CO2-Grenzwert wird zwar verschärft, aber Benzin bleibt durch niedrige Steuern nach wie vor günstig. Im Ergebnis werden ca. 5 Mio. E-Fahrzeuge im Jahr 2030 in den USA neu zugelassen, und es wird mit einem Bestand von 27 Mio. Einheiten gerechnet.

Abbildung 71: Szenarien der Marktanteilentwicklung von Elektro-Pkw in den USA bis 2030*



ESUS002 Quelle: CAM *Anm.: PKW inkl. Light Commercial Vehicles.

Abbildung 72: Szenarien der Absatzentwicklung von Elektro-Pkw in den USA bis 2030*



Drei EV-Szenarien im Überblick: Kriterien und Parameter für die USA

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Contra-EV Szenario 2030 3.600.000 EV	Mittleres Szenario 2030 5.000.000 EV	Pro-EV Szenario 2030 6.700.000 EV
TCO: Batteriepreise 120 Euro/kWh, Mineralöl günstig, Gasantriebe als wirtschaftlichere Alternative zu EV; BEV und PHEV bleiben meist teurer als vergleichbare Verbrenner-Pkw.	**TCO:** Batteriepreise bei 90 Euro/kWh, Herstellkosten von EV werden günstiger als ICE, zusätzlich Kostenvorteile von EV bei Wartung und Wertverlust.	**TCO:** Batteriepreise bei 65 Euro/kWh, Herstellkosten ICV schon ab 2020 höher als EV, Alle OEM setzen auf EV als Zukunftstechnologie
Funktionalität: Reichweitenangst weiter Kaufhindernis, zu wenig Auswahl von Pkws in den Massensegmenten, es werden kaum Nischen bedient mit EV; EV werden vor allem als Klein- und Zweitwagen nachgefragt.	**Funktionalität:** Reichweitenproblematik spielt keine kaufentscheidende Rolle mehr (über 600 km), Lebenszyklus Batterie inkl. „second life“ günstiger als ICV, alle Segmente mit elektrischen Fahrzeugen besetzt.	**Funktionalität:** BEV dominant, PHEV nachrangig; Wettbewerb über Kosten, Reichweite und Werterhalt bei EV, alle Massensegmente und Nischen gut belegt; E-Fahrzeugflotten ersetzen zunehmend Privat-Pkw im Sinne eines Mobility-on-Demand.
Ladeinfrastruktur*: Zu wenig zugängliche Ladestationen und Schnellladepunkte, Probleme bei Standards, Stromerzeuger in wirtschaftlicher Not, Flicken-teppich und kein barrierefreies Zahlen beim Stromtanken.	**Ladeinfrastruktur*:** 1.000.000 zugängliche Ladepunkte, davon 100.000 Schnellladepunkte, Apps in Echtzeit regeln Verfügbarkeit und Bezahlen (auch bei temporären Spitzen).	**Ladeinfrastruktur*:** 2.500.000 zugänglich Ladepunkte, 250.000 Schnellladepunkte, Apps in Echtzeit regeln Verfügbarkeit und Bezahlen (auch bei temporären Spitzen)
Regulierung: C02 Flottengrenzwert bleibt bei 121 g/km auch nach 2020, Förderung EV politisch sehr schwach, wenig Fahrverbote für ICV, wirksame Abgasnachbehandlung von ICV	**Regulierung:** CO2 Flottengrenzwert wird verschärft, vereinzelt Fahrverbote von ICV in Großstädten, Benzin bleibt durch niedrige Steuern relativ günstig, Incentives für EVs werden ausgebaut.	**Regulierung:** CO2 Flottengrenzwert wird deutlich verschärft, viele Fahrverbote von ICV, Benzin wird deutlich teurer, EVs werden durch verschiedenee Incentives immer attraktiver als ICV.

* Es wird von einer Mischung aus öffentlichen und halb-öffentlichen Ladepunkten (z.B. an Supermärkten) ausgegangen. Hinzu kommen private Ladepunkte z.B. in der privaten Garage oder auf Parkplätzen der Arbeitgeber.

Pro-EV Szenario

- Unter den hier betrachteten Märkten wird für China der erfolgreichste Markthochlauf der E-Autos (inkl. Commercial) im Falle günstiger Rahmenbedingungen erwartet. So könnten in 2030 bis zu 19 Mio. E-Autos pro Jahr neu zugelassen werden, was einem Marktanteil von über 50% entspricht. Neben den global geltenden positiven Rahmenbedingungen wie geringe Batteriekosten, einem großen und kundengerechten Produktangebot und niedrigen Betriebskosten (Total Cost of Ownership) führen hierzu besonders die strikte Regulierung der chinesischen Regierung. So werden die Produktionsquoten für EVs nicht nur wie geplant eingeführt, sondern sukzessive verschärft. Die Planung für ein komplettes Verbot von Verbrenner-Neuzulassungen ab 2040 schreitet voran. Städte verhängen vielfach Einfahrverbote für Verbrenner. Ergänzend wird die Ladeinfrastruktur schnell ausgebaut, so dass 2030 bis zu 10 Mio. öffentlich zugängliche Ladepunkte vorhanden sind. Hinzu kommt die Verpflichtung (halb-) private Ladepunkte (z.B. Arbeitsplatz, Supermärkte) vorzuhalten. Der Bestand wächst 2030 auf 114 Mio. E-Autos.

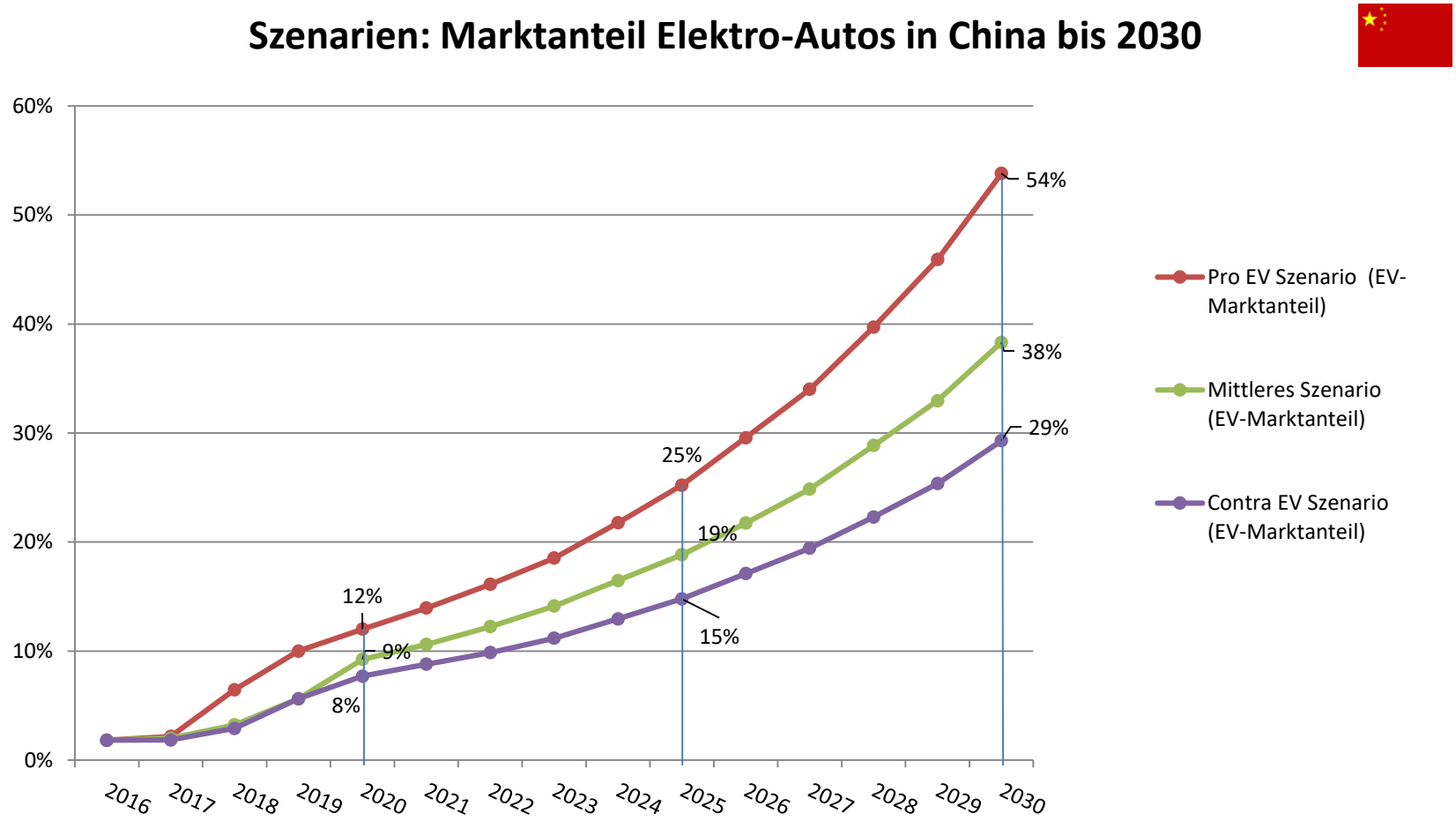
Contra-EV Szenario

- Auch im aus EV-Sicht ungünstigsten Fall wird mit einem deutlichen Absatzwachstum von E-Autos gerechnet. Aber schwächere Regulierungen, hohe Batteriepreise und ein stockender Ausbau der Ladeinfrastruktur führen zu einem niedrigeren Absatz von gut 10 Mio. Elektroautos. Der Marktanteil beträgt 2030 immerhin noch 30 Prozent. Gründe: Die Produktionsquote für EVs wird abgeschwächt, staatliche Unterstützung und Incentives werden nicht ausgebaut. In diesem Szenario werden ca. 66 Mio. E-Fahrzeugen im Jahr 2030 auf Chinas Straßen sein.

Mittleres EV Szenario

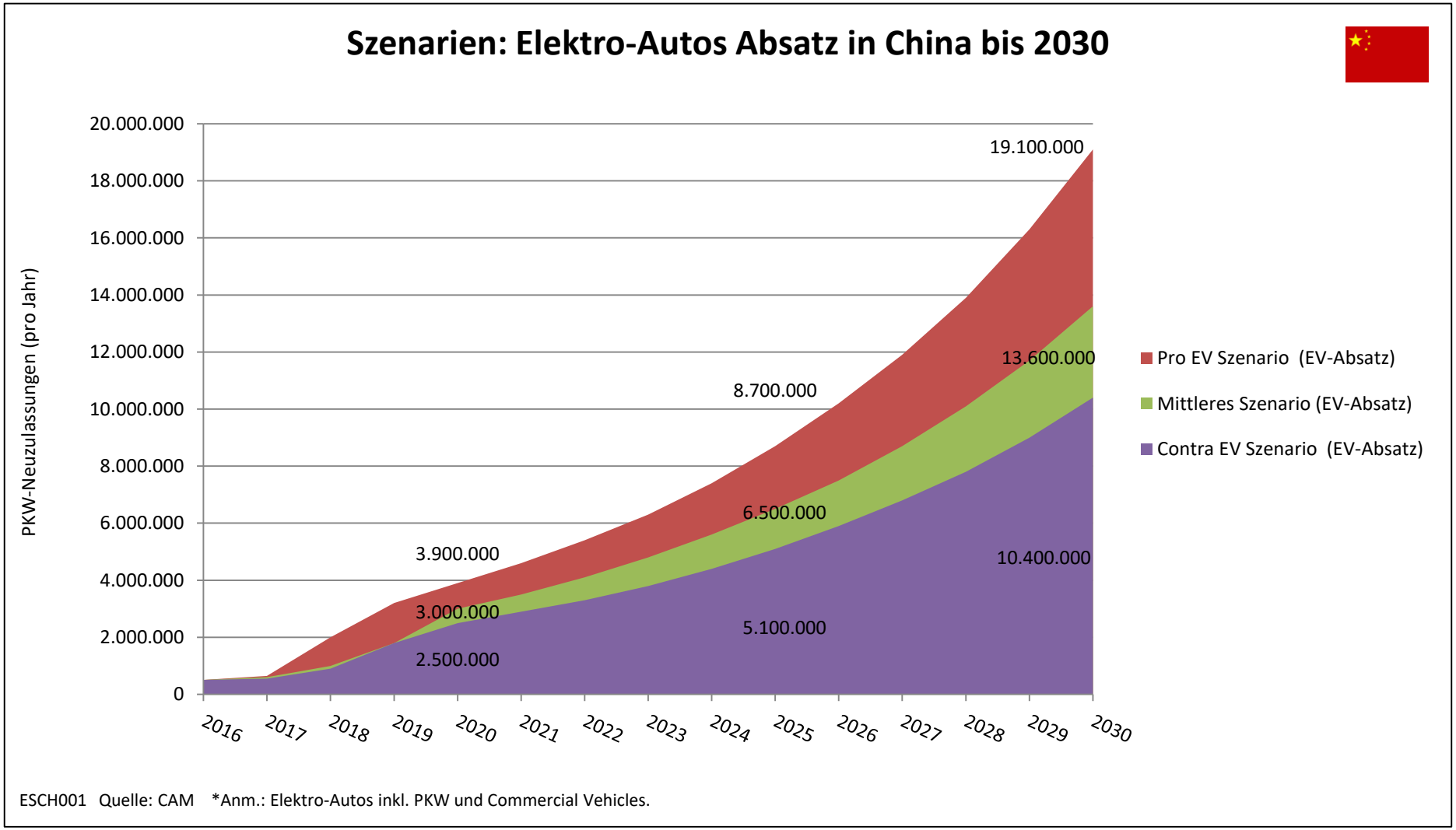
- Das mittlere Szenario geht von einem Jahresabsatz von 13,6 Mio. E-Fahrzeugen in 2030 aus (Marktanteil: 38 Prozent). Der Ladestationsausbau kommt wie geplant voran, bis 2020 gibt es ca. 5 Mio., bis 2030 ca. 8 Mio. zugängliche Ladepunkte. Insbesondere in großen Städten ist der Ausbau spürbar, bei Neubauten wird eine bestimmte Anzahl Ladepunkte vorgeschrieben. Incentives für E-Auto-Kauf werden langsam zurück gefahren. Es werden Einfahrtsbeschränkungen in Städten ebenso wie E-Auto-Vorgaben für kommunale Betriebe und Flotten erlassen. Der Bestand wächst danach auf 83 Mio. Einheiten.

Abbildung 73: Szenarien der Marktanteilentwicklung von Elektro-Autos in China bis 2030*



ESCH002 Quelle: CAM *Anm.: Elektro-Autos inkl. PKW und Commercial Vehicles.

Abbildung 74: Szenarien der Absatzentwicklung von Elektro-Autos in China bis 2030*



ESCH001 Quelle: CAM *Anm.: Elektro-Autos inkl. PKW und Commercial Vehicles.

Drei EV-Szenarien im Überblick: Kriterien und Parameter für China

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Contra-EV Szenario 2030 10.400.000 EV	Mittleres Szenario 2030 13.600.000 EV	Pro-EV Szenario 2030 19.100.000 EV
TCO: Batteriepreise 120 Euro/kWh, Mineralöl günstig, Gasantriebe als wirtschaftlichere Alternative zu EV; BEV und PHEV bleiben meist teurer als vergleichbare Verbrenner-Pkw.	**TCO:** Batteriepreise bei 90 Euro/kWh, Herstellkosten von EV werden günstiger als ICE, zusätzlich Kostenvorteile von EV bei Wartung und Wertverlust.	**TCO:** Batteriepreise bei 65 Euro/kWh, Herstellkosten ICV schon ab 2020 höher als EV, Alle OEM setzen auf EV als Zukunftstechnologie
Funktionalität: Reichweitenangst weiter Kaufhindernis, zu wenig Auswahl von Pkws in den Massensegmenten, es werden kaum Nischen bedient mit EV; EV werden vor allem als Klein- und Zweitwagen nachgefragt.	**Funktionalität:** Reichweitenproblematik spielt keine kaufentscheidende Rolle mehr (über 600 km), Lebenszyklus Batterie inkl. „second life“ günstiger als ICV, alle Segmente mit elektrischen Fahrzeugen besetzt.	**Funktionalität:** BEV dominant, PHEV nachrangig; Wettbewerb über Kosten, Reichweite und Werterhalt bei EV, alle Massensegmente und Nischen gut belegt; E-Fahrzeugflotten ersetzen zunehmend Privat-Pkw im Sinne eines Mobility-on-Demand.
Ladeinfrastruktur*: Zu wenig zugängliche Ladestationen und Schnellladepunkte im öffentlichen und privaten Bereich; Stromnetze können Ladespitzen wegen Überlastung teilweise nicht abfedern;	**Ladeinfrastruktur*:** Ladestationsausbau kommt wie geplant voran, bis 2020 ca. 5 Mio. Ladepunkte, bis 2030 ca. 8 Mio. zugängliche Ladepunkte. Insbesondere in großen Städten spürbarer Ausbau, Ladestations-Vorschriften bei Neubauten, ggf. Nachrüstung	**Ladeinfrastruktur*:** Ladestationsausbau wird weiter beschleunigt, bis 2020 ca. 6 Mio. Ladepunkte, bis 2030 ca. 10 Mio. zugängliche Ladepunkte. Insbesondere in großen Städten spürbarer Ausbau, hoher Anteil Schnell-ladestationen insb. In den Metropolregionen
Regulierung: Produktionsquote für EVs wird abgeschwächt, staatliche Unterstützung und Incentives werden nicht ausgebaut	**Regulierung:** Produktionsquoten für EVs werden wie geplant eingeführt und für die Zeit nach 2020 moderat verschärft. Incentives für E-Auto-Kauf werden nur langsam zurück gefahren. Einfahrtsbeschrän-kungen in Städten für ICE; EV-Vorgaben zum Kauf für kommunale Betriebe und Flotten	**Regulierung:** Produktionsquoten für EVs werden wie geplant eingeführt und für die Zeit nach 2020 deutlich verschärft, Planung für Verbot von ICV ab ca. 2040. Einfahrtsbeschränkungen für ICV in vielen Städten.; Verschiedene Incentives für EV. Mobility-on-Demand auf Basis von EV-Flotten.

* Es wird von einer Mischung aus öffentlichen und halb-öffentlichen Ladepunkten (z.B. an Supermärkten) ausgegangen. Hinzu kommen private Ladepunkte z.B. in der privaten Garage oder auf Parkplätzen der Arbeitgeber.

Inhalt

1. Einleitung
2. Methodisches Vorgehen
3. Markt- und Produktionsentwicklungen in Deutschland
4. Antriebsstrategien und Produktpläne der relevanten Automobilhersteller
5. Einflussfaktoren des Markthochlaufs der Elektromobilität in Deutschland
6. Szenarien zum Markthochlauf der Elektromobilität für das Jahr 2030
7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen

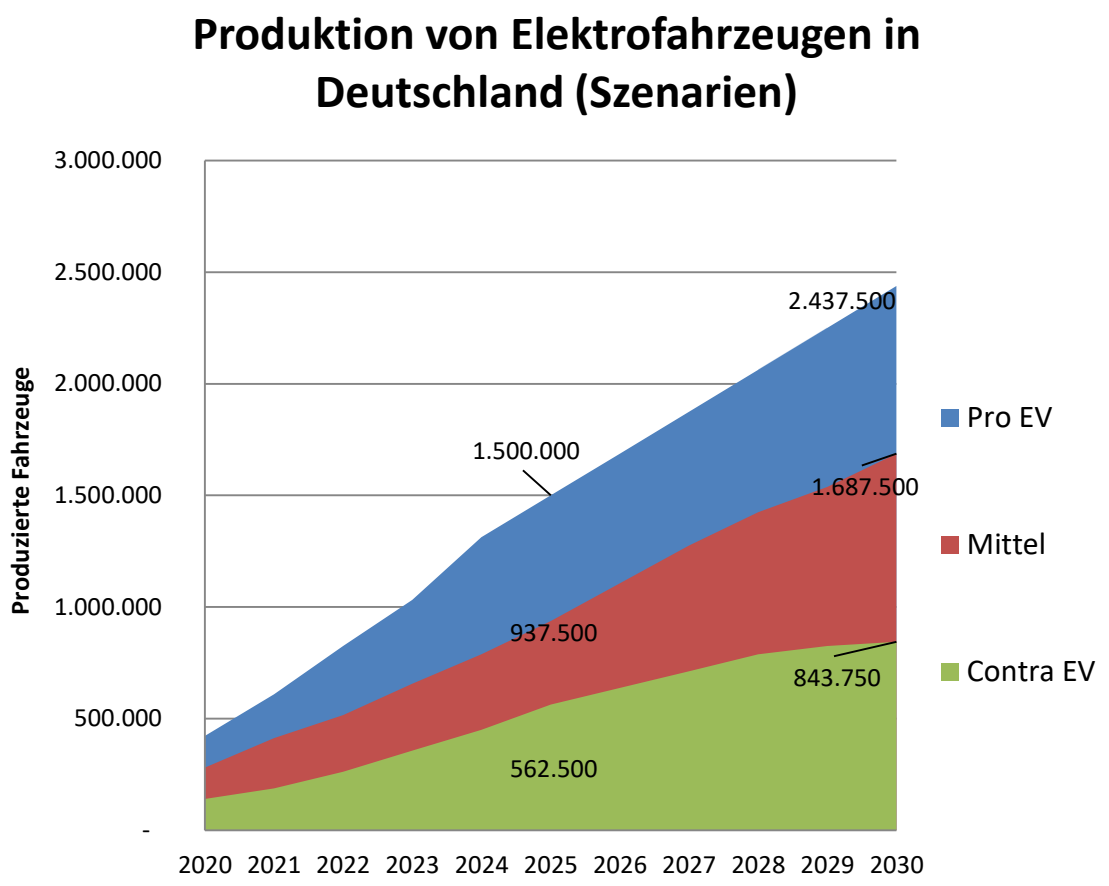
7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen (1)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Die bisherigen Abschnitte der Studie analysierten auf Basis von Szenarien den Markthochlauf der Elektrofahrzeuge bis zum Jahr 2030. Mittels eines Modells wurden Einflussfaktoren beschrieben, die auf die E-Automarktentwicklung maßgeblichen Einfluss haben. Die Ausprägung der Einflussfaktoren wurden in drei Szenarien modelliert, die im Hinblick auf die E-Fahrzeugentwicklung optimistische, pessimistische und mittlere Annahmen unterstellten. Szenarien sind Bilder einer möglichen Zukunft, mit denen die Folgen künftiger Entwicklungen besser eingeschätzt werden können.
- Die Ergebnisse der Szenarien zeigen, dass sich der Markthochlauf der E-Mobilität **in Deutschland** je nach den angenommenen Parametern erheblich unterscheidet. Danach liegt das Spektrum der Neuzulassungen von E-Autos in 2030 zwischen 14 Prozent bei pessimistischen Annahmen (Contra-EV Szenario) und 41 Prozent bei eher optimistischen Annahmen (Pro-EV Szenario). In absoluten Zahlen werden danach in 2030 zwischen 450.000 und 1,3 Mio. Pkw pro Jahr als Elektrofahrzeuge zugelassen. Im Mittleren Szenario, das moderate Annahmen unterstellt, werden in Jahr 2030 in Deutschland rund 28 Prozent der abgesetzten Fahrzeuge vorwiegend batterieelektrisch betrieben (BEV) sein, also rund 900.000 Fahrzeuge. In der Summe der **vier betrachteten Märkte** werden 2030 zwischen 16 und 32 Mio. E-Fahrzeuge pro Jahr abgesetzt, was zu einem Gesamtbestand von 100 bis 190 Mio. Einheiten im Jahr 2030 führt.
- Die Folgen für die Automobilindustrie im Allgemeinen und die im Industrieverband Gießerei-Chemie assoziierten Unternehmen im Besonderen sind je nach Szenario erheblich. Im Mittleren Szenario sind bereits folgenschwere negative Auswirkungen auf die Zulieferer zu erwarten, die überwiegend Teile für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor zuliefern. Immerhin werden dann in Deutschland fast 30 Prozent der Neuzulassungen E-Fahrzeuge sein, d.h. das Produktionsvolumen für Verbrennerfahrzeuge ist bis zum Jahr 2030 von 3,2 Mio. Stück (2016) auf nur noch 2,4 Mio. Fahrzeuge gesunken. Nach dem Szenario werden rund 90 Prozent der Elektrofahrzeuge BEV sein, so dass nur bei rund 10 Prozent bzw. 90.000 Fahrzeugen noch Komponenten für den Verbrennungsmotor zu erwarten sind.

- Es kann ferner für die Automobilproduktion am Standort Deutschland, bei der rund 75 Prozent in den Export geht, eine ähnliche Trendentwicklung der Antriebstechnologien angenommen werden wie sie für den deutschen Automarkt abgebildet wurde. So ist auch in anderen Ländern der EU bzw. in den USA und China mit vergleichbaren Marktveränderungen zu rechnen, auf die die Produktion der Hersteller in Deutschland entsprechend reagieren wird.
- Wird angenommen, dass sich die Marktanteile der Szenarien für die E-Fahrzeugentwicklung auch auf die Automobilproduktion am Standort Deutschland übertragen, ergeben sich folgende Produktionsmengen für E-Fahrzeuge. Dabei wird angenommen, dass die Automobilproduktion bei rund 6 Mio. Einheiten in Deutschland stagniert (vgl. Abbildung 43).

Abbildung 75: Szenarien der Produktionsentwicklung von Elektro-Pkw am Standort Deutschland bis 2030



PED003 Anmerkung: Produktionsvolumen bleibt stabil bei 6 Mio. Fahrzeuge. Produktionsvolumen von E-Fahrzeugen entsprechend der Marktanteile in den Szenarien für Deutschland
Quelle: CAM

7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen (3)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Für die Szenarien ergeben sich folgende Steigerungen der E-Fahrzeugproduktion am Standort Deutschland:
  - Im Pro-EV Szenario steigt die Produktion bis 2030 auf rund 2,4 Mio. E-Fahrzeuge, während die Produktion von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor von 6 Mio. auf nur noch 3,6 Mio. sinkt, wobei etwa 240.000 E-Fahrzeuge PHEV sind und noch zusätzlich einen Verbrennungsmotor besitzen.
  - Im Contra-EV Szenario werden in Deutschland in 2030 rund 850.000 E-Fahrzeuge hergestellt. Die Produktion ICE-Fahrzeugen sinkt auf 5,15 Mio..
  - Im Mittleren Szenario ist mit einer Steigerung der E-Autoproduktion in Deutschland auf rund 1,7 Mio. zu rechnen. Dies würde einen Rückgang der ICE Produktionsmengen auf dann etwa 4,3 Mio. Fahrzeuge bedeuten, bzw. mit Hinzurechnung von PHEV dann auf 4,5 Mio..
- Entsprechend ist vor allem bei dem Pro-EV aber auch im Mittleren Szenario mit einem **erheblichen Rückgang der Produktionsmengen für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren** in den 2020er Jahren zu rechnen. Dies kann – entsprechend der Szenarien in der EU, den USA und China – sehr wahrscheinlich auch nicht durch umgekehrte Trends in anderen Kernmärkten der Autoindustrie ausgeglichen werden.
- Die Entwicklungen dürften für Zulieferer erhebliche finanzielle und organisatorische Folgen haben und könnte einen Teufelskreis auslösen: Da der Zuliefermarkt für Fahrzeugkomponenten von Verbrennern (inkl. Getriebe, Abgasanlagen etc.) schrumpft, verteilt sich das geringere Umsatzvolumen auf die gleich große Zuliefererlandschaft. Die logische Folge sind zusätzliche Preiskämpfe bei Aufträgen, um eine ausreichende Auslastung der Anlagen und Mitarbeiter zu gewährleisten. Gleichzeitig werden Banken bei der Gewährung von Krediten für das laufende Geschäft oder für Zukunftsinvestitionen vor dem Hintergrund der schrumpfenden Umsätze sehr zurückhaltend agieren.
- Insgesamt sind starke Konsolidierungstendenzen bei Zulieferbetrieben, die vom Verbrennungsmotor abhängig sind, wahrscheinlich.

7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen (4)

Folgende Empfehlungen ergeben sich aus der Studie für die im Industrieverband Gießerei-Chemie assoziierten Unternehmen:

- Bei zwei von drei Szenarien (Pro-EV/Mittleres Szenario) ist mit erheblichen Rückgängen der Marktanteile und des Umsatzvolumens beim Verbrennungsmotor in Deutschland zu rechnen, die zu erheblichen Verwerfungen der Unternehmen führen können. Allerdings wird diese Entwicklung schleichend stattfinden und erst zu Beginn der 2020er Jahre an Dynamik gewinnen. Entsprechend ist den Unternehmen anzuraten sich auf entsprechende Umbrüche vorzubereiten und Anpassungs- bzw. Transformationsstrategien zu entwickeln. Ähnliche Entwicklungen sind für die Kernmärkte China, EU sowie USA erwartbar.
- Das Contra-EV Szenario führt dagegen zu geringeren Veränderungen in der Antriebstechnologie, da danach über 85 Prozent der Neuzulassungen in 2030 beim Verbrennungsmotor verbleiben. Allerdings sinkt auch hier das Umsatzvolumen, so dass mit Konsolidierungen zu rechnen ist. Unternehmen gehen überdies ein hohes Verwundbarkeitsrisiko ein, wenn sie sich auf die im Contra-EV Szenario angedeutete Entwicklung verlassen.
- Insgesamt erscheint es für die Zulieferunternehmen ratsam vor dem Hintergrund der Szenarien entsprechende Anpassungs- und Transformationsstrategien vorzubereiten. Hierzu wären zum einen Optionen einer technologischen Kompetenzerweiterung denkbar (Komponenten der Elektromobilität). Zum zweiten bieten sich auch Strategien der Branchendiversifizierung (jenseits der Autoindustrie) an, um den Handlungskorridor zu erweitern. Zum dritten wäre es – zumindest mittelfristig – für Unternehmen auch denkbar, Wertschöpfungstiefe und –breite im Bereich des Verbrennungsmotors zu erhöhen und damit zu den Konsolidierungsgewinnern zu zählen (vgl. hierzu: Bratzel et al. 2015, S. 174 ff.).
- Insgesamt zeigen die Szenarien, dass der Markthochlauf der Elektromobilität in den Kernländern der Automobilindustrie auch im Pro-EV Szenario in den 2020er Jahren an starker Dynamik gewinnen wird. Das bedeutet, dass die Zeit für die Entwicklung und Umsetzung entsprechender Anpassungsstrategien immer knapper wird. Zu viel Zeit sollten sich die Unternehmen angesichts der enormen Anforderungen für die Umsetzung derartiger Transformationsstrategien also nicht lassen.

7. Gesamthafte Bewertung und Handlungsempfehlungen (5)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

- Derzeit erscheint angesichts der Szenarien auch eine Zwei-Säulen-Strategie möglich, bei der neben dem Aufbau neuer Geschäftsfelder wie der Elektromobilität das bisherige Geschäft weiter betrieben wird. Denn selbst im Pro-EV Szenario übersteigt auch in 2030 in Deutschland mit rund 60 Prozent das Marktvolumen für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor noch jenes von Fahrzeugen mit Elektromotoren. In China wird jedoch dann der Anteil von Verbrennern auf weniger als 50 Prozent gesunken sein.

Q&A: Anmerkungen zu weitergehenden Fragen

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

1. Die alternativen Antriebe für 2030 wie z.B. Brennstoffzelle (Wasserstoff) und CO^2- neutrale Kraftstoffe sollten kurz erwähnt und kurz bewertet werden.

a) Die Brennstoffzelle bleibt aus unserer Sicht eine Technologie, die auf den wichtigen globalen Märkten (Deutschland inklusive) in den nächsten Jahren keine breite Akzeptanz finden.

Begründung: Derzeit arbeiten nur wenige Hersteller (insbes. Toyota, Hyundai) intensiv an der Brennstoffzelle. Bei deutschen Herstellern ist vor allem Daimler mit relevanten Weiterentwicklungen erwähnenswert, die ein GLC SUV in Kleinserie Ende 2018 primär für Flottenbetreiber anbieten wollen. Hauptprobleme der Brennstoffzelle sind neben den relativ hohen Kosten für die Brennstoffzelle (insbes. Stack) vor allem die Kosten der Wasserstoffherstellung (Elektrolyse) und der Aufbau einer flächendeckenden Infrastruktur in den zentralen Automobilregionen Westeuropa, USA und China. Gleichzeitig schwinden gegenüber reinen elektrischen Fahrzeugen die Vorteile der Brennstoffzelle - Reichweite und schnelle Betankung -, da die BEV hier aufholen (höhere Batteriedichte/-reichweite, Schnellladeoptionen). Das Gros der Hersteller wird daher zunächst den Fokus der Entwicklungsanstrengungen und –aufwendungen auf die BEV und ggf. PHEV legen. Mittel- und bis langfristig könnte das Thema Brennstoffzelle jedoch an Relevanz gewinnen, insbesondere wenn der BEV Markthochlauf in den 2020er Jahren in Stocken geraten sollte.

b) Synthetische bzw. CO2-neutrale Kraftstoffe (e-Fuels) werden in den globalen Automobilregionen vor allem aufgrund der derzeit nicht absehbaren Wirtschaftlichkeit der industriellen Herstellung der Kraftstoffe aus Sicht des CAM in den nächsten Jahren kaum eine relevante Bedeutung entwickeln.

Begründung: Der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen ist vor allem eine Diskussion, die erst seit einigen Monaten in Deutschland wieder an Relevanz gewonnen hat. Die Vorteile von synthetischen Kraftstoffen sind unbestritten. So lassen sich durch die Herstellung von nachhaltigen Flüssigkraftstoffen (Power-to-Gas) aktuelle Verbrennungsmotoren betreiben, ohne klimaschädliches CO2 auszustoßen. Ähnlich wie bei der Wasserstofferzeugung für die Brennstoffzelle ist die industrielle Herstellung dieser Kraftstoffe derzeit nicht wettbewerbsfähig. Aus CO2-Aspekten müsse die Elektrolyse zudem mit regenerativ hergestellter Energie durchgeführt werden. Bei zukünftig überschüssigen regenerativen Energien - und dem Scheitern des Markthochlaufs - könnte die Technologie mittel- bzw. langfristig in einzelnen Märkten jedoch an Bedeutung gewinnen.

2. Können Sie abschätzen, wie hoch das Potential der BEV bei Zweit-KFZ ist?

BEV dürften derzeit und in den nächsten Jahren eher als Zweitwagen in einem Haushalt bzw. für bestimmte Flotten interessant sein. So haben die BEV für den Einsatz als Erstwagen (Urlaub, Wochenendausflug) meist noch zu geringe Reichweiten und müssen mit einer lückenhaften Ladeinfrastruktur auskommen. So verfügen bei gewerblichen BEV - Dienstwagenbesitzern rund 85 Prozent über ein weiteres Fahrzeug mit Verbrennungsmotor im Haushalt (Öko-Institut 2016, S. 24). Rund jeder 5. Haushalt in Deutschland verfügt bereits über einen Zweitwagen, mit steigender Tendenz. Laut einer Umfrage aus dem Jahr 2016 überlegen 24,9 % der Deutschen, in den nächsten 2 Jahren einen Zweitwagen anzuschaffen. Dieser Zweitwagen könnte in vielen Fällen dann auch ein BEV sein.

Q&A: Anmerkungen zu weitergehenden Fragen

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

3. Wie wirken sich steigende Rohstoffkosten auf die Batterieherstellungskosten aus?
Bislang ist noch schwer abzuschätzen, inwiefern sich die steigende Rohstoffkosten, wie Kobalt, Lithium oder Kupfer, signifikant auf die Herstellungskosten von Batterien auswirken. Ein Elektroauto enthalten etwa dreimal mehr Kupfer als ein herkömmliches Fahrzeug. Grundsätzlich haben die Nachfragesteigerungen bereits jetzt zu Preiserhöhung bei Metallen und Seltenen Erden geführt: Der Preis für Kobalt ist in 2016 um 37 Prozent und in der ersten Jahreshälfte 2017 bereits um weitere 70 Prozent gestiegen. Da sich viele dieser Rohstoffe in politisch instabilen Regionen abgebaut werden, bestehen weitere – schwer absehbare – Risiken.

4. Gibt Strategien zum Batterierecycling?
Strategien zum Batterierecycling werden sich zu einem wichtigen Themenfeld der Elektromobilität. Derartige Strategien eines Second Use „gebrauchter“ Batterien, z.B. für Powerwalls im Haus, werden derzeit nicht nur von Tesla verfolgt, sondern auch schon von deutschen Herstellern wie Daimler. Hier sind weitere Aktivitäten zu erwarten. In den oben beschriebenen Szenarien wurde dies bereits angedeutet.

5. **Passt die Ladeinfrastrukturannahme im mittleren Szenario zur Netzinfrastruktur in D?**
Die angenommene Hochlauf der Ladeinfrastruktur wurde anhand von Studien zum Bedarf für 2020 hochgerechnet. Allerdings muss damit auch ein Ausbau der Stromnetzinfrastruktur in Deutschland einhergehen. Insbesondere ist vielfach ein Ausbau von Mittelandlandnetzen für Schnellladestationen notwendig, um Nachfragespitzen abzudecken.

6. Welche CO^2- Emissionen bzw. Benzin oder Dieseläquivalente werden durch den Kraftwerksmix für den Betrieb eines BEV auf 100 km erwartet?
Die entsprechenden CO2-Emissionen verändern sich entsprechend des unterstellten Strommixes für das Jahr 2030 in Deutschland. Studien gehen bei einem derzeit politisch intendierten Szenario, wonach nach 2020 die erneuerbare Stromerzeugung über das Maß der ausgeschleiften nuklearen Stromerzeugung hinaus zunehmend weitere Anteile an der gesamten Stromerzeugen übernimmt, davon aus, dass ein BEV der Kompakt- und Mittelklasse (kombiniert) 59 gCO2 pro Kilometer ausstößt (vgl. z.B. Wuppertal-Institut 2012, S. 45).

7. Wie wird sich der Strompreis in D bis 2030 aus Ihrer Sicht entwickeln (z.B. Netzausbau)?
Wir rechnen mit einer moderaten Erhöhung der Strompreise aufgrund des Netzausbaus.

8. Wie werden die Steuereinnahmeverluste aus der Mineralölsteuer etc. kompensiert?
Es ist zu erwarten, dass sich in dem Maße indem sich die Steuereinnahmen aus der Mineralölsteuer signifikant vermindern, steuerliche Aufschläge für Elektroautos eingeführt werden. Denkbar sind etwa Elektroladestromsteuern auf den Verbrauch, Erhöhung der Kfz-Steuern oder fahrtstreckenbezogene Maut.

Q&A: Anmerkungen zu weitergehenden Fragen

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

9. Derzeit gibt es eine starke Stabilität des Ölpreises, warum soll sich das verändern (S. 53)?

Die Entwicklung der Rohölpreise ist mit hohen Unsicherheiten verbunden und schwer vorherzusagen. Deshalb arbeiten die zitierten Studien auch auf Basis von Szenarien. Wiedergegeben wurde das aktuelle Referenzszenario des US-Energieministeriums (US IEA). Danach befinden sich die Preise auf niedrigsten Niveau seit 2004 und sollen aufgrund veränderter Technologie und globalen Marktbedingungen wieder ansteigen.

10. Aus S. 92 wird angenommen, das viele Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern die Einfahrt verbieten, wie stellt sich der Handel, mit zunehmenden Wettbewerb aus dem Internet dazu und die Städte selbst, wenn Innenstädte veröden? Welchen Einfluss haben Hybridfahrzeuge auf diese Situation?

Sehr konkret sind die Vorstellungen der Städte dazu noch nicht. Es wird angenommen bzw. postuliert, dass ein Großteil der Anlieferungen bis zum Jahre 2030 dann durch Nullemissionsfahrzeuge erfolgen soll. Für eine Übergangszeit könnten auch Plug-in-Hybride hier noch eine Rolle spielen.

Abkürzungsverzeichnis (1)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

BEV	Battery Electric Vehicle
BRENT	Rohölsorte (am wichtigsten für Europa, Mix aus Brent und Ninian = Ölfelder)
CAM	Center of Automotive Management
CNG	Compressed Natural Gas (Erdgas, verdichtet auf Umgebungstemperatur, für PKW und NFZ)
C02	Kohlenstoffdioxyd
EU	Europäische Union
EV	Electric Vehicle
HCV	Heavy Commercial Vehicle (über 12 to.)
ICE/ICV	Internal Combustion Engine (alle Verbrennungsmotoren)/ Internal Combustion Vehicle
kWh	Kilowattstunde
LCV	Light Commercial Vehicle (bis 3,5 to.)
LKW	Lastkraftwagen (Kleinlaster bis 3,5 to., leichte bis 7,5 to., mittlere bis 12 to., schwere über 12 to.)

Abkürzungsverzeichnis (2)

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

LNG	Liquefied Natural Gas (Erdgas, heruntergekühlt auf ca. -160 Grad)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Flüssiggas für PKW und leichte NFZ)
MCV	Medium Commercial Vehicle (bis 12 to.)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NFZ	Nutzfahrzeuge
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität (Beratungsgremium der Bundesregierung)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster)
PKW	Personenkraftwagen
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
REEV	Range Extended Electric Vehicle
TCO	Total Cost of Ownership (Lebenszykluskosten, hier: eines Fahrzeugs)
tWh	Terrawattstunde

Literaturverzeichnis (1)

Accenture Strategy 2017:
Weniger CO2: Stromversorger müssen die Spielregeln ändern, online: https://www.accenture.com/de-de/insight-high-stakes-low-carbon-electric-utilities?gclid=CO_L592Q3tQCFQsR0wodtMUETQ&c=str_desustainfy17psgs&n=Carbon_Footprint_-_LL_-_DE&s_kwcid=AL!5115!3!198070252525!p!!!!co2-emissionen&ef_id=WVJdiAAAAboGSPYe:20170627132840:s

ACEA 2017:
Share of alternative fuel vehicles per vehicle segment, online: https://pbs.twimg.com/media/DCwp6XSXYAEDq7H.jpg:large

ADAC 2016:
Wie rentabel sind Elektroautos?, Autokostenvergleich gegenüber Diesel und Benzinern (ggf. inkl. Kaufprämie), München 2016, online: https://www.adac.de/_mmm/pdf/b-d-vgl_47090.pdf

Amsterdam Round Tables (in collaboration with McKinsey & Company) 2014:
Evolution: Electric Vehicles in Europe: Gearing up for a new phase? Amsterdam Roundtable Foundation and McKinsey & Company, The Netherlands, April 2014

Auto Motor Sport 2016:
Enorme Fortschritte nicht nur bei Tesla, online: http://www.auto-motor-und-sport.de/news/autonomes-fahren-kuenstliche-intelligenz-11624000.html

Bratzel, Stefan/ Retterath, Gerd/ Hauke, Niels 2015:
Automobilzulieferer in Bewegung. Strategische Herausforderungen für mitttelständische Unternehmen in einem turbulenten Umfeld, Baden-Baden, 2015.

Bizz energy 2017:
Neuer Schub für Wasserstoff, online: http://bizzenergytoday.com/schub_fuer_wasserstoff

Bloomberg 2017:
The Electric-Car Boom is so real even Oil Companies say it‘s coming, 21.4.2017, by Tom Randall, online: https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-25/electric-car-boom-seen-triggering-peak-oil-demand-in-2030s

BMWi 2014:
Startsignal für flächendeckendes Schnellladenetz in Deutschland, Presseinformation des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, 7.4.2017, online: http://www.slam-projekt.de/pdfs/2014-04-07-PM-SLAM.pdf

BMWi 2016:
Strommarkt der Zukunft, 24.06.2016, PRESSEMITTEILUNG, online: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/strommarkt-der-zukunft.html

Literaturverzeichnis (2)

BP Energy Outlook 2017:
online: https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2015:
Wie klimafreundlich sind Elektroautos?, online: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_klimabilanz_2015_bf.pdf

Bundesverband Deutscher Omnibus (BDO) 2017:
Pressemitteilung: Änderungen beim Energiesteuer und Stromsteuergesetz im Bundestag beschlossen, 1.6.2017, online:
http://www.bdo.org/presse/pressemeldungen/bdo-begrusst-die-anderung-des-energiesteuer-und-stromsteuergesetzes

Bratzel, Stefan/ Tellermann, Ralf 2017:
Die Innovationen der globalen Automobilkonzerne. Eine Analyse der Zukunftstrends und Innovationsleistungen der globalen Automobilhersteller und Zulieferer, Bergisch Gladbach, CAM Arbeitspapier 2017/06.

CAM/YouGov 2017:
E-Mobility – vom Ladenhüter zum Erfolgsmodell. Faktoren zur Steigerung der Akzeptanz und Kaufbereitschaft von Elektroautos, YouGov Reports, Köln

DLR 2015:
Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland, Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung, online:
http://www.dlr.de/vf/Portaldata/12/Resources/dokumente/projekte/pakt2/Ergebnisbericht_E-Nutzer_2015.pdf

DAT 2017:
DAT-Report 2017, Exklusive Vorabversion, GfK Marktforschung, Ostfildern 2017.

Deloitte 2016:
Global Truck Study, online: https://www2.deloitte.com/de/de/pages/operations/articles/global-truck-study-2016.html

DIW 2016:
Verkehr in Zahlen 2016/17, online: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/K/verkehr-in-zahlen-2016-2017.pdf?__blob=publicationFile

DLR 2016:
Laden2020: Konzept zum Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur in Deutschland von heute bis 2020, online:
http://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-958/4508_read-43746

Literaturverzeichnis (3)

DLR 2015:
Begleitforschung zu Technologien, Perspektiven und Ökobilanzen der Elektromobilität, online: http://www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/documents/2015/DLR_Stuttgart_STROMbegleitung_Abschlussbericht.pdf

EMST 2011:
Marktmodell Elektromobilität, Berlin 2011, online: http://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/abschlussbericht-mmem_1.pdf

eVchain.NRW 2014:
Modellierung der zukünftigen elektromobilen Wertschöpfungskette und Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Stärkung des Elektromobilitätsstandortes NRW (EM1006 – eVchain.NRW); Bearbeitung: Institut für Kraftfahrzeuge (RWTH Aachen University), Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen, ISATEC GmbH, Wirtschaftsförderung Wuppertal. Gemeinschaftlicher Abschlussbericht

Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft 2015:
Schaffung von Kaufanreizen für besonders emissionsarme PKW, von Alexander Mahler und Matthias Runkel, 2015 online: http://www.foes.de/pdf/2015-02-Kaufanreize-Emissionsarme-Fahrzeuge.pdf

Institut für Automobilwirtschaft 2012:
Entwicklung der Beschäftigung im After Sales, Effekte aus der Elektromobilität, Zusammenarbeit mit der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt und dem Center of Automotive Service Technology, Nürtingen, 2012.

Frauenhofer ISI 2014:
Markthochlaufszenarien für Elektrofahrzeuge – Langfassung, Karlsruhe 2014 (update), online: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/e/projekte/316741_Markthochlaufszenarien-E-Fahrzeuge_Wi2014.php

Fraunhofer ISI 2013:
Market Evolution Scenarios For Electric Vehicles – Summary , Karlsruhe 2013, online: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/NPE_TCO_Bericht_en.pdf

Fraunhofer ISI 2016:
Energiespeicher für die Elektromobilität – wo steht Deutschland beim Ziel, Leitanbieter zu werden? online: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/service/presseinfos/2016/presseinfo-29-2016-Energiespeicher-Monitoring-2016.php

Literaturverzeichnis (4)

Frost & Sullivan 2015:
Global Passenger Car Powertrain and Electric Vehicle Market: 2015 Outlook, online: http://www.ukintpress-conferences.com/uploads/SPKEX15/Day1_4_Pietro_Boggia.pdf

Frost & Sullivan 2017:
Global Electric Vehicle Market Outlook, 2017, online: http://www.frost.com/sublib/display-report.do?id=MCC9-01-00-00-00

International Council on Clean Transportation 2016:
2020–2030 CO2 standards for new cars and light-commercial vehicles in the European Union, online: http://www.theicct.org/2020-2030-co2-standards-cars-lcvs-eu-briefing-nov2016

IHK Region Stuttgart 2011:
Elektromobilität: Zulieferer für den Strukturwandel gerüstet? Status quo und Handlungsempfehlungen für den Automobilstandort Metropolregion Stuttgart, online: http://presseservice.region stuttgart.de/fileadmin/user_upload/presseservice/Texte/Studie_Elektromobilitaet_Zulieferer_fuer_den_Strukturwandel.pdf

IKT für Elektromobilität 2015:
Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen, online: http://www.energiecluster.de/files/gesamtbericht_wirtschaftlichkeit_von_elektromobilitaet.pdf

IKT für Elektromobilität 2016:
Studie Mobilität 2025: Koexistenz oder Konvergenz von IKT für Automotive?, Anforderungen der vernetzten Mobilität von morgen an Fahrzeuge, Verkehrs- und Mobilfunkinfrastruktur, online: http://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/IKT-EM/ikt2-studie-mobilitaet-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=8

Institut für Kraftfahrzeuge RWTH Aachen 2014:
Modellierung der zukünftigen elektromobilen Wertschöpfungskette und Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Stärkung des Elektromobilitätsstandorten NRW, online: https://www.ika.rwth-aachen.de/images/forschung/projekte/evchain/abschlussbericht-evchain-nrw.pdf

McKinsey & Company 2017:
Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability, Advanced Industries, January 2017 online: http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/electrifying-insights-how-automakers-can-drive-electrified-vehicle-sales-and-profitability

NPE 2015:
Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015, online: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG3_Statusbericht_LIS_2015_barr_bf.pdf

OECD 2016:
Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars, online: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf

Öko-Institut 2011:
FuE-Programm „Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin, 2011; online: https://www.oeko.de/oekodoc/1342/2011-004-de.pdf

Öko-Institut 2014:
eMobil 2050 Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz, Freiburg i.Br. 2014; online: https://www.oeko.de/oekodoc/2114/2014-670-de.pdf

Öko-Institut 2016:
Gewerbliche Elektromobilität für alle. Zwischenergebnisse und Handlungsempfehlungen aus dem Projekt „ePowered Fleets Hamburg“, Öko-Institut, Working Paper 2/2016, online: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/WP-Gewerbliche-Elektromobilitaet-fuer-alle.pdf

OICA Statistics Web Page 2017:
World motor vehicle production statistics, obtained from national trade organizations, OICA members or correspondents, Vehicle type definitions, online: http://www.oica.net/category/production-statistics/

Shell 2016:
Nutzfahrzeug Studie: Diesel oder Alternative Antriebe – Womit fahren LKW und Busse morgen? Fakten, Trends und Perspektiven bis 2040, Hamburg 2016

Ubricity Gesellschaft für verteilte Energiesysteme mbH 2017:
Ladeinfrastruktur und Energiewende bezahlbar machen. Effiziente und intelligente Ladelösungen Berlin 2017

Literaturverzeichnis (6)

Umweltbundesamt 2017:
Wir brauchen eine Quote für Elektroautos, online: http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-03/umweltbundesamt-elektroautos-quote-autoindustrie-maria-krautzberger

Umweltbundesamt 2016:
Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2005, Texte 72/2016, online: http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erarbeitung-einer-fachlichen-strategie-zur

Umweltbundesamt 2015:
Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050: Eine verkehrsträgerübergreifende Bewertung, online: http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/postfossile-energieversorgungsoptionen-fuer-einen

U.S. Energy Information Administration 2017:
Annual Energy Outlook, online: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383%282017%29.pdf

Verband der Automobilindustrie (VDA) 2017:
Schnellladestationen im Kommen: Wie die Infrastruktur für Elektroautos massentauglich wird, 3.5.2017 online: https://www.google.de/search?q=Schnellladestationen+im+Kommen%3A+Wie+die+Infrastruktur+f%C3%BCr+Elektroautos+massentauglich+wird&oq=Schnelladestationen+im+Kommen%3A+Wie+die+Infrastruktur+f%C3%BCr+Elektroautos+massentauglich+wird&aqs=chrome..69i57.1545j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

World Energy Perspectives 2016:
E-Mobility, 2016 online: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/06/E-Mobility-Closing-the-emissions-gap_full-report_FINAL_2016.06.20.pdf

WEC 2016:
World Energy Perspectives, E-Mobility: Closing the Emissions Gap, online: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/06/E-Mobility-Closing-the-emissions-gap_full-report_FINAL_2016.06.20.pdf

Wuppertal-Institut 2012
Strommix beim Betrieb von Elektrofahrzeugen. Teilbericht im Rahmen der Umweltbegleitforschung Elektromobilität im Förderschwerpunkt „Modellregionen Elektromobilität“ (FKZ 03KP5003), Wuppertal (Online: https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Elektromobilitaet_TB_Strommix.pdf)

Anhang

	Seite
Anhang 1: MOBIL-Ansatz zur Messung der Innovationsstärke	**155**
Anhang 2: Produktpläne der E-Mobilität von ausgewählten Automobilherstellern	**158**
Anhang 3: Profile der Projektbearbeiter	**164**

Anhang 1: MOBIL-Ansatz zur Messung der Innovationsstärke

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

MOBIL-Ansatz: Das Konzept zur Messung der Innovationsstärke

1. Recherche: Erfassung der fahrzeugtechnischen Neuerungen aller globalen Automobilhersteller

2. Verifizierung: Verifizierung der Neuerungen durch Innovationsfilter gemäß Definition

3. Klassifizierung: Einteilung der Innovationen in Technologiefelder und Innovationstypen, Zuordnung zu Segmenten etc.

4. Bewertung: Bewertung der Innovationen nach verschiedenen Kriterien:

Innovationsstärke
= Innovationsgrad * Originalität * Reifegrad * (1 + Σ Innovationsfokus)

M – **Maturity** (Reifegrad)

Serie	1,0
Vorserie	0,7
Studie	0,25

O – **Originality** (Originalität)

Weltneuheiten	2,0
Konzernneuheiten	0,7
Markenneuheiten	0,1

B – **Benefit** (Kundennutzen)

Wirtschaftlichkeit	0,30
Sicherheit	0,25
Komfort	0,20
Umwelt	0,10
Vielseitigkeit	0,10
Fahrdynamik	0,05

I L – **Innovation Level** (Innovationsgrad)

Merkmalsdimensionen		Index
„sehr hoch“	Das Automobil wird durch die Innovation "neu erfunden" bzw. in seinen Grundeigenschaften entscheidend verändert /mit grundlegend neuen Funktionen versehen	4
„hoch“	Das Automobil wird durch die Innovation in seinen bestehenden Grundeigenschaften deutlich verbessert	3
„mittel“	Das Auto wird durch eine innovative Zusatzeinrichtung oder ein Teilsystem deutlich verbessert	2
„niedrig“	Der Kunde erhält durch die Innovation einen spürbaren, wünschenswerten Mehrwert ("nice to have")	1

Quelle: CAM

Anhang 1: MOBIL-Ansatz zur Messung der Innovationsstärke

AutomotiveINNOVATIONS-Datenbank: Grundlage der Datenbank bilden die fahrzeugtechnischen Neuerungen der 19 globalen Automobilhersteller mit derzeit 60 Marken, die systematisch inventarisiert werden.

19 globale Automobilkonzerne mit 60 Marken

VOLKSWAGEN AG: Audi, SEAT, ŠKODA, ...

TOYOTA: TOYOTA, LEXUS, DAIHATSU

BMW Group: BMW, MINI, ROLLS ROYCE

FCA (FIAT CHRYSLER AUTOMOBILES): FIAT, LANCIA, ALFA ROMEO, Ferrari, CHRYSLER, DODGE, ...

DAIMLER: smart

GM: CHEVROLET, BUICK, OPEL, CADILLAC, HOLDEN, ...

PSA, TATA, GEELY, mazda, MITSUBISHI MOTORS, NISSAN, HYUNDAI, SUBARU, Renault, SUZUKI, TESLA, Ford, HONDA

Quelle: CAM

Anhang 1: MOBIL-Ansatz zur Messung der Innovationsstärke

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

23 Chinesische Marken

BYD, DENZA, BRILLIANCE, ZOTYE AUTO, MG, JAC MOTORS, CHERY, QOROS, Great Wall, HAVAL, DFM, 北京汽车 BAIC MOTOR, CHANGAN, FENGSHEN, ROEWE, BAW, ...

6 Sportwagenmarken

FISKER, Koenigsegg, ASTON MARTIN, McLaren, LOTUS, RINSPEED

4 Sonstige

LADA, PROTON, Mahindra Rise., SSANGYONG

Quelle: CAM

Anhang 2: Produktpläne der E-Mobilität von ausgewählten Automobilherstellern

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Studien, Ankündigungen, Produktpläne (E-Mobilität)

Konzern	Marke	Baureihe	Modell	Segment	Antrieb	2018-2025	Beschreibung
VW	Audi	A6	A6 e-tron	OM	A-HY-PI	2018	Der nächste A6 soll auch in einer Version mit Plug-in-Hybrid antreten. Er soll die Zusatzbezeichnung e-tron tragen, erfuhr auto motor und sport aus Unternehmenskreisen.
VW	Audi	Q6	Q6 e-tron	GEm	A-EL	2018	Ab 2018 soll in Brüssel die Elektro-Version des Audi Q6 gebaut werden.
VW	Audi	Q8	Q8 Concept	GEg	A-HY-PI	2018	Der neue Q8 als Coupe-Version des Q7 wird für Märkte wie China und die USA einen Plug-In-Hybridantrieb erhalten. Ein 3.0-TFSI-Benziner mit 333 PS wird mit einem 100kW-E-Motor kombiniert. Die rein elektrische Reichweite beträgt 60 km dank des 17,9 kWh-Akkus, der Verbrauch 2,3 l/100km, CO2-Emissionen 53 g/km. Eine Vollladung dauert 2,5 Stunden.
VW	Audi	k.A.	k.A.	UM	A-EL	2019	Audi plant in der Unteren Mittelklasse ein reines E-Fahrzeug (BEV), welches eigenständig designt wird. Dazu entsteht im Konzern der neue Baukasten MEB als Modularer Elektrifizierungsbaukasten, der zu allen Karosserieformen passt und Reichweiten zwischen 250 und 500 km bieten soll.
VW	Bentley	EXP 12	EXP 12 Speed 6e	SP	A-EL	k.A.	Erstmals rein elektrischer, offener Sportwagen von Bentley mit einer Reichweite von ca. 400-500 km; keine näheren techn. Details.
VW	VW	I.D.	I.D.	UM	A-EL	2020	Der I.D. basiert auf der neuen Elektroplattform MEB von VW mit Heckantrieb und Motor hinten. Er ist kürzer als ein Golf (4,10 m), aber mit längerem Radstand (ca. 2,77 m). Angetrieben wird der I.D. von einem E-Motor mit 170 PS, Vmax 160 km/h, die Reichweite soll 400 bis 600 km betragen. Über das Schnelladesystem ist die Batterie nach 30 min. zu 80% geladen. Preislich soll das Auto bei ca. 30.000 EUR liegen (heutiges Preisniveau).
VW	VW	I.D. Buzz	I.D. Buzz	VA	A-EL	2020	Erneut verbesserte Elektro-Van-Studie von VW: Im Vergleich zur Vorgängerstudie Budd-E wurde die Reichweite um 13% auf bis zu 600 km gesteigert. Das 4,94 m lange Fahrzeug verfügt über Batterien im Zwischenboden mit bis zu 111 kW Kapazität, die Gesamtleistung der Motoren an Vorder- und Hinterachse beträgt 275 kW. Es basiert auf dem Modularen Elektrobaukasten (MEB), für eine optimale Raumausnutzung. Hierzu gibt es u.a. einen zusätzlichen 200 l fassenden Kofferraum unter der Fronthaube.
VW	Skoda	Kodiaq	Kodiaq	GEm	A-HY-PI	k.A.	Plug-In-Hybrid von Skoda als Geländewagen, noch keine Daten bekannt.
VW	Posche	911	911	SP	A-HY-PI	k.A.	Den Porsche 911 (992) soll es laut Auto-News.de auch als Plug-in-Hybrid geben.
VW	Posche	Mission E	Mission E	SP	A-EL	2020	Der Mission E ist der erste Elektro-Sportwagen mit 4 Türen des VW-Konzerns. Im Vergleich zum Audi R8 e-tron (und der Porsche-Studie Boxster E) wurde die Leistung deutlich auf 600 PS gesteigert, 0-100 km/h in 3,5 sec., dabei soll die volle Leistung permanent zur Verfügung stehen. Die Reichweite beträgt 500 km. Die Karosserie besteht aus Aluminium, Stahl und Carbonfaser-verstärktem Kunststoff, die Felgen aus Carbon. Luftauslässe in den Flanken dienen der Reduzierung von Überdruck im Radhaus und damit einer Verminderung des Auftriebs.
VW	Skoda	Superb	Superb Plug-In	M	A-HY-PI	2018	Skoda plant einen Plug-In-Hybrid auf Basis des Superb für 2017.
VW	Skoda	Vision E	Vision E	GEm	A-EL	k.A.	Skoda plant ein rein elektrisches SUV auf Basis des Kodiaq: Die Länge beträgt 4,64 m (6 cm kürzer als der Kodiaq), der Radstand wächst von 2,79 m auf 2,85 m, Breite 1,92, Höhe 1,55 m. Ein Elektromotor an jeder Achse treibt den Vision E an, die Systemleistung liegt bei 225 kW, Vmax 180 km/h an. Die Reichweite soll bis zu 500 km betragen.

Quelle: CAM

Anhang 2: Produktpläne der E-Mobilität von ausgewählten Automobilherstellern

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Studien, Ankündigungen, Produktpläne (E-Mobilität)

Konzern	Marke	Baureihe	Modell	Segment	Antrieb	2018-2025	Beschreibung
BMW	BMW	i8	i8	SP	A-HY-PI	k.A.	Laut Car & Driver soll der BMW i8 einen stärkeren Akku und Elektromotor bekommen.
BMW	BMW	i8 (II)	i8 (II)	SP	A-HY-PI	2022	Nach Angaben von PwC Autofacts wird BMW ab 2022 möglicherweise den Nachfolger des aktuellen i8 produzieren. Keine weiteren Angaben.
BMW	BMW	i8	i8 Roadster	SP	A-HY-PI	2018	Ab 2018 soll es den BMW i8 auch als Roadster geben. Dies wurde bereits von der Konzernspitze bestätigt.
BMW	BMW	i3	i3 (94 Ah)	KL	A-EL	2018	Der i3 soll laut ab 2018 eine weiterentwickelte Batterietechnik erhalten, welche die Reichweite um 100 Kilometer erhöht. Premiere soll der überarbeitete i3 auf der IAA 2017 feiern. In den Handel soll er ab Anfang 2018 kommen.
BMW	BMW	X3	X3 eDrive	GEm	A-EL	2020	BMW plant einen elektrisch angetriebenen X3. Pläne zum Bau des Fahrzeugs in Leipzig wurden bereits von der Konzernspitze bestätigt.
BMW	BMW	i5	i5	GEm	A-EL	2020	Nach Angaben von PwC Autofacts wird BMW ab dem 3. Quartal 2020 ein Crossover im D-Segment namens BMW i5 produzieren.
BMW	BMW	iNext	iNext	OM	A-EL	2021	BMW erweitert seine i-Reihe um eine große Limousine von der Größe eines 5er BMW. Der iNext soll nicht nur rein elektrisch- sondern auch hochautomatisiert fahren (Stufe 3) können und eine Reichweite von bis zu 750 km besitzen (Batteriekapazität ca. 110 kWh). Pläne zum Bau des Fahrzeugs wurden bereits von Harald Krüger (CEO, BMW AG) per Zeitungsinterview bestätigt, ebenso wie der Produktionsstandort in Dingolfing.
BMW	BMW	k.A.	k.A.	OB	A-BZ	2025	Nach Aussagen der Konzernspitze plant BMW 2021 eine Kleinserie auf den Markt zu bringen und ab 2025 grundsätzlich Fahrzeuge mit Brennstoffzelle für Kunden anzubieten. Das Fahrzeug soll beim Segment eher oberhalb der 5er-Reihe angesiedelt sein.
BMW	Mini	Mini	Mini E	KL	A-EL	2019	Den Mini soll es ab 2019 wieder mit Elektroantrieb geben. Pläne zum Bau des Fahrzeugs in Leipzig wurden bereits von der Konzernspitze bestätigt.
BMW	Rolls-Royce	Vision Next 100	Rolls-Royce Vision Next 100	OB	A-EL	k.A.	Die Studie basiert auf einer neuen Leichtbauplattform und ist mit einem leistungsstarken elektrischen Antriebssystem ausgestattet, erstes E-Auto der Marke.
PSA	Citroen	Cxperienc e Concept	Cxperience Concept	M	A-HY-PI	k.A.	Die Studie Experience Concept wird angetrieben von einem Plug-in-Hybridsystem, bei dem ein Verbrenner (zwischen 150 und 200 PS) und ein E-Motor (89 Kilowatt) kombiniert werden. Die Kraftübertragung erfolgt über ein 8-Gang-Automatikgetriebe. Die Systemleistung beträgt 300 PS, die rein elektrische Reichweite wird mit 60 km angegeben. Laut Hersteller kann der Akku in 2,5 Stunden wieder voll aufgeladen werden. Keine genaueren Angaben.
PSA	DS	k.A.	k.A.	GEm	A-HY-PI	2019	DS Automobiles plant ab 2019 auf Basis der Plattform EMP2 (Efficient Modular Platform) Plug-in-Hybrid-Modelle mit Benzinmotor und leistungsfähiger Hybridtechnik auf den Markt zu bringen. SUVs und CUVs sollen einen leistungsstarken elektrischen Allradantrieb erhalten. Des Weiteren wird ein quer angeordnetes 8-Gang-Hybridgetriebe verbaut. Die rein elektrische Reichweite soll rund 60 km betragen. Der Aufladevorgang soll hierbei nicht länger als vier Stunden benötigen, zusätzlich soll eine Schnellladevariante mit einer Ladezeit von unter zwei Stunden realisiert werden. Als Energiespeicher kommen Akkus mit 12-13 kWh zum Einsatz. Zwischen 2019 und 2021 will PSA nach und nach insgesamt sieben Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge einführen (siehe auch: PSA 2016, PSA Konzernstrategie Elektro).

Quelle: CAM

Anhang 2: Produktpläne der E-Mobilität von ausgewählten Automobilherstellern

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Studien, Ankündigungen, Produktpläne (E-Mobilität)							
Konzern	**Marke**	**Baureihe**	**Modell**	**Segment**	**Antrieb**	**2018-2025**	**Beschreibung**
Ford	Ford	Model E - CUV	Model E - CUV	GEm	A-EL	2020	Ford hat angekündigt, ab 2020 ein rein elektrisch angetriebenes SUV mit einer Reichweite von mindestens 482 km (300 Meilen) auf den Markt zu bringen. Laut PwC Autofacts läuft die Produktion des Fahrzeugs (Crossover des C-Segments) bereits im 3. Quartal 2019 an.
Ford	Ford	Model E	Model E	M	A-EL	2020	Laut dem damaligen Ford CEO Mark Fields (bis Mai 2017) arbeitet der Hersteller an einem eigenen Elektrofahrzeug als Konkurrenz zum Tesla Model 3 und zum Chevrolet Volt. Dabei wird eine Reichweite von 200 Meilen angestrebt. Laut "Caranddriver.com" hat sich Ford bereits die Namensrechte für de Bezeichnung "Model E" gesichert.
Tata	Jaguar	I-Pace	I-Pace	GEm	A-EL	2018	Elektro-SUV von 4,7 m Länge mit je einem Elektromotor an Vorder- und Hinterachse und einer Gesamtleistung von 294 kW (400 PS) und 700 Nm. Als Energiespeicher kommt ein Lithium-Ionen-Akku mit 90 kWh zum Einsatz, der für eine Reichweite von über 500 km (NEFZ) sorgen soll. Laut Hersteller kann die Batterie an einem 50 kW Gleichstrom-Anschluss in 90 Minuten zu 80 % aufgeladen werden. Dank zahlreicher Aerodynamik-Maßnahmen besitzt das Fahrzeug einen Cw-Wert von 0,29.
Daimler	Mercedes-Benz	EQC (alias ELC)	EQC (alias ELC)	GEm	A-EL	2019	Die Studie Mercedes Generation EQ ist 4,70 m lang und wird von zwei Elektromotoren, deren Systemleistung durch skalierbare Batteriekomponenten auf bis 300 kW (408 PS) gesteigert werden kann, angetrieben. Bis zu 500 Kilometer (Akkus 70 kWh) soll die Reichweite mit permanentem Allrad betragen. Nach Medienberichten soll ein ähnliches Fahrzeug unter dem Namen "EQC" (unter der neuen Submarke "EQ") 2019 auf den Markt kommen.
Daimler	Mercedes-Benz	EQA (alias ELA)	EQA (alias ELA)	GEm	A-EL	2020	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Mercedes für seine EQ-Submarke im Jahr 2020 ein SUV namens EQC (alias "ELA") produzieren. Ab Januar 2020 soll die Produktion in Bremen anlaufen. Bei dem Fahrzeug soll es sich um ein SUV des C-Segments handeln, welches auf Daimler's neuer MFA2-Plattform basiert. Aufgrund der Nomenklatura der Modellbezeichnung (s.a. Mercedes-Benz "ELC") kann davon ausgegangen werden, dass es sich hierbei um ein rein elektrisches Fahrzeug handelt. Die Produktion ist laut Autofacts bis zum Jahr 2027 angesetzt.
Daimler	Mercedes-Benz	Maybach 6	Maybach 6	OB	A-EL	k.A.	Vier Elektromotoren sorgen für einen Allradantrieb mit insgesamt 750 PS. Der Akku im Unterboden speichert etwa 80 kWh Energie, ausreichend für über 500 km Reichweite. Beim Gleichstromladen sind Ladeleistungen von bis zu 350 kW möglich. So lässt sich die Restreichweite in nur fünf Minuten um rund 100 km erhöhen. Auch induktives Laden ist vorgesehen.
Daimler	Mercedes-Benz	EQ (Limousine)	EQ (Limousine)	M	A-EL	2020	Nach Angaben von Auto Motor und Sport plant Mercedes-Benz weitere Modelle für die neue Elektro-Submarke "EQ". So soll ab 2020 eine Elektro-Limousine (als Pendant zur C-Klasse) auf Basis der EVA II-Plattform auf den Markt gebracht werden. Keine weiteren Informationen.
Daimler	Mercedes-Benz	Urban eTruck (Sprinter/ Vito)	Urban eTruck (Sprinter/Vito)	Va	A-EL	2018	Strategische Partnerschaft zwischen Hermes und Mercedes-Benz Vans: Wie der Hersteller erklärt, soll die Fahrzeugflotte des Paketdienstleisters im Rahmen eines Pilotprojekts mit rein elektrisch angetriebenen Transportern ausgestattet werden. Von 2018 bis 2020 will Hermes 1500 Mercedes-Benz Elektro-Transporter (Urban eTrucks) der Baureihen Vito und Sprinter einsetzen. Die Pilotphase läuft ab 2018 zunächst in Stuttgart und Hamburg an, danach soll das Projekt auch auf andere deutsche Ballungsräume ausgeweitet werden. Bereits im Jahr 2016 gab Mercedes mit der Konzeptstudie "Vision Van" einen Ausblick auf künftige Transporter der Marke mit rein elektrischem Antrieb.

Quelle: CAM

Anhang 2: Produktpläne der E-Mobilität von ausgewählten Automobilherstellern

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Studien, Ankündigungen, Produktpläne (E-Mobilität)							
Konzern	**Marke**	**Baureihe**	**Modell**	**Segment**	**Antrieb**	**2018-2025**	**Beschreibung**
Nissan	Nissan	Leaf	Leaf	UM	A-EL	2018	Medienberichten zufolge steht bei der nächsten Generation des Nissan Leaf (welche für 2018 erwartet wird) eine weitere Batterievariante zur Wahl: Neben den Batterien mit 24 kWh und 30 kWh soll dann auch eine 60 kWh-Variante (bereits vorgestellt in der Studie IDS concept) zum Einsatz kommen, welche eine max. Reichweite von 340 Meilen (umgerechnet 547 km) gewährleistet. Das Onlinemagazin http://www.autocar.co.uk beruft sich in seinem Artikel u. a. auf die Aussage von Gareth Dunsmore (Electric Vehicle Divisional General Manager bei Nissan); lediglich Mutmaßung.]
Nissan	Nissan	BladeGlider	BladeGlider	SP	A-EL	k.A.	Die Studie BladeGlider verfügt über zwei E-Motoren zum Antrieb der Hinterräder, insgesamt beträgt die Leistung 200 kW. Als Energiespeicher dient ein Lithium-Ionen-Akku (220kW); vgl. Nissan 2011, Esflow sowie Nissan 2013, Concept Blade Glider.
Nissan	Nissan	k.A.	k.A.	MI	A-EL	k.A.	Laut einem Bericht des Fachmagazins "Automobil-Produktion" planen die beiden Hersteller Nissan und Mitsubishi gemeinsam einen Nachfolger des i-Miev zu entwickeln. Das Magazin zitiert dabei die "Japan Times" welche sich wiederum auf Insider-Quellen beruft. Das neue Elektrofahrzeug soll im Jahr 2018 auf den Markt kommen. Nach Informationen von IHS Automotive soll das Fahrzeug zwar auf Mitsubishis World A Plattform aufbauen, jedoch jeweils unter beiden Marken vermarktet werden.
e.GO Mobile AG	e.GO Mobile AG	e.GO Life	e.GO Life	MI	A-EL	2018	Beim e.Go Life handelt es sich um ein zweitüriges Elektroauto von 3,35 m Länge (Breite 1,70 Meter, Höhe 1,57 Meter). Die 14,4 kWh großen Batterie besitzt eine Reichweite von 100 km angegeben. Alternativ soll ein 19,2 kWh große Akku angeboten werden, der dann bis zu 130 km Reichweite bietet. Der Elektroantriebsstrang (Der 22 kW) stammt von Bosch. Das Fahrzeug ist seit Mai 2017 für 15.900 Euro bestellbar, die Serienfertigung startet im Frühjahr 2018 im Triwo-Technopark in Aachen.
e.GO Moove	e.GO Moove	e.GO Mover	e.GO Mover	VA	A-EL	2019	ZF und das Aachener Start-up e.GO Mobile haben im Mai 2017 die Gründung eines gemeinsamen Joint Ventures ("e.GO Moove") verabredet. Ziel sei die Entwicklung, Produktion und der Vertrieb eines autonomen Transportsystems für Personen und Lasten. Ein erster Prototyp wurde bereits auf dem Campus der RWTH-Aachen vorgestellt. Laut Hersteller handelt es sich bei dem sog. "e.GO Mover" um einen universell ausbau- und einsetzbareren Kleinbus, welcher sowohl für den ÖPNV als auch für private und gewerbliche Mobilität ausgerüstet werden kann. ZF steuert das elektrische Antriebssystem (150 kW) sowie seine - gemeinsam mit Nvidia entwickelte - Supercomputing-Steuerbox „ZF ProAI“ bei. Mitte 2018 sollen erste Testflotten beliefert werden, 2019 soll dann die Serienproduktion beginnen.
Uniti	Uniti	Uniti	Uniti	MI	A-EL	2019	Das schwedische Start-Up "Uniti" will im Jahr 2019 ein rein elektrisch angetriebenes Stadtauto (2-3 Sitze) auf den Markt bringen. Der Antrieb erfolgt über einen Radnabenmotor mit bis zu 40 kW. Die Batterie verfügt in der höchsten Ausbaustufe über eine Kapazität von 20 kWh. Die Höchstgeschwindigkeit wird mit 120 km/h angegeben, Reichweite bis 300 km. Aufladung per Induktion oder an der Steckdose. Das Fahrzeug soll ca. 20.000 Euro kosten und bereits 2018 produziert werden. Hierfür konnte das Unternehmen Siemens als Produktionspartner gewonnen werden.

Quelle: CAM

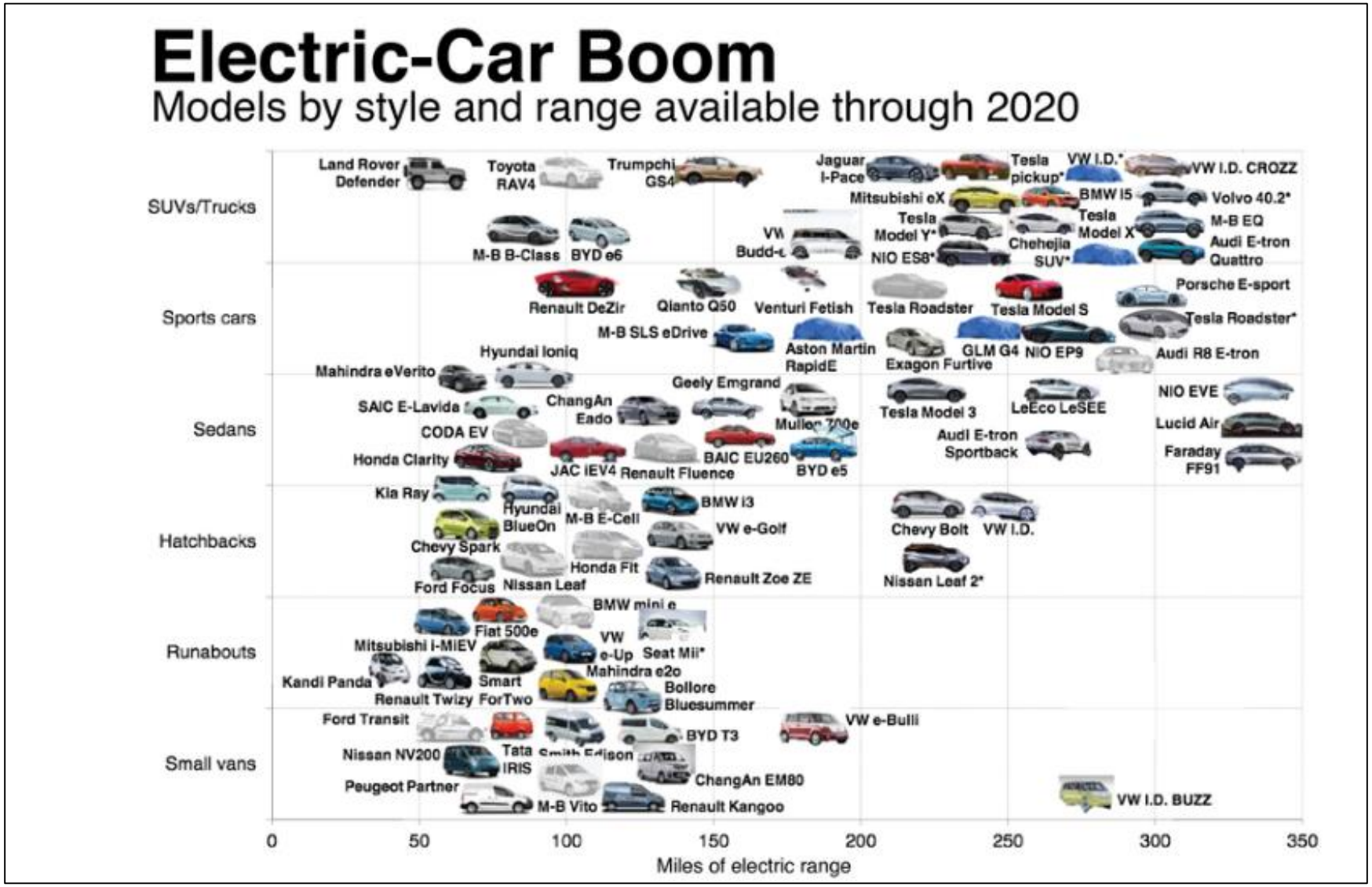
Anhang 2: Produktpläne der E-Mobilität von ausgewählten Automobilherstellern

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Studien, Ankündigungen, Produktpläne (E-Mobilität)							
Konzern	**Marke**	**Baureihe**	**Modell**	**Segment**	**Antrieb**	**2018-2025**	**Beschreibung**
Toyota	Toyota	EV	EV	k.A.	A-EL	2020	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Toyota ab dem Jahr 2020 ein Pkw mit Elektroantrieb produzieren. Keine weiteren Angaben.
Toyota	Toyota	FCEV	FCEV II	UT	A-EL	2019	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Toyota ab dem Jahr 2019 ein LCV mit Elektroantrieb produzieren. Keine weiteren Angaben.
Toyota	Lexus	LS	LS4	k.A.	A-EL	2020	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Lexus ab dem Jahr 2020 ein Pkw mit Elektroantrieb produzieren. Keine weiteren Angaben.
Toyota	Toyota	Levin	Levin		A-HY-PI	2019	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Toyota ab dem Jahr 2019 in China den Levin Plug-In-Hybrid produzieren. Keine weiteren Angaben.
Toyota	Toyota	Corolla	Corolla		A-HY-PI	2019	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Toyota ab 2019 den Corolla mit Plug-In-Hybrid in China produzieren. Keine weiteren Angaben.
Toyota	Toyota	Prius	Prius V/Alpha	UM	A-HY-PI	2022	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Toyota ab 2022 in China den Prius Plug-In-Hybrid (V/Alpha) produzieren. Keine weiteren Angaben.
Toyota	Toyota	Centuri	Centuri PHEV	OB	A-HY-PI	2022	Nach Angaben von PwC Autofacts wird Toyota ab 2022 in China den Centuri Plug-In-Hybrid produzieren. Keine weiteren Angaben.
Tesla	Tesla	Model Y	Model Y	GEm	A-EL	2019	Tesla plant ab 2019 die Produktion des Model Y - einem Crossover der Mittelklasse mit Elektroantrieb, unterhalb des Model X positioniert. Dies wurde bereits von Elon Musk (CEO, Tesla) bestätigt.
Tesla	Tesla	Model X	Model X (II)	GEg	A-EL	2021	Angaben von PwC Autofacts deuten auf die Produktion eines Nachfolgers für das Model X hin. Keine weiteren Informationen.
Tesla	Tesla	Roadster	Roadster	SP	A-EL	2020	Tesla plant ab 2020 die Produktion eines neuen Roadsters.
Tesla	Tesla	Model S	Model S (III)	OB	A-EL	2018	Angaben von PwC Autofacts deuten auf die Produktion einer Modellpflege des Model S hin. Keine weiteren Informationen.
Tesla	Tesla	Pick-up	Pick-up	UT	A-EL	2019	Tesla hat angekündigt innerhalb der nächsten zwei Jahre ein elektrischen Pick-up zu präsentieren. Keine weiteren Angaben.
Tesla	Tesla	LKW	LKW	LKW	A-EL	k.A.	Tesla hat im November 2017 einen rein elektrischen 40t-Sattelschlepper angekündigt, der über 800 km Reichweite verfügen und 2019 auf den Markt kommen soll. Autonome Fahrfunktionen sind vorgesehen.

Quelle: CAM

Anhang 2: Angekündigte PKW in Segmenten bis 2020 (weltweit) mit Reichweiten



Quelle: Bloomberg New Energy Finance (https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-25/electric-car-boom-seen-triggering-peak-oil-demand-in-2030s)

Profile der Projektbearbeiter

CENTER OF AUTOMOTIVE MANAGEMENT

Prof. Dr. Stefan Bratzel (Direktor)

Jahrgang 1967
Studium der Politikwissenschaft an der Freien Universität Berlin
Promotion zum "Dr. rer. pol." bei Prof. Dr. Martin Jänicke (1999)
Preis der Stiftung der deutschen Städte, Gemeinden und Kreise für die Dissertation "Erfolgsbedingungen von umweltorientierter Verkehrspolitik"

Berufliche Stationen

- smart: Produktmanager, Marketing
- Telefonica/Sonera (Quam): Programm Manager, Product Line Automotive
- PTV: Leiter Geschäftsentwicklung Automotive
- FHDW (seit April 2004): Dozent und Studiengangsleiter für Automotive Management an der privaten Fachhochschule der Wirtschaft (FHDW)
- Center of Automotive Management (seit April 2004): Gründer und Direktor des Auto-Instituts

Prof. Dr. Jürgen Thömmes

Jahrgang 1962
Studium BWL, Soziologie, Romanistik in Trier und Paris
Promotion 1995 Universität Trier
Fundierte Erfahrungen:
Industrial Engineering
Change Management
Strategie
Geschäftsmodelle

Berufliche Stationen

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter Universität Trier
- Projektleiter INFPC Luxemburg
- Seniorberater Kienbaum Gummersbach
- Geschäftsführer Refaconsult Dortmund
- Vorstand IFAO AG Karlsruhe
- Professor BWL / Mittelstandsmanagement an der FHDW Bergisch Gladbach

Impressum

Firma

Dr. Bratzel Center of Automotive Management GmbH & Co. KG (CAM)
Director: Prof. Dr. Stefan Bratzel
Responsible for the contents: Prof. Dr. Stefan Bratzel
Authors: Prof. Dr. Stefan Bratzel, Prof. Dr. Jürgen Thömmes

Rommerscheider Str. 103
51465 Bergisch Gladbach
Germany

Büroadresse

Center of Automotive Management
An der Gohrsmühle 25
51465 Bergisch Gladbach
Germany

Phone: +49 (0) 22 02 / 2 85 77 - 0
Fax: +49 (0) 22 02 / 2 85 77 - 28
E-Mail: info@auto-institut.de
Website: www.auto-institut.de

Disclaimer and Copyright

All information in this this survey has been carefully checked. It was written by use of scientific methods on the basis of the specified sources and literature. However, we cannot guarantee that the material contained is complete, correct and absolutely up-to-date. CAM rules out any liability for damages incurred directly or indirectly from the use of this survey.

All rights reserved. All contents (texts, tables, databases, images, graphics, as well as their grouping) in the survey is subject to the protection of copyright and other protection laws. The contents of this survey may not be duplicated, distributed, changed, or made accessible to third parties in any form beyond the limits of copyright law, without prior written approval of CAM. Only subject to these conditions the survey can be offered for a reasonable price, since it is the result of complex scientific research. The reproduction of usage names, trade names, and product identifications does not authorize the assumption that such names might be free according trademark protection law and thus available for use by any person.

Copyright © 2017 by Center of Automotive Management