



Auswirkungen der Elektromobilität

Ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Auswirkungen

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis.....	4
1 Umfang und Vorgehen	5
2 Bewertung der Auswirkungen pro Fahrzeug	6
2.1 Ökonomische Auswirkungen	6
2.1.1 Aftersales (Kosten beispielshalber für Deutschland).....	6
2.1.2 Stromverbrauch.....	6
2.1.3 Kraftstoffverbrauch	6
2.1.4 Materialkosten pro Fahrzeug.....	7
2.1.5 Investitionen für die Ladeinfrastruktur	7
2.1.6 Rohstoffverschiebungen.....	8
2.2 Ökologische Auswirkungen.....	8
3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten.....	10
3.1 Herleitung der Stückzahlen.....	10
3.2 Verschiebungen abhängig von der jährlichen Produktion.....	11
3.2.1 Auswirkungen auf die Hauptkomponenten.....	12
3.2.2 Auswirkungen auf die Rohstoffe.....	12
3.3 Verschiebungen abhängig vom Fahrzeugbestand.....	14
3.3.1 Bewertung Rohölverbrauch.....	14
3.3.2 Bewertung Stromverbrauch.....	15
3.3.3 Bewertung Entwicklung der CO ₂ Emissionen.....	15
3.4 Verschiebungen qualitativ.....	16
4 Resultierende Chancen und Risiken.....	17
Quellenverzeichnis	XX

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: Übersicht Chancen und Risiken der Elektromobilität	17
Abbildung 2: Übersicht Auswirkungen auf die Interessengruppen	19

Tabellen

Tabelle 1: Materialkosten Hauptkomponenten.....	7
Tabelle 2: Ökobilanz ICEV und BEV	8
Tabelle 3: Berechnung Einflüsse der jährlichen PKW Produktion weltweit	11
Tabelle 4: Prozentuale Mehr- und Minderbedarfe an Rohstoffen	12
Tabelle 5: Berechnung Einflüsse des gesamten PKW Bestandes weltweit	14
Tabelle 6: Prozentuale Minderbedarfe an Rohöl.....	14
Tabelle 7: Prozentuale Zusatzbedarfe an Strom.....	15
Tabelle 8: Prozentuale Einsparung an CO ₂ Emissionen	15
Tabelle 9: Zusammenfassung qualitative Einflüsse weltweit	16

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AU	Abgasuntersuchung
BEV	Battery Electric Vehicle
BW	Baden Württemberg
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
ICE	Internal Combustion Engine (Verbrennungsmotor)
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
IFA	Institut für Automobilwirtschaft
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
KBA	Kraftfahrtbundesamt
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
OEM	Original Equipment Manufacturer
PTC	Positive Temperature Coefficient

Einheiten:

g	Gramm
h	Stunde
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
MJ	Megajoule
MWh	Megawattstunde
TW	Terawatt
TWh	Terawattstunde

1 Umfang und Vorgehen

Um die Auswirkungen, die durch eine Ausbreitung der Elektromobilität entstehen, bestmöglich abzuleiten, werden die Erkenntnisse aus der Einflussanalyse der Elektromobilität bewertet.

Hierzu wird im ersten Schritt das Ausmaß pro Fahrzeug betrachtet. Dazu wird beschrieben, was die Substitution eines Autos mit Verbrennungsmotor durch ein Fahrzeug mit rein elektrischem Antrieb bedeutet.

Im zweiten Schritt werden beispielshalber die Ausmaße für drei unterschiedliche Penetrationsraten von jährlichen Fahrzeugneuzulassungen und dem Anteil am Gesamtfahrzeugbestand kalkuliert. Im Folgenden werden dann die quantitativen und qualitativen Erkenntnisse aufbereitet und zusammengefasst.

Die kalkulierten Werte sollen als Trendbarometer gesehen werden, um die einzelnen Veränderungen transparent und besser darstellbar zu machen. Das jeweilige länder- und unternehmensspezifische Ausmaß der Veränderungen ist je nach Region, der Branchenstruktur und der interner Leistungsfähigkeit¹ und dem zukünftigen Produktportfolio von den Herstellern und Anbietern abhängig. Es wird daher nicht der Einfluss auf einzelne Unternehmen betrachtet.

Aufgrund der Komplexität und Vielschichtigkeit ist bei den ausgewählten Werten kein Anspruch auf Vollständigkeit gegeben. Es soll ein Überblick bezüglich der wichtigsten Kerngrößen, bei denen die größten Verschiebungen und Veränderungen stattfinden, vermittelt werden.

¹ Damit ist hier vor allem die Fähigkeit gemeint, durch intern vorhandenes Kapital, Mitarbeiter, Wissen, die Unternehmensstruktur und die Führung, Veränderungen zu erkennen und darauf flexibel und zielorientiert zu reagieren.

2 Bewertung der Auswirkungen pro Fahrzeug

2.1 Ökonomische Auswirkungen

2.1.1 Aftersales (Kosten beispielshalber für Deutschland)

Die gesamten Instandhaltungskosten pro Fahrzeug mit Verbrennungsmotor belaufen sich durchschnittlich auf 405 € im Jahr (240 € Wartungsaufwand, 165 € Reparaturaufwand). Für ein rein elektrisch angetriebenes Fahrzeug liegen die prognostizierten Kosten bei 324 €. Das bedeutet, dass sowohl im Werkstattgeschäft als auch im Teilehandel 81 € bzw. 20% Umsatz wegfallen.

2.1.2 Stromverbrauch

Der zusätzliche Bereitstellungsbedarf für den zur Ladung benötigten Strom liegt bei ca. 2.700 kWh pro Fahrzeug im Jahr. Das entspricht in etwa einem durchschnittlichen zusätzlichen Tagesverbrauch von 7,4 kWh.

Nach bisherigen Trends werden diese Stromabnahmen überwiegend an privaten Ladestellen (Ladestation, Steckdose am Haus oder in der Garage) getätigt. Es fließen daher die generierten Umsätze hauptsächlich den Energieversorgern und weniger den exklusiven Betreibern der Ladeinfrastruktur zu.

Da die Strompreise weltweit stark differieren, lässt sich der Einfluss auf den Umsatz generell schlecht bewerten. Hierzu müssten jeweils länderspezifische Betrachtungen durchgeführt werden.

2.1.3 Kraftstoffverbrauch

Durchschnittlich werden 855 Liter Kraftstoff pro Fahrzeug im Jahr weniger benötigt (davon ca. 720 Liter Benzin und 135 Liter Diesel). Das entspricht einer Verringerung des Mineralölbedarfes von ungefähr 1.500 Litern im Jahr pro Fahrzeug. Die Benzin bzw. Dieselpreise sind ebenfalls länderspezifisch geprägt und die Ölpreise unterliegen starken Schwankungen. Umsatzauswirkungen sind daher generell quantitativ schwer zu treffen. Es müssten analog zu den Strompreisen separate Berechnungen mit aktuellen Preisen und ausgewählten Ländern durchgeführt werden.

Kapitel 2 Bewertung der Auswirkungen pro Fahrzeug

2.1.4 Materialkosten pro Fahrzeug

Insgesamt gesehen, ergibt sich bei den Materialkosten ein Umsatzpotenzial von 3.700 € für jedes BEV. Entscheidend für dieses Potenzial ist der zusätzliche Umsatz für die Traktionsbatterie. Betrachtet man die restlichen Komponenten separat, ist hier mit einem Umsatzrückgang von 2.300 € zu rechnen. Tabelle 1 fasst die einzelnen Werte der Komponenten zusammen.

Tabelle 1: Materialkosten Hauptkomponenten

Pro Fahrzeug*	ICEV	BEV	Veränderung
Hauptkomponenten	4.500 €	8.200 €	3.700 €
Motor mit Anbauteilen (ca. 100 kW)	2.025 €	1.200 €	-825 €
Getriebe für Verbrennungsmotor	1.125 €		-1.125 €
Auspuffanlage	563 €		-563 €
Kraftstoffsystem	563 €		-563 €
Sonstige spezifische Teile ICEV	225 €		-225 €
Traktionsbatterie (60 kWh)		6.000 €	6.000 €
Leistungselektronik (ca. 100 kW)		750 €	750 €
Sonstige spezifische Teile BEV		250 €	250 €

*Alle Werte stammen aus der Studie „Einflussanalyse Elektromobilität“ Pirl-Engineering.

2.1.5 Investitionen für die Ladeinfrastruktur

Anhand der Investitionen und der jährlichen Umsätze für die Wartung pro benötigte Ladesäule, werden die Werte je Fahrzeug ermittelt. Wie in der Studie „Einflussanalyse Elektromobilität“ Pirl-Engineering prognostiziert, wird der Wert unter der Annahme berechnet, dass auf jedes BEV 0,035 Ladesäulen installiert werden.

Investition pro Fahrzeug: 840 € (0,035 x 24.000 €)

Jährlicher Umsatz: 53 € (0,035 x 1.500 €)

Kapitel 2 Bewertung der Auswirkungen pro Fahrzeug

2.1.6 Rohstoffverschiebungen

Pro Fahrzeug werden ca. 120 kg Stahl und 70 kg Gusseisen weniger und ca. 50 kg Kupfer, 12 kg Lithium und 38 kg Graphit mehr benötigt.

Die Elektrodenmaterialien Kobalt, Nickel und Mangan sind bezüglich ihrer Nachfrage stark von der jeweiligen Batterieausführung abhängig. Eine genaue Kilogrammprognose kann daher in dieser Arbeit nicht angegeben werden.

2.2 Ökologische Auswirkungen

In Deutschland betrug das durchschnittliche Fahrzeugalter in 2017 9,4 Jahre.² In der gesamten EU lag es in 2016 bei 11 Jahren,³ in den USA sogar bei 11,6 Jahren⁴. Für die Kalkulation wurde zur Vereinfachung weltweit von einem durchschnittlichen Fahrzeugalter von 10 Jahren ausgegangen. Die kalkulierten Einsparungen sind daher eher als Mindestwerte zu sehen. In der Realität sind vermutlich noch höhere CO₂ Einsparungen pro Fahrzeug zu erreichen.

Tabelle 2: Ökobilanz ICEV und BEV

Pro Fahrzeug	ICEV	BEV	Veränderung
CO ₂ Gesamtbilanz auf 10 Jahre	30.800 kg	23.710 kg	-7.090 kg
Fahrzeugherstellung CO ₂ Äquivalente	6.000 kg	9.400 kg	3.400 kg
Jahresausstoß CO ₂ gesamt*	2.480 kg	1431 kg	-1.049 kg
Kraftstoffherstellung CO ₂ pro Liter	0,475 kg	-	
Fahrt (ICEV) CO ₂ Ausstoß pro Liter	2,425 kg	-	
Kraftstoffverbrauch pro km	0,057 l	-	
Stromherstellung CO ₂ pro kWh	-	0,53 kg	
Fahrt (BEV) CO ₂ Ausstoß pro kWh	-	0	
Stromverbrauch pro km	-	0,18 kWh	

*Bei 15.000km Laufleistung.

² Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt (2018), online.

³ Vgl. European Automobile Manufacturers Association, online.

⁴ Vgl. Thomson Reuters (2016), online.

Kapitel 2 Bewertung der Auswirkungen pro Fahrzeug

Berechnung Jahresausstoß CO₂ gesamt:

ICEV: $15.000 \times 0,057 \times (2,425 + 0,475)$

BEV: $15.000 \times 0,18 \times 0,53$

3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten

3.1 Herleitung der Stückzahlen

Als Ausgangsdaten werden die jährlich produzierten Fahrzeuge und der gesamte Fahrzeugbestand verwendet. Der jeweilige prozentuale Anteil für die Beispielrechnungen wird anhand der aktuellen Zahlen aus 2016 bzw. dem Bestand aus 2015 kalkuliert.

Der Anteil an Neuzulassungen hat hauptsächlich Einfluss auf alle an der Produktion beteiligten Parteien. Die Zahl der insgesamt registrierten Fahrzeuge betrifft darüber hinaus die Versorger im Energie- und Ersatzteilebereich.

2016 wurden weltweit 72 Millionen Personenkraftwagen neu produziert.⁵ Die Anzahl der weltweit registrierten PKWs in 2015 betrug ca. 950 Millionen.⁶

Beispielshalber werden in dieser Arbeit für folgende prozentuale Anteile bzw. Stückzahlen an rein elektrischen Fahrzeugen die Auswirkungen prognostiziert:

Anteil an:	Jährlicher PKW Produktion	Registrierter PKWs gesamt
10%	7,2 Mio. Fahrzeuge	95 Mio. Fahrzeuge
35%	25,2 Mio. Fahrzeuge	333 Mio. Fahrzeuge
65%	46,8 Mio. Fahrzeuge	618 Mio. Fahrzeuge

In der Realität werden sich auch hohe Anteile an Neuzulassungen erst stark zeitverzögert auf den Anteil aller zugelassenen Fahrzeuge auswirken.

In dieser Betrachtung wird unabhängig voneinander die Auswirkungen der Penetration bei den Neuzulassungen einerseits und einer Penetration bei allen zugelassenen Fahrzeugen andererseits betrachtet. Es besteht also hier kein zeitlicher oder mathematischer Bezug zwischen den prozentualen Angaben.

Die zahlenmäßig erfassten Werte pro Fahrzeug aus Kapitel 6.1 werden jetzt mit den prognostizierten Penetrationsraten von rein elektrischen Fahrzeugen multi-

⁵ Vgl. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (2016), online.

⁶ Vgl. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (2015), online.

Kapitel 3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten

pliziert. Um die quantifizierten Auswirkungen besser einordnen zu können, werden diese jeweils zu geeigneten Bezugsgrößen, wie beispielsweise Gesamtverbräuche oder Gesamtumsätze, ins Verhältnis gesetzt.

3.2 Verschiebungen abhängig von der jährlichen Produktion

In Tabelle 3 werden die Auswirkungen pro Fahrzeug berechnet, die abhängig von der jährlich produzierten Anzahl von Fahrzeugen sind. Die Spalte „Basis Neuzulassungen“ zeigt den fiktiven Wert, wenn 100% der produzierten Fahrzeuge rein elektrisch angetrieben wären.

Tabelle 3: Berechnung Einflüsse der jährlichen PKW Produktion weltweit

Berechnung Einflüsse der jährlichen PKW Produktion weltweit*				
Thema	Basis Neuzulassungen	Anteil BEVs	Anteil BEVs	Anteil BEVs
	100% BEVs (0,072 Mrd.)	10%	35%	65%
Hauptkomponenten	in Mrd. Euro			
Gesamt	266,40	26,64	93,24	173,16
Gesamt ohne Batterie	-165,60	-16,56	-57,96	-107,64
Motor mit Anbauteilen (ICE 18%)	-145,80	-14,58	-51,03	-94,77
Getriebe (10%)	-81,00	-8,10	-28,35	-52,65
Auspuffanlage (5%)	-40,50	-4,05	-14,18	-26,33
Kraftstoffsystem (5%)	-40,50	-4,05	-14,18	-26,33
Sonstige verbr. Spez. Teile (2%)	-16,20	-1,62	-5,67	-10,53
Entfallende Komponenten	-324,00	-32,40	-113,40	-210,60
Traktionsbatterie (60kWh)	432,00	43,20	151,20	280,80
Motor mit einfachem Getriebe	86,40	8,64	30,24	56,16
Leistungselektronik	54,00	5,40	18,90	35,10
Sonstige el. Spez. Teile	18,00	1,80	6,30	11,70
Zusätzliche Komponenten	590,40	59,04	206,64	383,76
<i>Zusätzliche Komponenten ohne Batterie</i>	<i>158,40</i>	<i>15,84</i>	<i>55,44</i>	<i>102,96</i>
Rohstoffbedarf	in Tonnen			
Stahl	-8.640.000	-864.000	-3.024.000	-5.616.000
Guss	-5.040.000	-504.000	-1.764.000	-3.276.000
Kupfer	3.600.000	360.000	1.260.000	2.340.000
Lithium	864.000	86.400	302.400	561.600
Grafit	2.736.000	273.600	957.600	1.778.400
Kobalt, Mangan, Nickel	ungewiss	ungewiss	ungewiss	ungewiss

* Alle Werte stammen aus der Studie „Einflüsse der Elektromobilität“, Pirl-Engineering und sind mit den hergeleiteten Stückzahlen aus Kapitel 3.1 kalkuliert.

Kapitel 3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten

3.2.1 Auswirkungen auf die Hauptkomponenten

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass durch rein elektrische Antriebe, unabhängig von den Marktanteilen, höhere Umsätze generiert werden können.

Geht man davon aus, dass das Wachstum überwiegend durch die Traktionsbatterie entsteht und sich vor allem auf die aktuellen Marktführer aus Asien verteilt, ist für die traditionellen Zulieferer tendenziell mit Umsatzrückgängen zu rechnen. Die weltweit größten 100 Zulieferer erwirtschafteten in 2016 einen Umsatz von ca. 838 Milliarden Euro.⁷ Diese Umsätze würden sich, je nach Anzahl rein elektrisch angetriebener Fahrzeuge reduzieren. Bei einer Marktdurchdringung von 10% würden durchschnittlich geringere Umsätze von ca. 2%, bei einer Durchdringung von 35% ca. 7% und bei 65% von ca. 13% anfallen.

3.2.2 Auswirkungen auf die Rohstoffe

Um die Rohstoffverschiebungen einzuordnen wird die gesamte Produktion der jeweiligen Materialien aus 2016 als Bezugspunkt betrachtet.

An Kupfer wurden weltweit insgesamt 20,1 Millionen Tonnen, Lithium 38.000 Tonnen, Graphit 1,15 Millionen Tonnen⁸, Crude Steel 1.627 Millionen Tonnen⁹ und Guss insgesamt 104 Millionen Tonnen produziert.¹⁰ Folgende Tabelle zeigt die durch Elektromobilität entstehenden prozentualen Anteile der sinkenden und steigenden Rohstoffbedarfe im Verhältnis zur Gesamtproduktion 2016 an.

Tabelle 4: Prozentuale Mehr- und Minderbedarfe an Rohstoffen

Prozentuale Mehr- und Minderbedarfe an Rohstoffen				
	Produktion 2016	10% BEVs	35% BEVs	65% BEVs
Rohstoffbedarf	in Tonnen			
Stahl	1.627.000.000	-0,1%	-0,2%	-0,3%
Guss	104.000.000	-0,5%	-1,7%	-3,2%
Kupfer	20.100.000	1,8%	6,3%	11,6%
Lithium	38.000	227,4%	795,8%	1477,9%
Grafit	1.150.000	23,8%	83,3%	154,6%
Kobalt, Mangan, Nickel	ungewiss			

⁷ Vgl. Berrylls Strategy Advisors (2016), online.

⁸ Vgl. U.S. Geological Survey (2018), S. 51 ff.

⁹ Vgl. World Steel Association (2017), S. 2.

¹⁰ Vgl. Global Casting Magazine (2018), online.

Kapitel 3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten

Es ist zu erkennen, dass durch die Rückgänge von Stahl und Guss, bezogen auf den gesamten Markt, mit eher vernachlässigbaren Effekten zu rechnen ist. Der steigende Bedarf an Kupfer führt zu erkennbar höheren Umsätzen. Eine Penetrationsrate von 35% würde beispielsweise zu einer zusätzlichen Fördermenge von ca. 1,26 Kilotonnen führen. Das entspricht in etwa der gesamten Jahresfördermenge von Glencore in 2016. Das Unternehmen produzierte ca. 1,29 Kilotonnen und war damit drittgrößter Kupferproduzenten der Welt.¹¹

Sollten sich die Materialzusammensetzungen der Batterie oder die Speichertechnologie per se nicht entscheidend verändern, wird der Bedarf an Grafit und insbesondere an Lithium stark ansteigen. Hier eröffnen sich deutliche Potenziale für neue Erschließungs- oder Produktionsprojekte.

¹¹ Vgl. Verlag Moderne Industrie GmbH (2017), online.

Kapitel 3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten
3.3 Verschiebungen abhängig vom Fahrzeugbestand

Tabelle 5 zeigt die Auswirkungen, die abhängig vom weltweiten Fahrzeugbestand sind. Die Spalte „Basis Fahrzeugbestand“ zeigt den fiktiven Wert, wenn 100% aller weltweit registrierten Fahrzeuge rein elektrisch angetrieben wären.

Tabelle 5: Berechnung Einflüsse des gesamten PKW Bestandes weltweit

Berechnung Einflüsse des gesamten PKW Bestandes weltweit*				
Thema	Basis Fahrzeugbestand	Anteil BEVs	Anteil BEVs	Anteil BEVs
	100% BEVs (1,3 Mrd.)	10%	35%	65%
Kraftstoffbedarf**	in Mio. Barrels			
Erdölverbrauch Barrels	-8.962	-896	-3.137	-5.825
Energiebedarf**	in TWh			
Strom	2.565	257	898	1.667
Infrastruktur	in Mrd. Euro			
Investitionen in Ladesäulen (einmalig)	798,00	79,80	279,30	518,70
Laufende Umsätze, Wartung (jährlich)	49,88	4,99	17,46	32,42
Ökobilanz Fahrzeug	in Kilotonnen CO₂			
Gesamt (bei Fahrzeugalter 10 Jahre)	-6.735.500	-673.550	-2.357.425	-4.378.075
Fahrzeugherstellung CO ₂ Äquivalente	3.230.000	323.000	1.130.500	2.099.500
Fahrzeugbetrieb CO ₂ **	-996.550	-99.655	-348.793	-647.758

* Alle Werte stammen aus der Studie „Einflüsse der Elektromobilität“, Pirl-Engineering und sind mit den hergeleiteten Stückzahlen aus Kapitel 2.1 und 3.1 kalkuliert.

** für ein Jahr mit angenommener Laufleistung von 15.000km

3.3.1 Bewertung Rohölverbrauch

Bezugspunkt für die Berechnung in Tabelle 6 ist der Gesamtrohölverbrauch aus 2017. Der durchschnittliche Tagesverbrauch von Erdöl lag bei 98 Millionen Barrels.¹² Im Jahr wurden also ungefähr 35.770 Millionen Barrels verbraucht.

Tabelle 6: Prozentuale Minderbedarfe an Rohöl

Prozentuale Minderbedarfe an Rohöl				
	Produktion 2017	10% BEVs	35% BEVs	65% BEVs
	in Mio. Barrels			
Rohöl	35.770	-2,5%	-8,8%	-16,3%

Bei 35% rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen würde das weniger benötigte Öl mehr als der halben jährlichen Fördermenge von den USA in 2017 ent-

¹² Vgl. BP (2018), S. 15.

Kapitel 3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten

sprechen. Mit ca. 5.840 Millionen Barrels waren sie vor Saudi Arabien (4.400 Millionen Barrels) größtes Förderland weltweit.¹³

3.3.2 Bewertung Stromverbrauch

Tabelle 7 zeigt den Zusatzbedarf an Strom für die rein elektrisch angetriebenen Fahrzeuge. Als Basis wurde die weltweite Elektrizitätsherstellung aus 2015 verwendet. Sie lag bei 24.255 TWh.¹⁴

Tabelle 7: Prozentuale Zusatzbedarfe an Strom

Prozentuale Zusatzbedarfe an Strom				
	Produktion 2015 (Welt)	10% BEVs	35% BEVs	65% BEVs
	in TWh			
Strom	24.255	1,1%	3,7%	6,9%

Zwischen 1974 und 2015 lagen die durchschnittlichen, jährlichen Wachstumsraten beispielsweise bei 3,4%. Der Zusatzbedarf an Strom für Elektromobilität ist im Verhältnis dazu überschaubar. Separat betrachtet, stellt er einen wirtschaftlich nicht zu vernachlässigend Betrag dar. Für einen Bestand von 35% BEVs, würden beispielsweise 38 große Atomkraftwerke benötigt um den Strom herzustellen. Palo Verde, das größte Atomkraftwerk in den USA, stellte 2017 eine Gesamtstrommenge von 32,34 TWh her.¹⁵

3.3.3 Bewertung Entwicklung der CO₂ Emissionen

Weltweit lagen die CO₂ Emissionen in 2016 bei ca. 36.300 MtCO₂ (36.300.000 kt).¹⁶

Tabelle 8: Prozentuale Einsparung an CO₂ Emissionen

Prozentuale Einsparung an CO ₂ Emissionen				
	Emissionen 2016 (Welt)	10% BEVs	35% BEVs	65% BEVs
	in Kilotonnen			
CO ₂ Emissionen	36.300.000	-1,9%	-6,5%	-12,1%

Bei 35 Prozent zugelassener Elektrofahrzeuge könnten mehr Emissionen eingespart werden als 2017 in ganz Indien durch die Verbrennung von Öl, Gas und Kohle ausgestoßen wurden. Die CO₂ Emissionen betragen ca. 2.344 Millionen

¹³ Vgl. U.S. Department of Energy (2017), online.

¹⁴ Vgl. International Energy Agency (2017), Key world energy statistics, S.30.

¹⁵ Vgl. U.S. Department of Energy (2017)

¹⁶ Vgl. Global Carbon Project (2017), online.

Kapitel 3 Auswirkungen bei verschiedenen Penetrationsraten

Tonnen. Indien war damit in 2017, hinter China und den USA, drittgrößter CO₂ Emittent.¹⁷

3.4 Verschiebungen qualitativ

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick bezüglich der nicht zahlenmäßig erfassten Auswirkungen und mögliche qualitative Verschiebungen.

Tabelle 9: Zusammenfassung qualitative Einflüsse weltweit

Zusammenfassung qualitative Einflüsse weltweit*					
Thema	Tendenz pro Fahrzeug		Anteil BEVs	Anteil BEVs	Anteil BEVs
	ICEV	BEV	10%	35%	65%
Herstellung Fahrzeug					
Fertigungskosten BEVs	höher	niedriger	☹	☹☹	☹☹☹
Spezifische Fixkosten für ICEVs	100%		111% von X	154% von X	286% von X
Aftersales					
Wartung, Reparatur & Teilehandel	100%	80%	-2%	-7%	-13%
Distribution					
Tankstellengeschäft	besser	schlechter	-	--	---
Gesellschaftliche Auswirkung					
Lebensqualität	schlechter	besser	☹	☹☹	☹☹☹
Autonomie der Fahrzeughalter	schlechter	besser	☹	☹☹	☹☹☹

* Alle Werte stammen aus der Studie „Einflüsse der Elektromobilität“, Pirl-Engineering und sind mit den hergeleiteten Stückzahlen aus Kapitel 2.1 und 3.1 bewertet.

Für die Herstellung von Elektrofahrzeugen fallen, wie bereits erwähnt, höhere Kosten für die Materialien an. Aufgrund eines deutlich geringeren Teileumfangs werden sich die Fertigungskosten aber reduzieren.

Geht man davon aus, dass durch einen höheren Anteil an Elektrofahrzeugen weniger Stückzahlen an Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gebaut werden, steigen hier die Belastungen durch beispielsweise geringer ausgelastete Produktionslinien oder durch Preisveränderungen bei Materialien und Komponenten durch geringere Abnahmemengen. Die Rückgänge im Aftersales scheinen aufgrund der veränderten Fahrzeugkomponenten deutlich auszufallen. Bisher scheint es noch keine Möglichkeit zu geben, durch die werthaltigen neuen Komponenten ausreichend Umsätze zu generieren.

¹⁷ Vgl. BP (2018), S49.

4 Resultierende Chancen und Risiken

Die Chancen und Risiken werden aus den identifizierten und bewerteten Auswirkungen abgeleitet. Positive Effekte sind überwiegend überall dort zu erwarten, wo neue Bedarfe entstehen. Negative Effekte werden sich überall dort ergeben, wo die Bedarfe zurückgehen. Folgende Darstellung zeigt eine Übersicht, welche Kernpunkte die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität prägen werden.

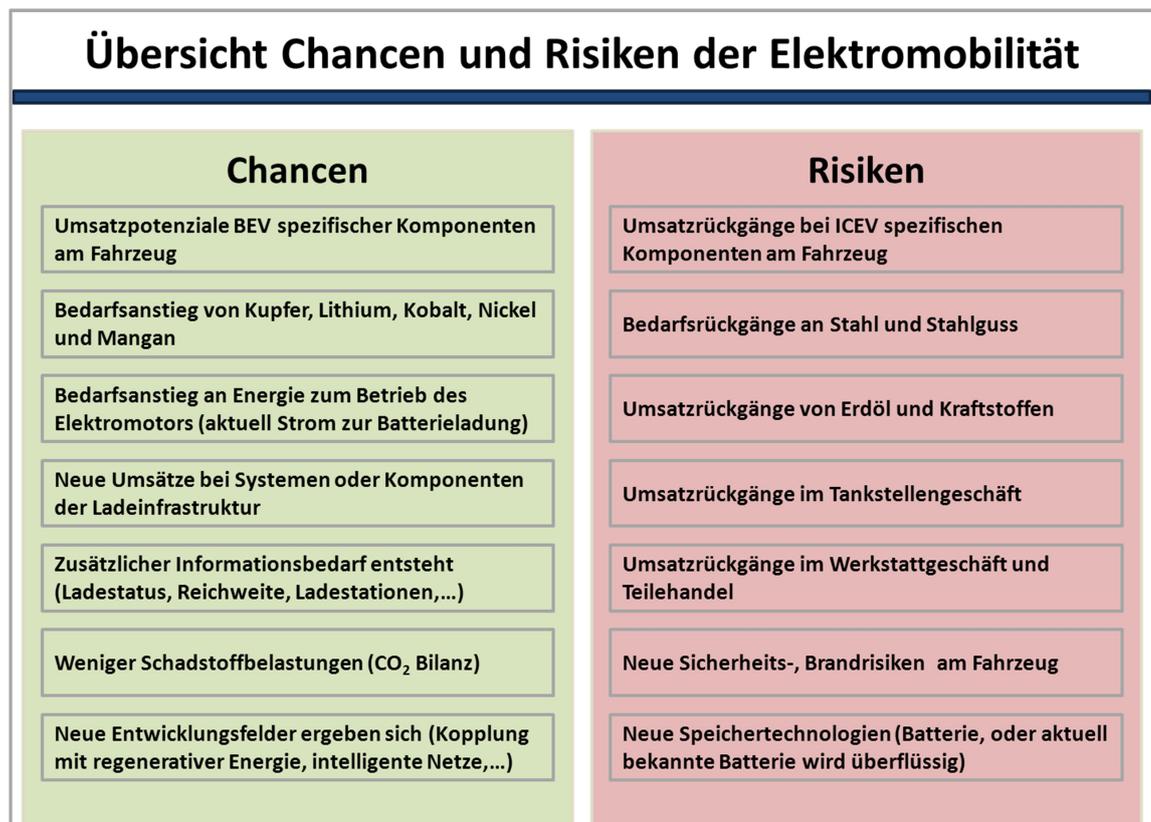


Abbildung 1: Übersicht Chancen und Risiken der Elektromobilität

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es für Unternehmen folgende Kernfrage geben wird. Schaffen sie es, an den zusätzlich entstehenden Umsätzen zu partizipieren oder zumindest die Umsatzrückgänge der weniger benötigten Produkte zu kompensieren. Die Gesamtanzahl der benötigten Komponenten für die Fahrzeugherstellung wird abnehmen, es entstehen aber neue Bedarfe und Einsatzgebiete insbesondere im Bereich der Energieversorgung (Speicherung, Ladung, Erzeugung). Die aktuelle Marktsituation deutet darauf hin, dass das Risiko für die bisherigen Zulieferer relativ hoch ist, mit ihrem Produkt-

Kapitel 4 Resultierende Chancen und Risiken

portfolio keine zusätzlichen Umsätze zu generieren. Für führende Batterieproduzenten stehen die Chancen, je nach benötigten Stückzahlen, sehr gut, ihre Umsätze zu erhöhen und auch ihre Marktmacht auszubauen.

Für Automobilhersteller besteht das Risiko, dass sie bei der Eigenfertigung oder dem Fremdbezug der neuen Komponenten keinen wettbewerbsfähigen Preis für ihr Fahrzeug anbieten können. Es besteht aber auch die Chance, dass sich durch die neuen Komponenten und entsprechend neue Fahrzeugkonzepte, die Gewinnmarge erhöhen lässt. Das ist vor allem in den kommenden Jahren denkbar, wenn sich durch Lern- und Stückzahleffekte die Kosten deutlich senken lassen und der Fahrzeugpreis, gemäß üblichen Marktmechanismen, tendenziell eher ansteigt.

Im Aftersales werden Leistungen, wie beispielsweise Ölwechsel oder Abgasuntersuchungen, zurückgehen. Mit steigender Marktdurchdringung von Elektromobilität bietet sich die Chance, zusätzliche Serviceleistungen rund um den elektrischen Antrieb zu entwickeln.

Der Wandel von der Energieversorgung führt zu neuen Informationsbedarfen und stellt bestehende Geschäftsmodelle vor Herausforderungen. So verliert beispielsweise die traditionelle Kraftstoffversorgung an Bedeutung. Für zukünftige Stromtankstellen kann dieses Konzept nicht übernommen werden.

Zum einen führen die veränderten technischen Unterschiede, beim Ladevorgang und vor allem bei Abrechnung und Messung, zu neuen Verhaltensmustern. Zum anderen wird die Möglichkeit, sein Fahrzeug auch privat laden zu können, ein zu berücksichtigendes Risiko sein. Diese zusätzliche Konkurrenz gab es bisher in dieser Form bei der Kraftstoffversorgung noch nicht.

Kapitel 4 Resultierende Chancen und Risiken

Die folgende Darstellung gibt einen Überblick, welche Interessengruppen tendenziell negativ oder positiv von Elektromobilität beeinflusst werden.

Wie die Kalkulationen für die verschiedenen Penetrationsraten von rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen gezeigt haben, ist das jeweilige Ausmaß auf beiden Seiten stark vom spezifischen Marktanteil abhängig. Ein hoher Anteil Elektromobilität verstärkt sowohl die positiven als auch die negativen Effekte. So erhöhen sich auch analog die entsprechenden Chancen und Risiken.



Abbildung 2: Übersicht Auswirkungen auf die Interessengruppen

Quellenverzeichnis

- Adolf, J. / Balzer, C / Haase, F. / Lenz, B. / Lischke, A. / Knitschky, G. (2016): Shell Nutzfahrzeug-Studie – Diesel oder alternative Antriebe – Womit fahren LKW und Bus morgen? Fakten, Trends und Perspektiven bis 2040, Shell Deutschland Oil GmbH, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.
- Adolf, J. / Balzer, C. / Joedicke, A. /Schabla, U. / Wilbrand, K. / Rommerskirchen, S. / Anders, N. / Auf der Maur, A. / Ehrentraut, O. / Krämer, L. / Straßbur, S. (2014): Shell PKW-Szenarien bis 2040 Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität, Shell Deutschland Oil GmbH, Prognos AG.
- Albemarle Corporation (2017): Annual Report 2017, Charlotte.
- Almeida, A. / Bertoldi, P. / Leonhard, W. (1997): Energy Efficiency Improvements in Electric Motors and Drives, Berlin / Heidelberg / New York / Barcelona / Budapest / Hong Kong / London / Milan / Paris / Santa Clara / Singapore / Tokyo.
- Angerer, G. / Marscheider-Weidemann, F. / Lüllmann, A. / Erdmann, L. / Scharp, M. / Handke, V. / Marwede, M. (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage, Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie Referat III A 5 - Mineralische Rohstoffe I D 4 - 02 08 15 - 28/07.
- Anker, S. (2013): Das Geheimnis der Gewinnspanne beim Autokauf, in: Welt (02.06.2013), unter: <<https://www.welt.de/motor/article116695390/Das-Geheimnis-der-Gewinnspanne-beim-Autokauf.html>> (abgerufen 29.06.2018).
- Attias, D. (2017): The Automobile Revolution – Towards a new Electro-Mobility Paradigm, Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec Université Paris-Saclay, Chatenay-Malabry.

Quellenverzeichnis

- Autohaus24 (2016): Kraftstoffverbrauch im Überblick: Welche sind die sparsamsten Neuwagen 2016? (Februar 2016), unter: <<https://www.autohaus24.de/ratgeber/kraftstoffverbrauch-im-ueberblick-welche-sind-die-sparsamsten-neuwagen-2016>> (abgerufen 30.06.2018).
- Automobilwoche (2016): Experten-Studie: E-Autos werden auch 2025 kein Schnäppchen sein (29. November 2016), unter: <<https://www.automobilwoche.de/article/20161129/NACHRICHTEN/161129898/expertenstudie-e-autos-werden-auch--kein-schnaepchen-sein>> (abgerufen 28.06.2018).
- AutoScout24 GmbH (2017): Typischer Aufbau und Funktionsweise eines Elektroautos, unter: <<http://www.autoscout24.de/themen/elektroauto/technik/aufbau-und-funktionsweise/>> (abgerufen 15.06.2018).
- Backhaus, O. / Döther, H. / Heupel, T. (2011): Elektroauto - Milliardengrab oder Erfolgsstory? Entstehungsgeschichte, Marktanalyse 2010 und Zukunftspotenziale der Elektromobilität, Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement, Schriftenreihe Logistikforschung, No. 19.
- Basshuysen R. / Schäfer F. (2017): Handbuch Verbrennungsmotor Grundlagen Komponenten Systeme Perspektiven, 8. Auflage, Bad Wimpfen / Hamm.
- Berylls Strategy Advisors (2016): Die Top 100 Zulieferer, unter:< www.berylls.com/wp-content/uploads/2018/01/20171219_Studie_Top_100.pdf> (abgerufen 29.06.2018).
- BHP Billiton Limited (2017): Annual Report 2017, Melbourne.
- Bloomberg New Energy Finance (2017): Lithium-ion Battery Costs and Market, unter: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwiJ7bP3hfnbAhWDCOWKHdUZDVkQFghiMAQ&url=https%3A%2F%2Fdata.bloomberglp.com%2Fbnef%2Fsites%2F14%2F2017%2F07%2FBNEF-Lithium-ion-battery-costs-and-market.pdf&usg=AOvVaw1WFOS28jgXXrhBzIPB2gDN>> (abgerufen 30.06.2018).
- BMW: Kraftstoff-/Stromverbrauch und CO2-Emissionen, unter: <https://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/bmw-i/i3/2017/auf-einen-blick.html> (abgerufen 30.06.2018).

Quellenverzeichnis

BP (2018): BP Statistical Review of World Energy, 67th Edition.

Bratzel, S. / Tellermann, R. / Hauke N. (2016): Automotive Innovations 2016, Die Innovationen der globalen Automobilkonzerne, Center of Automotive Management, Fachhochschule der Wirtschaft in Bergisch Gladbach.

Bundesministerium der Finanzen (2016): Kassenmäßige Steuereinnahmen nach Steuerarten in den Kalenderjahren 2010 – 2016, unter: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjOpcntlfvbAhXkMewKHWtUCrUQFggvMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.bundesfinanzministerium.de%2FContent%2FDE%2FStandardartikel%2FThemen%2FSteuern%2FSteuerschaetzungen_und_Steuereinnahmen%2F2017-05-05-steuereinnahmen-nach-steuerarten-2010-2016.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D5&usg=AOvVaw2uQQojQpLkKosqYszliJQ3> (abgerufen 30.06.2018).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Ergebnispapier Strom 2030. Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre, Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Elektromobilität in Deutschland, unter: <<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html>> (abgerufen 27.06.2018).

Bundesnetzagentur (2017): Flexibilität im Stromversorgungssystem. Bestandsaufnahme, Hemmnisse und Ansätze zur verbesserten Erschließung von Flexibilität, Diskussionspapier.

Bürgel, J. / Juroszek, T. (2017): Schlaglichter der Wirtschaftspolitik, Monatsbericht 06-2017, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Referat: Umweltinnovationen, Elektromobilität.

Center of Automotive Management (2018): E-Mobilität: Absatztrends in wichtigen globalen Automobilmärkten. Jahresbilanz 2017, unter: <http://autoinstitut.de/pm_studien.htm> (abgerufen 27.06.2018).

Commerzbank (2015): Autozulieferer Branchenbericht – Corporate Sector Report.

Quellenverzeichnis

- Das Elektroauto Journal (2016): Komponenten eines Elektroautos, unter: <https://e-auto-journal.de/komponenten-elektroautos/> (abgerufen 17.06.2018).
- Dekra e. V.: CO2 spielt eine entscheidende Rolle, unter: <https://www.dekra.de/de-de/umwelt-und-co2/> (abgerufen 30.06.2018).
- Deutsche Automobil Treuhand GmbH (2016): DAT Report 2016.
- Deutsche Bundesbank (2018): Devisenkursstatistik, Stand vom 12.2.2018, Euro-Referenzkurse der Europäischen Zentralbank Jahresendstände und -durchschnitte.
- DIN EN 228 (2017): Kraftstoffe - Unverbleite Ottokraftstoffe - Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 228:2012+A1:2017, Ausgabe 2017-08.
- DIN EN 590 (2017): Kraftstoffe - Dieseldieselkraftstoff - Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 590:2013+A1:2017.
- Dudenhöffer, F. (2016): Weltautomarkt wächst 2017 auf 85 Millionen Verkäufe (13.12.2016), in: Absatzwirtschaft, unter: <http://www.absatzwirtschaft.de/weltautomarkt-waechst-2017-auf-85-millionen-verkaeufe-94885/> (abgerufen 30.06.2018).
- Edwards, R. / Larive, J. F. / Rickard, D. / Weindorf, W. (2014): Well to Wheels Analyses of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, Technical Report by the Joint Research Centre of the European Commission, Luxembourg.
- Ellenbeck, S. / Schmidt, P.: Deutschland produziert zu viel Strom, in: Zeit online (2. September 2013), unter: <https://www.zeit.de/wirtschaft/2013-09/stromproduktion-deutschland-ueberschuss-energiewende> (abgerufen 29.06.2018).
- e-mobil BW GmbH (2011): Strukturstudie BWe mobil 2011, Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität, Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden Württemberg GmbH.
- e-mobil BW GmbH, (2010): Systemanalyse BWe mobil. IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg, Frau-

Quellenverzeichnis

-
- enhofer IAO, Baden Württemberg Wirtschaftsministerium, e-mobile BW GmbH.
- e-mobil BW GmbH, (2013): Entwicklung der Beschäftigung im After Sales.
- Enderlein H. / Krause S. / Spanner-Ulmer B. (2012): Elektromobilität – Abschätzung arbeitswissenschaftlich relevanter Veränderungen, Technische Universität Dresden, Dortmund/Berlin/Dresden.
- European Automobile Manufacturers Association: Average Vehicle Age, unter: <<https://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age>> (abgerufen 30.06.2018).
- European Environment Agency (2016): Electric vehicles in Europe, EEA Report 20/2016, Kopenhagen.
- Falck, O. / Ebnet, M. / Koenen, J. / Dieler, J. / Wackerbauer, J. (2017): ifo Studie - Auswirkungen eines Zulassungsverbots für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor, ifo Zentrum für Industrieökonomik und neue Technologien, ifo Zentrum für Energie, Klima und erschöpfbare Ressourcen, München.
- Fetene, G. M. / Prato, C. G. / Kaplan, S. / Mabit, S. L. / Jensen, A. F. (2016): Harnessing Big-Data for Estimating the Energy Consumption and Driving Range of Electric Vehicles, Paper presented at Transportation Research Board (TRB) 95th Annual Meeting, Washington, D.C.
- Figenbaum, E. / Kolbenstvedt, M. (2013): Electromobility in Norway - experiences and opportunities with Electric vehicles, Institute of Transport Economics, Oslo.

Quellenverzeichnis

- Frahm, C. / Pander, J. (2017): Ladestationen für Elektroautos: Zapfsäulen zu Steckdosen (21.01.2017), in: Zeit online, unter: <<https://www.zeit.de/2017/02/ladestationen-elektroautos-ladenetz-dauer-fragen>> (abgerufen 30.06.2018).
- Frankel, D. / Wagner, A. (2017): Battery storage: The next disruptive technology in the power sector, in: McKinsey.com (06/2017), unter: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/battery-storage-the-next-disruptive-technology-in-the-power-sector>> (abgerufen 29.06.2018).
- Fries, M. / Kerler, M. / Rohr, S. / Schickram, S. / Sinning, S. / Lienkamp, M. / Kochhan, R. / Fuchs, S. / Reuter, B. / Burda, P. / Matz, M. (2017): An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels, Greenhouse Gas Emissions and Total Cost of Ownership Update 2017, Institute of Automotive Technology, Technische Universität München, TUM CREATE Limited, Garching / Singapore.
- Gabler Wirtschaftslexikon, Definition Kraftfahrzeug, unter: <<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kraftfahrzeug-kfz-38005#definition>> (abgerufen 27.06.2018).
- Gebhardt, M., autoscout24, (2015): Unser Auto von morgen 2015. Einschätzungen, Wünsche und Visionen.
- Global Carbon Project (2017): Carbon budget and trends 2017, unter: <<http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/17/highlights.htm>> (abgerufen 01.07.2018).
- Global Casting Magazine (2018): Global Casting Production Growth Stalls (04.05.2018), unter: <<https://www.globalcastingmagazine.com/index.php/2018/05/04/global-casting-production-growth-stalls/>> (abgerufen 01.07.2018).
- Götze, U. / Rehme, M. (2011): Elektromobilität – Herausforderungen und Lösungsansätze aus wirtschaftlicher Sicht, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Chemnitz, Chemnitz.
- Helms, H. / Jöhrens, J. / Kämper, C. / Giegrich, J. / Liebich, A. / Vogt, R. / Lambrecht, U. (2014): Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umwelt-

Quellenverzeichnis

bilanz von Elektrofahrzeugen, Texte 27/2016 Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg.

Horváth AG (2017): Studie: Preise für E-Autos stagnieren - trotz rasant fallender Batteriekosten, in: Horváth AG, Aktuelle Pressemitteilungen (03.07.2017), unter: <<https://www.horvath-partners.com/es/presse/aktuell/detail/date/2017/07/03/studie-preise-fuer-e-autos-stagnieren-trotz-rasant-fallender-batteriekosten/>> (abgerufen 30.06.2018).

Institut für Automobilwirtschaft, zitiert nach Statista (2014): Zusammensetzung des Preises eines Neuwagens in Deutschland (Stand: 2014; anhand des Netto-Listenpreises), unter: <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/387632/umfrage/zusammensetzung-des-neuwagenpreises-in-deutschland/>> (abgerufen 30.06.2018).

International Energy Agency (2017): Electricity Information Overview (2017 edition).

International Energy Agency (2017): Global EV Outlook 2017. Two million and counting.

International Energy Agency (2017): Key world energy statistics.

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (2015): Vehicles in use, unter: <<http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>> (abgerufen 02.07.2018).

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (2015): Vehicles in use - By country and type 2005-2015 – Passenger Cars, unter: <<http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>> (abgerufen 27.06.2018).

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (2016): 2016 Production Statistics, unter: <<http://www.oica.net/category/production-statistics/2016-statistics/>> (abgerufen 01.07.2018).

Jerram, L. / Gartner J. (2016): Navigant Research Leaderboard Report: EV Charging Network Companies Assessment of Strategy and Execution

Quellenverzeichnis

-
- for 12 Companies Offering Public Charging Networks and EV Charging Services.
- Kampker, A. (2014): Elektromobilproduktion. Lehrstuhl für Produktionsmanagement, RWTH Aachen University, Aachen.
- Kley, F. (2011): Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge – Entwicklung und Bewertung einer Ausbaustrategie auf Basis des Fahrverhaltens. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Stuttgart.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2017): Jahresbilanz der Neuzulassungen 2017, unter: <https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/neuzulassungen_node.html> (abgerufen 27.06.2018).
- Kraftfahrt-Bundesamt (2018): Bestand am 1. Januar 2018 nach Fahrzeugalter, unter: <https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugalter/fahrzeugalter_node.html> (abgerufen 30.06.2018).
- Krcal, H.-C. (2007): Strategische Implikationen einer geringen Fertigungstiefe für die Automobilindustrie, University of Heidelberg, Discussion Paper Series No. 456.
- Kurzweil, P. (2015): Chemie: Grundlagen, Aufbauwissen, Anwendungen und Experimente, 10. Auflage. Wiesbaden.
- Lambert, F. (2016): Breakdown of raw materials in Tesla's batteries and possible bottlenecks, in: Elektrek (01.11.2016), unter: <<https://electrek.co/2016/11/01/breakdown-raw-materials-tesla-batteries-possible-bottle-neck/>> (abgerufen 30.06.2018).
- Le Bret, C., (2016): Power electronics for EV/HEV 2016: market, innovations and trends, Yole Développement.
- Lienkamp, M. (2016): Status Elektromobilität 2016 oder wie Tesla nicht gewinnen wird, Technische Universität München.
- Lorentzen, E. / Haugneland, P. / Bu, C. / Hauge, E. (2017): Charging infrastructure experiences in Norway - the worlds most advanced EV market, EVS30 Symposium Stuttgart.
- Mahle GmbH (2017): Geschäftsbericht 2017 Zukunft vorausdenken, Stuttgart.

Quellenverzeichnis

-
- Marscheider-Weidemann, F. / Langkau, S. / Hummen, T. / Erdmann, L. / Terce-ro Espinoza, L. / Angerer, G. / Marwede, M. / Benecke, S. (2016): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. – DERA Rohstoffinformationen 28, Berlin.
- McKinsey&Company / Bloomberg New Energy Finance (2016): An Integrated Perspective on the Future of Mobility.
- McKinsey&Company, (2012): The Future of the North American Supplier Industry: Evolution of Component Costs, Penetration, and Value Creation Potential Through 2020.
- McKinsey&Company, (2016): Automotive revolution – perspective towards 2030.
- Mechnisch M. (2012): Elektroautos, einst technische Avantgarde: Als die Stromer laufen lernten, in: Der Tagesspiegel online (26.03.2012), unter: <<https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/emobility/elektroautos-einst-technische-avantgarde-als-die-stromer-laufen-lernten/6372586.html>> (abgerufen 27.06.2018).
- Mertschenk, G. (2017): Costa Rica erzeugt erneut über 98 Prozent saubere Energie, in: Amerika 21 (21.01.2017), unter: <<https://amerika21.de/2017/01/168350/costa-rica-saubere-energie>> (abgerufen 29.06.2018).
- Nationale Plattform Elektromobilität (2012): Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht).
- Nationale Plattform Elektromobilität (2015): Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland, Publikation AG 2 – Batterietechnologie und UAG 2.2 – Zell- und Batterieproduktion der Nationalen Plattform Elektromobilität.
- Nationale Plattform Elektromobilität (2016): Arbeitsplatzeffekte einer umfassenden Förderung der Elektromobilität in Deutschland, AG 6 – Rahmenbedingungen.
- NYC Taxi & Limousine Commission (2013): Take Charge: A Roadmap to Electric New York City Taxis, Mayor’s Long-Term Electric Taxi Task Force.

Quellenverzeichnis

- Öko-Institut (2017): Strategien für die nachhaltige Rohstoffversorgung der Elektromobilität. Synthesepapier zum Rohstoffbedarf für Batterien und Brennstoffzellen, Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende.
- Peters, A. / Doll, C. / Kley, F. / Möckel, M. / Plötz, P. / Sauer, A. / Schade, W. / Thielmann, A. / Wietschel, M. / Zanker, C. (2012): Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt, Innovationsreport, Arbeitsbericht Nr. 153, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Pischinger, S. / Seiffert, U., (2016): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 8. Auflage, RWTH Aachen University, WiTech Engineering GmbH, Aachen / Braunschweig.
- Pötscher, F. / Winter, R. / Pölz, W. / Lichtblau, G. / Kutschera, U. / Schreiber, H. (2014): Ökobilanz alternativer Antriebe – Elektrofahrzeuge im Vergleich, Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- Propfe B. (2015): Marktpotentiale elektrifizierter Fahrzeugkonzepte unter Berücksichtigung von technischen, politischen und ökonomischen Randbedingungen, Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik der Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Rey, L. (2012): Chancen und Risiken der Elektromobilität für die Schweiz. Szenarien zu ökologischen und ökonomischen Auswirkungen, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS.
- Rio Tinto (2017): 2017 Annual Report.

Quellenverzeichnis

- Roland Berger (2015): Diesel controversy –Temporary shock or paradigm shift in powertrain? Impact of the diesel controversy on OEMs and suppliers, unter: <https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_diesel_controversy_1.pdf> (abgerufen 30.06.2018).
- Schäuble, J. / Jochem, P. / Fichtner, W. (2015): Cross-border Mobility for Electric Vehicles. Selected results from one of the first cross-border field tests in Europe, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Schaufenster Elektromobilität (2015): Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität. Fortschrittsbericht 2015, Ergebnispapier der Begleit- und Wirkungsforschung, Eine Initiative der Bundesregierung.
- Schaufenster Elektromobilität (2017): Abschlussbericht der Begleit- und Wirkungsforschung 2017, Eine Initiative der Bundesregierung.
- Schlick T. / Hertel G. / Hagemann B. / Maiser E. / Kramer M. (2011): Studie Zukunftsfeld Elektromobilität Chancen und Herausforderungen für den deutschen Maschinen und Anlagenbau, Roland Berger Strategy Consultants, VDMA.
- Schreiner, K. (2017): Verbrennungsmotor – Kurz und Bündig, Fakultät Maschinenbau, HTWG Konstanz, Konstanz.
- Shell Deutschland Oil GmbH (2014): PKW-Szenarien bis 2040 Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität, 26. Ausgabe der Shell Pkw-Studie, Hamburg.
- Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (2017): Annual Report 2017, Santiago.
- Spath, D. / Bauer, W. / Voigt, S. / Borrmann, D. / Herrmann, F. / Brand, M. / Rally, P. / Rothfuss, F. / Sachs, C. / Friedrich, H.E. / Frieske, B. / Propfe, B. / Redelbach, M. / Schmid, S. / Dispan J. (2012): Elektromobilität und Beschäftigung. Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB), Studienergebnisse, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – Institut für Fahrzeugkonzepte (DLR-FK), IMU Institut, Stuttgart.

Quellenverzeichnis

- Stahlecker, T. / Lay, G. / Zanker, C. (2011): Elektromobilität: Zulieferer für den Strukturwandel gerüstet? Status quo und Handlungsempfehlungen für den Automobilstandort Metropolregion Stuttgart, Industrie- und Handelskammer Stuttgart.
- Stromvergleich: Der deutsche Strommix: Stromerzeugung in Deutschland, Strommix 2016, unter: <<https://1-stromvergleich.com/strom-report/strom-mix/#strommix-2017-deutschland>> (abgerufen 30.06.2018).
- Tesla, in: Tesla steht für eine Mission: Die Beschleunigung des Übergangs zu nachhaltiger Energie, unter: <https://www.tesla.com/de_DE/about> (abgerufen 27.06.2018).
- Thomson Reuters (2016): Age of vehicles on U.S. roads rises to 11.6 years: IHS Markit (22.11.2016), unter: <<https://www.reuters.com/article/us-usa-autos-age/age-of-vehicles-on-u-s-roads-rises-to-11-6-years-ihm-markit-idUSKBN13H1M7>> (abgerufen 30.06.2018).
- U.S. Department of Energy, Energy Information Administration (2017): Monthly Nuclear Utility Generation (MWh) by State and Reactor, 2017 December, EIA-923 and EIA-860 Reports.
- U.S. Department of Energy, Energy Information Administration (2016): Carbon Dioxide Emissions Coefficients (02.02.2016), unter: <https://www.eia.gov/environment/emissions/co2_vol_mass.php> (abgerufen 30.06.2018).
- U.S. Department of Energy, Energy Information Administration (2017): Total Petroleum and Other Liquids Production – 2017, unter: <<https://www.eia.gov/beta/international/?view=production>> (abgerufen 01.07.2018).
- U.S. Geological Survey (2018): Mineral commodity summaries 2018, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Reston.
- Umweltbundesamt (2017): Treibhausgas-Emissionen in Deutschland (20.03.2017), unter: <<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1>> (abgerufen 01.07.2018).

Quellenverzeichnis

- Umweltbundesamt (2018): CO2-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter, unter: <<https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-sinken>> (abgerufen 30.06.2018).
- Vale (2017): Fact Sheet. One of the largest mining companies in the world, unter: <http://www.vale.com/PT/investors/company/fact-sheet/Documents/factsheet_i.pdf> (abgerufen 30.06.2018).
- Veltman A. / Pulle D. / Doncker R. (2016): Fundamentals of Electrical Drives, Second Edition, Culemborg / Milperra / Aachen.
- Verband der Automobilindustrie (2018): Automobilproduktion: Zahlen zur Automobilproduktion im In- und Ausland (29.03.2018), unter: <<https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html>> (abgerufen 30.06.2018).
- Verband der Automobilindustrie, (2016): Jahresbericht 2016, Die Automobilindustrie in Daten und Fakten.
- Verein Freier Ersatzteilemarkt e.V.: Autolexikon, unter: <<https://www.mein-autolexikon.de/autolexikon.html>> (abgerufen 20.01.2018).
- Verlag Moderne Industrie GmbH (2017): Die 10 größten Kupferproduzenten der Welt (06.11.2017), in: Technik+Einkauf, unter: <<https://www.technik-einkauf.de/news/maerkte-unternehmen/die-10-groessten-kupferproduzenten-der-welt/>> (abgerufen 01.07.2018).
- Visiongain, 2015, Automotive Battery Electric Vehicle (BEV) Market Report 2015-2025.
- Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2007): CO2-Bilanzen und Netto-Energiebilanzen verschiedener Energieträger Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergie und erneuerbaren Energien im Vergleich, Fachbereich WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung, Ausarbeitung WD 8 - 056/2007.
- World Steel Association (2017): Steel Statistical Yearbook 2017.

Quellenverzeichnis

-
- Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung (2018): Systemanalyse. Zahl der Elektroautos steigt weltweit von zwei auf über drei Millionen, unter: <<https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/zahl-der-elektroautos-steigt-weltweit-von-zwei-auf-ueber-drei-millionen.html>> (abgerufen 27.06.2018).
- Zetsche, D., in: Mercedes-Benz Elektroauto "Concept EQ". Mobilität neu gedacht, unter: <<https://www.daimler.com/innovation/specials/elektromobilitaet/concept-eq.html>> (abgerufen 27.06.2018).
- ZF (2016): Drive – The ZF magazine, 01.2016, Switched on - E-power special.
- ZF (2017): „Für Achshybride oder reine E-Fahrzeuge: ZF integriert leistungsstarken elektrischen Antrieb direkt in innovative Hinterachse“, in: ZF Press Center (22.06.2017), unter: <https://press.zf.com/site/press/de_de/microsites/press/list/release/release_33659.html> (abgerufen 27.06.2018).