

Automobil

Veränderungen der bayerischen Automobilindustrie durch automobile Megatrends

Studie

Stand: September 2018

Eine vbw / bayme vbm Studie,
erstellt von IW Consult GmbH und Fraunhofer IAO

Die bayerischen Arbeitgeberverbände

vbw

bayme
vbm



Hinweis

Zitate aus dieser Publikation sind unter Angabe der Quelle zulässig.



Vorwort

Chancen im Wandel nutzen.

Die Automobilindustrie befindet sich mitten in einem grundlegenden Veränderungsprozess, der verschiedene Ebenen betrifft: die Entwicklung emissionsärmerer Antriebssysteme, zunehmende Automatisierung und Vernetzung der Fahrzeuge sowie neue Nutzungskonzepte wie das Car Sharing. Jede dieser Herausforderungen für sich kann den heutigen Markt umkrempeln, und sie müssen alle gleichzeitig bewältigt werden.

Für den Standort Bayern ist es besonders wichtig, dass unsere Unternehmen diesen Wandel erfolgreich gestalten, weil die Automobilhersteller und die vielen Zulieferbetriebe einen wesentlichen Teil zu unserer heutigen wirtschaftlichen Stärke beitragen.

Erster Schritt ist immer eine Bestandsaufnahme. Mit unserer vorliegenden Studie wollen wir klären, welche Bedeutung die Automobilindustrie für den Standort tatsächlich hat, wenn man die Effekte umfassend betrachtet. Sie quantifiziert die Auswirkungen der automobilen Megatrends in den nächsten Jahren und analysiert insbesondere, wie die bayerischen Unternehmen für den Wandel aufgestellt sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass wir uns zwar nicht auf dem Erreichten ausruhen dürfen, aber mit Zuversicht in die Zukunft blicken können: Die bayerische Automobilindustrie hat im weltweiten Vergleich einen Strukturvorteil, den es allerdings zu nutzen gilt. Für unsere bayernischen Mitgliedsunternehmen bieten wir aufbauend auf den Ergebnissen weitere Services an, um sie bei den anstehenden Veränderungsprozessen zu unterstützen.

Entscheidend ist letztlich, dass die Rahmenbedingungen für unsere Leitindustrie stimmen: von einem innovationsfreundlichen Rechtsrahmen für autonomes Fahren über eine Förderung der Erforschung und Entwicklung von neuen Antriebstechnologien bis zum Verzicht auf eine überschießende Klimaschutzregulierung in Berlin und Brüssel. Damit kann die bayerische Automobilindustrie auch in Zukunft Wertschöpfung und Beschäftigung am Standort sichern.

Bertram Brossardt
25. September 2018



Inhalt

1	Executive Summary	1
2	Einleitung	6
3	Megatrends und Treiber des Strukturwandels in der Automobilindustrie	9
3.1	Dekarbonisierung	10
3.1.1	Fahrzeugelektrifizierung	11
3.1.2	Leichtbau und innovative Materialien	14
3.2	Digitalisierung	18
3.2.1	Fahrzeugautomatisierung	18
3.2.2	Fahrzeugvernetzung	21
3.3	Neue Mobilitätskonzepte	23
4	Szenario für die Entwicklung der Automobilindustrie bis 2030	28
4.1	Globale Fahrzeugmarktentwicklung	28
4.2	Diffusion der betrachteten automobilen Megatrends	29
4.2.1	Fahrzeugelektrifizierung	29
4.2.2	Fahrzeugautomatisierung	30
4.2.3	Fahrzeugvernetzung	32
5	Berechnung globaler Effekte der betrachteten automobilen Megatrends	33
5.1	Das Konzept zur Berechnung globaler Effekte	33
5.2	Ausgewählte Referenzfahrzeuge und betrachtete Systeme	34
5.3	Prognostiziertes Marktvolumen bis 2030 im Basisszenario für die Megatrends Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung	37
5.4	Prognostiziertes Marktvolumen bis 2030 in einem Alternativszenario mit Fokus auf Mobility as a Service (MaaS)	46
5.5	Prognostiziertes Marktvolumen bis 2030 in einem Alternativszenario mit Fokus auf Brennstoffzellenfahrzeugen	50
5.6	Exkurs: Effekte von Leichtbaustrategien in der globalen Automobilindustrie	53



6	Auto-Cluster Bayern	58
6.1	Branchensicht	58
6.2	Das Auto-Cluster nach der Produktsicht	59
6.3	Struktur des Auto-Clusters Bayern	65
6.4	Bedeutung im Wirtschaftskreislauf	70
7	Marktvolumen für Bayern im Status quo	77
7.1	Konzept und Datenbasis	77
7.2	Ergebnisse für das Basisjahr 2016	80
8	Berechnung bayernspezifischer Szenarien	86
8.1	Bayern wächst mit dem Markt	87
8.2	Bayern ist Vorreiter	99
8.3	Bayern bleibt stehen	102
8.4	Bayern verliert Marktanteile	104
8.5	Bayern im MaaS-Szenario	104
8.6	Szenarien im Überblick	107
9	Ergebnisse nach Unternehmenstypen	109
9.1	Blick in den Mittelstand	109
9.2	Sonstige Unternehmenstypen	113
10	Bewertungen und Schlussfolgerungen	115
10.1	Warum es auch anders laufen könnte	115
10.2	Was hilft Bayern?	118
10.3	Was bedroht Bayern?	120
10.4	Fazit	123
	Literaturverzeichnis	124



Abkürzungsverzeichnis	137
Ansprechpartner / Impressum	139



1 Executive Summary

Bayern gut gerüstet für den Wandel zum elektrifizierten und automatisierten Fahren

Die Automobilindustrie steht weltweit vor einem tiefgreifenden Strukturwandel. Die Anzahl der Elektrofahrzeuge wird dynamisch wachsen, und deren Marktanteil wird erheblich steigen. Ebenso werden die Automatisierungs- und Vernetzungsgrade der Fahrzeuge zunehmen. Die Richtung dieser Entwicklung ist unstrittig, offen bleiben die Intensität und das Tempo dieses Wandels. Deshalb entwickelt diese Studie Szenarien, die mögliche Entwicklungslinien beschreiben. Dabei sollen auf zwei Fragen Antworten gefunden werden: Wo geht die Reise hin, und was bedeutet das für den Automobilstandort Bayern?

Das Basisszenario beschreibt die wahrscheinlichste Entwicklung und basiert auf folgenden Annahmen und Eckpunkten:

- Weltweit wird die Produktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen von 90 Millionen Einheiten (2016) auf 116 Millionen Fahrzeuge (2030) ansteigen. Das ist eine im Vergleich zu früheren Prognosen vorsichtige Schätzung, weil insbesondere neue Mobilitätstrends (zum Beispiel Carsharing) berücksichtigt sind.
- Die Anzahl der neu zugelassenen Fahrzeuge mit einem reinen Verbrennungsantrieb wird von 86,9 Millionen (2016) auf 46,5 Millionen Einheiten (2030) fallen. Die Fahrzeuge mit Hybridantrieben steigen von 2,52 (2016) auf 45,3 Millionen (2030) Einheiten. Zum Ende des Szenario-Zeitraums sollen weltweit 24,4 Millionen batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge produziert werden – heute sind es nur 0,6 Millionen.
- Der Automatisierungsgrad soll sehr deutlich steigen. Es wird prognostiziert, dass im Jahr 2030 24 Prozent der Fahrzeuge hochautomatisiert und weitere 5 Prozent vollautomatisiert sein werden. Heute gibt es solche Fahrzeuge zwar in geringen Stückzahlen, ihre Funktionen können aber aufgrund von fehlenden Rechtsvorschriften im Straßenverkehr noch nicht vollständig eingesetzt werden. Im Jahr 2030 werden nahezu keine nicht vernetzten Fahrzeuge mehr hergestellt.

Fazit: Die Anzahl der produzierten Fahrzeuge mit Verbrennungsantrieben wird zwar zurückgehen, aber auch im Jahr 2030 mit einem Marktanteil von 40 Prozent immer noch ein fast doppelt so hohes Gewicht haben wie rein batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge (21 Prozent). Die restlichen 39 Prozent Marktanteile entfallen auf Fahrzeuge mit Hybridantrieben. Der konventionelle reine Verbrennungsantrieb steht also nicht vor dem Aus, sondern es wird eine sehr lange Anpassungszeit mit relativ hohen Marktanteilen geben.

Die Veränderungen der Fahrzeuge in Hinblick auf die Elektrifizierung der Antriebe, der Automatisierung und Vernetzung werden die Höhe und die Struktur der globalen Marktvolumen stark verändern. In einem Modell werden diese Marktvolumen errechnet, wobei nur

Executive Summary

diejenigen Systeme einbezogen werden, die sich durch die Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung direkt ändern. Das umfasst bezogen auf die heutigen globalen Marktvolumen im weltweiten Durchschnitt rund 31 Prozent der gesamten Herstellkosten von Fahrzeugen:

- Weltweit werden die Marktvolumen dieser direkt betroffenen Systeme von 592 Milliarden Euro (2016) auf 1.170 Milliarden Euro steigen. Bei den nicht direkt betroffenen Komponenten kann mit einem Zuwachs von 1.300 Milliarden Euro auf 1.678 Milliarden Euro gerechnet werden.
- Im Bereich der konventionellen Verbrennungsantriebe wird mit einem Rückgang der Marktvolumen von 488 Milliarden Euro (2016) auf 337 Milliarden Euro (2030) gerechnet. Besonders hohe Einbußen sind in den Bereichen Motoren und Getriebe zu erwarten.
- Für Hybridantriebe wird ein Wachstum von 22 Milliarden Euro (2016) auf 313 Milliarden Euro (2030) erwartet. Davon entfallen 2030 rund 111 Milliarden auf Verbrennungsmotoren einschließlich der Kraftstoffsysteme. Auch das zeigt, dass mit einem Ende von Verbrennungsmotoren innerhalb des Prognosezeitraums nicht zu rechnen ist.
- Die Marktvolumen bei den reinen Elektroantrieben werden von knapp 8 Milliarden Euro (2016) auf 197 Milliarden Euro steigen. Der größte Anteil dieses Anstiegs entfällt auf die Traktionsbatterie.
- Der Markt für Automatisierungstechnologien wächst von 38 Milliarden Euro (2016) auf 190 Milliarden Euro. Im Bereich der Fahrzeugvernetzung ist mit einem Zuwachs von 37 Milliarden Euro auf 133 Milliarden Euro zu rechnen.

Die Marktvolumen werden durch die Multiplikation der in den Szenarien ermittelten Stückzahlen an Referenzfahrzeugen mit den entsprechenden, ermittelten Durchschnittspreisen berechnet. Dabei handelt es sich um rechnerische Fahrzeugäquivalente, denn die Marktvolumen eines Systems können sich aus verschiedenen Zusammensetzungen der Komponenten ergeben. Im Extremfall können einzelne Produzenten alle Teile produzieren oder sich nur auf ein einziges spezialisieren.

Die wichtigste Ableitung ist, dass der bevorstehende tiefe Strukturwandel in der Automobilindustrie unter den günstigen Rahmenbedingungen wachsender Märkte bewältigt werden kann. Zwar gibt es eine massive Anteilsverschiebung, aber keine Einbußen bei den Marktvolumen. Die neuen Felder (Hybrid- und Elektroantriebe, Automatisierung und die Vernetzung) wachsen 2030 im Vergleich zu 2016 stärker, als die alten Marktfelder (konventioneller Verbrennungsmotor) schrumpfen.

In einem Alternativszenario „Mobility as a Service (MaaS)“ werden die Auswirkungen eines alternativen Mobilitätskonzepts durchgerechnet. Das Szenario geht davon aus, dass aufgrund des veränderten Mobilitätsverhaltens (zum Beispiel durch Carsharing) die Anzahl der weltweit produzierten Fahrzeuge 2030 auf dem Niveau von 2016 mit 90 Millionen verharrt. Gleichzeitig soll es 2030 eine Verschiebung hin zu hoch- oder vollautomatisierten Elektroautos geben, die Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren und niedrigeren Automatisierungsgraden verdrängen. So soll der Anteil der batterieelektrischen Fahrzeuge im Jahr 2030 nicht bei 21 Prozent wie im Basisszenario, sondern bei 35 Prozent liegen. In diesem

Executive Summary

Szenario liegen die globalen Marktvolumen bei den direkt betroffenen Systemen um 215 Milliarden Euro unter dem Niveau des Basisszenarios. Hinzu kommen weitere 378 Milliarden Euro an Einbußen bei den sonstigen nicht direkt betroffenen Systemen, die sich durch den Rückgang der im Jahr 2030 produzierten Fahrzeuge von 116 Millionen auf nur noch 90 Millionen Fahrzeuge ergeben. In einem weiteren Szenario wird die Brennstoffzelle als alternative Energiequelle für Elektroautos untersucht. Dieser Technologie werden aber zumindest bis 2030 keine großen Marktchancen eingeräumt. Der Marktanteil liegt selbst bei günstigen Umständen nur bei 2 Prozent.

Für Bayern ist dieser Strukturwandel in der Automobilindustrie sehr relevant:

- Auf die Unternehmen des Auto-Clusters Bayern entfällt 2016 ein Produktionswert von 125 Milliarden Euro. Das entspricht einem Anteil von 12,2 Prozent des gesamten bayerischen Produktionswerts. Damit ist eine nominale Bruttowertschöpfung von 40,3 Milliarden Euro verbunden, was einem Anteil von 7,9 Prozent in Bayern entspricht. Zu dem Cluster gehören 340.000 Arbeitsplätze (Anteil 4,5 Prozent).
- Unter Berücksichtigung von indirekten Kreislaufeffekten ist die Bedeutung des Auto-Clusters noch höher. 14 Prozent des bayerischen Produktionswerts, 8,2 Prozent der Wertschöpfung und 6,7 Prozent aller Arbeitsplätze hängen direkt oder indirekt am Auto.

Diese Bedeutung des Auto-Clusters hat in den letzten Jahren noch zugenommen und ist deutlich höher als im bundesweiten Durchschnitt. Bayern ist ein Auto-Land – deshalb ist eine Antwort auf die Frage hochrelevant, was die internationalen Trends für Bayern bedeuten. Dazu wurden in der Studie die Marktvolumen des bayerischen Auto-Clusters in den einzelnen Systemen empirisch bestimmt.

Bayern hat eine günstige Ausgangslage. Bayern ist in denjenigen Feldern stark, wo weltweit mit überdurchschnittlichem Wachstum zu rechnen ist (Elektro- und Hybridantriebe, Automatisierung und Vernetzung), und hat dort relativ niedrige Umsatzanteile, wo die Wachstumsaussichten weniger gut sind (konventionelle Antriebe). In Bayern entfallen 21,4 Prozent der Produktionswerte des Auto-Clusters auf konventionelle Antriebe – weltweit sind es 25,8 Prozent. 3,4 Prozent des Marktvolumens sind den Elektroantrieben zuzurechnen – global sind es nur 1,6 Prozent. Auf die Automatisierung entfallen 4 Prozent und auf die Vernetzung 4,4 Prozent der Volumen. Weltweit liegen die Vergleichswerte bei 2,0 Prozent beziehungsweise 1,9 Prozent. Bei einer detaillierteren Analyse der Struktur fallen allerdings auch Schwachpunkte im bayerischen Portfolio auf. Ein Beispiel dafür ist die Batterie, die im globalen Szenario im Startjahr 2016 einen Anteil am gesamten Marktvolumen von 0,6 Prozent hat – in Bayern liegt dieser Anteil bei nur 0,1 Prozent. Die Batterien sind aber innerhalb der Gruppe der betroffenen Systeme der Markt mit dem absolut höchsten Wachstum bis 2030.

Um die künftige Entwicklung des Strukturwandels abzubilden, wurden verschiedene Szenarien modelliert und anschließend die daraus resultierenden Effekte bis zum Jahr 2030 berechnet:

Executive Summary

- **Bayern wächst mit dem Markt:** In allen untersuchten Teilsystemen verändern sich die bayerischen Umsätze genau im Durchschnitt der globalen Trends. Das Auto-Cluster Bayern wächst in diesem Szenario pro Jahr um 5,0 Prozent – weltweit sind es nur 3,0 Prozent. Die Weltmarktanteile Bayerns bezogen auf die Marktvolumen steigen deshalb von 2,5 Prozent (2016) auf 3,3 Prozent (2030). 14,2 Prozent des Wachstums der Produktionswerte können also dem positiven Struktureffekt der günstigen Ausgangslage zugeordnet werden.
- **Bayern ist Vorreiter:** Bayern ändert bei gleichen Marktanteilen das Produktportfolio schneller als im weltweiten Durchschnitt. Im Jahr 2030 sollen keine Fahrzeuge mit konventionellem Verbrennungsantrieb mehr in Bayern produziert werden. Dafür sollen die Anteile der Fahrzeuge mit reinem batterieelektrischem Antrieb entsprechend steigen. Auch sollen die Anteile der hoch- oder vollautomatisierten Fahrzeuge (Level 4 und Level 5) gegenüber dem Basisszenario „Bayern wächst mit dem Markt“ stark ansteigen. In dieser Variante unterscheidet sich die Entwicklung der Marktvolumen im Bereich der Antriebe gegenüber dem Basisszenario kaum. Der Grund liegt darin, dass sich die Kosten für Verbrennungs- und Elektroantriebe stark angleichen werden. Das bedeutet, dass zumindest von der Kostenseite ein schnellerer Wandel hin zu Elektrofahrzeugen möglich ist. Anders sieht es bei der Automatisierung aus. Hier würde ein stärkerer Wandel hin zu hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen die Marktvolumen erhöhen. Insgesamt ist das Szenario „Bayern ist Vorreiter“ deshalb insgesamt positiv. Die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate der Marktvolumen für das Auto-Cluster Bayern liegt bei 5,5 Prozent und damit über dem Basisszenario.
- **Bayern bleibt stehen:** Bayern ändert die Verteilung der Umsätze des Startjahres 2016 in den Einzelsystemen im Bereich Antriebe und Vernetzung bis 2030 nicht – produziert also über den gesamten Prognosezeitraum mit einem Anteil von rund 90 Prozent Fahrzeuge oder Fahrzeugäquivalente mit reinem Verbrennungsantrieb. Die Marktanteile bleiben in diesem Szenario auf dem Stand von 2016, steigen also nicht wie im Basisszenario an. Die Ergebnisse zeigen, dass Nicht-Anpassung keine Option ist. Die kumulierten Produktionswerte liegen über den gesamten Prognosezeitraum um gut 14 Prozent unter dem Niveau des Basisszenarios. Das wirklich Bedrohliche des Szenarios wäre aber, dass die bayerische Automobilindustrie im Jahr 2030 keine zukunftsfähige Struktur mehr hätte.
- **Bayern im Mobility-as-a-Service-Szenario:** In diesem Szenario fällt ab 2020 die Weltautomobilproduktion aufgrund eines geänderten Mobilitätsverhaltens. Gleichzeitig steigt die Zahl der hoch- oder vollautomatisierten Elektrofahrzeuge. Bayern kann aufgrund seiner guten Ausgangsbasis von diesem Szenario profitieren. Die Marktanteile steigen. Allerdings liegen die von 2016 bis 2030 kumulierten Marktvolumen mit -9,1 Prozent deutlich unter denen des Basisszenarios.

Eine nach Größenklassen differenzierte Analyse der Zulieferer zeigt, dass sowohl kleine und mittlere Unternehmen (KMU) als auch größere Unternehmen in Bayern Startvorteile haben. Beide sind dort stark, wo überdurchschnittliches Wachstum erwartet wird. Bei den kleinen und mittleren Unternehmen wiegt der Struktureffekt sogar höher als bei größeren Unternehmen.



Executive Summary

Insgesamt kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass sich der automobiler Strukturwandel entlang eines dynamischen Wachstumspfad vollzieht und Bayern eine gute Startposition hat. Bei einer kritischen Würdigung des globalen Basisszenarios sind drei Punkte zu bedenken. (1) Die Nachfrage nach hochautomatisierten Elektrofahrzeugen in dem angenommenen Ausmaß ist noch lange nicht gesichert. (2) Die Rohstoffversorgung für die Herstellung von Batterien ist kritisch. (3) Die Automobilindustrie muss sich nach 2030 wahrscheinlich abermals einem grundlegenden Wandel stellen. Bis dahin könnten die Brennstoffzelle oder alternative Kraftstoffe eine deutlich wichtigere Rolle spielen. Bayern hat Standortvorteile, die die optimistische Prognose stützen. Dazu zählen eine hohe industrielle und technologische Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmen, die mehrheitlich mit zukünftig steigendem Wachstum rechnen. Kritisch zu bedenken ist aber, dass die bestehenden Wettbewerbsvorteile an Wert verlieren und diese in den neuen Märkten gegenüber neuen Konkurrenten erst erlangt werden. Dabei wird die Frage der internationalen Produktionsnetze und damit die Bedeutung der Auslandsproduktion neu gestellt. Für Bayern ist es essenziell, auch in Zukunft ein guter Produktionsstandort zu bleiben.

2 Einleitung

Fundierte Studiengrundlage durch modellbasierte Empirie

Die Automobilindustrie steht weltweit vor einem tiefgreifenden Strukturwandel. Es ist unstrittig, dass es Veränderungen hin zu

- elektrisch angetriebenen,
- automatisierten und
- vernetzten

Fahrzeugen geben wird. Es ist nur nicht klar, in welchem Ausmaß und in welchem Tempo sich dieser Wandel vollziehen wird. Diese Studie hat zwei Aufgaben:

- Abschätzung der Implikationen des Strukturwandels, der sich durch die Fahrzeugelektrifizierung, die Fahrzeugautomatisierung und Fahrzeugvernetzung ergeben wird. Dazu werden Szenarien bis 2030 entwickelt, da angesichts der Unsicherheiten ein Denken in möglichen Alternativen der beste Weg ist, einen Blick in die Zukunft zu werfen.
- Ableitung möglicher Folgen für das bayerische Auto-Cluster. Auch hier werden entsprechende Szenarien entwickelt.

Szenarien sind nur sinnvoll, wenn sie gut begründet sind und die Treiber möglicher Entwicklungen identifiziert werden können. In Kapitel 3 werden drei Megatrends (Dekarbonisierung, Digitalisierung, neue Mobilität) identifiziert und bewertet. Daraus leitet sich maßgeblich ab, wie sich die weltweite Produktion von Fahrzeugen voraussichtlich entwickeln wird. Dies ist eine wichtige Rahmenbedingung für die Ausformulierung von Szenarien. Diese Studie geht von einer Zunahme von 90 Millionen Fahrzeugen (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge) im Jahr 2016 auf 116 Millionen Einheiten (2030) aus. Die Abbildung 1 zeigt das Design und die Vorgehensweise:

- Zunächst werden Referenzfahrzeuge definiert, wie Fahrzeuge mit Blick auf die Antriebe, die Automatisierungs- und Vernetzungsgrade in der Zukunft aussehen könnten. Dabei werden insgesamt 18 Systeme unterschieden. Unberücksichtigt bleiben die Komponenten eines Fahrzeugs, die sich durch die Elektrifizierung, Automatisierung und Vernetzung nicht direkt verändern werden (Kapitel 4 und Kapitel 5).
- Danach wird ein globales Szenario entwickelt, wie sich der Strukturwandel vollziehen könnte. Dabei wird abgeschätzt, wie sich die Stückzahlen der Fahrzeuge differenziert nach Antriebsarten (Verbrennungsmotor, Hybridantriebe, Elektroantrieb) sowie Automatisierungs- und Vernetzungsgraden voraussichtlich entwickeln werden. Danach werden Preise und Preisentwicklungen für die Systeme der einzelnen Referenzfahrzeuge in einem Modell geschätzt. Auf dieser Basis können die Marktvolumen von 2016 bis 2030 ermittelt werden. Dieses Basisszenario wird um weitere alternative Szenarien (Zunahme Brennstoffzelle und neue Mobilitätskonzepte) ergänzt (Kapitel 5).

Einleitung

- In einem weiteren Schritt wird analysiert, was das für Bayern bedeuten könnte. Dabei muss zunächst das Auto-Cluster identifiziert und seine Größe sowie Struktur ermittelt werden. Dafür wird innerhalb eines regionalen Input-Output-Modells (IOT) ein Satellitenkonto „Auto-Cluster Bayern“ erstellt (Kapitel 6).
- Danach wird ermittelt, wie hoch die Marktvolumen der Unternehmen des bayerischen Auto-Clusters in den vom Strukturwandel betroffenen Systemen im Startjahr 2016 sind. Dafür gibt es keine amtlichen Daten. Die erforderlichen Informationen wurden deshalb im Rahmen einer Unternehmensbefragung, ergänzt um Statistiken, Literatur und Expertenwissen, erhoben (Kapitel 7).
- Auf Basis der globalen Szenarien und der Marktvolumen der bayerischen Unternehmen im Startjahr werden in den Kapiteln 8 und 9 einige bayernspezifische Szenarien durchgerechnet. Das sind „Wenn-dann-Aussagen“, die unter gesetzten spezifischen Bedingungen die Entwicklung der Marktvolumen bis 2030 abschätzen. Im Grundszenario wird beispielsweise berechnet, wie sich das bayerische Auto-Cluster entwickelt, wenn die Umsätze der Unternehmen in allen betrachteten Systemen wie der Weltmarkt wachsen.
- Die Studie schließt mit einigen Schlussfolgerungen. Die Ableitung von Handlungsempfehlungen ist nicht vorgesehen.

Abbildung 1

Untersuchungsdesign



Eigene Darstellung



Einleitung

Eine Besonderheit der Studie liegt darin, dass die Ergebnisse in einem Szenario-Rechner aufbereitet werden. Dort sind alle Szenarien hinterlegt und die Ergebnisse für verschiedene Unternehmenstypen (Bayern gesamt, Größenklassen, Stellung der Wertschöpfungsgrade oder Abhängigkeitsgrade vom Autogeschäft) dargestellt. Unternehmen können ihre Umsatzstrukturen eingeben und sich anzeigen lassen, wie sich ihre Marktvolumen in den verschiedenen Szenarien entwickeln würden. Dadurch soll eine Orientierung gegeben werden, wie tiefgreifend ein Wandel im Unternehmen in den nächsten zehn Jahren organisiert werden muss.

3 Megatrends und Treiber des Strukturwandels in der Automobilindustrie

Dekarbonisierung, Digitalisierung und neue Mobilitätskonzepte im Fokus

Der Mobilitätsbereich erweist sich als ein sehr interessantes Feld für Innovation. Die Dekarbonisierung und Digitalisierung von Fahrzeugen sowie die Einführung neuer Mobilitätslösungen bergen bedeutsame Umsatzpotenziale für die Automobilindustrie (Automotive Megatrends Ltd, 2017; McKinsey, 2017; PwC, 2017; Frost & Sullivan, 2017), denn immer mehr Menschen wollen sich möglichst nachhaltig, effizient und mit einem nahtlosen Übergang zu anderen Verkehrsmitteln fortbewegen. Diese Entwicklungen begünstigen die weitere Verzahnung und Ausschöpfung von Wertschöpfungspotenzialen der Informations- und Kommunikationstechnologie-Branche im Bereich der Mobilität, ohne die bereits die Mobilität von heute kaum denkbar ist.

Die Einführung innovativer Fahrzeuge sowie deren Diffusion im Konsumentenmarkt ist allerdings kein zufälliger Prozess, sondern das Ergebnis des Zusammenspiels unzähliger Einflussfaktoren. Für die Analyse der Faktoren mit tiefgreifender Auswirkung auf die Dekarbonisierung, Digitalisierung und neue Mobilitätskonzepte wurden vier Kategorien von Treibern identifiziert: „Technologie“, „Regulierung“, „Gesellschaft und Nachfrageverhalten“ und „Markt und Wettbewerb“.

Für Elektro- und digitalisierte Fahrzeuge spielt der Reifegrad von neuen Komponenten eine wichtige Rolle in der Diffusion der neuen Technologien. Eine ausgereifte Produktion führt zu einer sukzessiven Degression der Herstellungskosten der Komponenten und macht Innovation wirtschaftlich und letztendlich bezahlbar für die Endkunden. Im Bereich der Fahrzeugelektrifizierung steht der Reifegrad der Lithium-Ionen-Batterien im Vordergrund. Hierbei sind wichtige Kosteneinsparungen der Batteriezellen bis 2030 plausibel. Bei der Fahrzeugautomatisierung ist die Zuverlässigkeit der Fahrerassistenzsysteme unabdingbar, um die Sicherheit der Insassen und Fußgänger sicherzustellen. Außerdem könnte eine Preisdegression der Komponenten für die Umfelderfassung die Verbreitung automatisierter Fahrzeuge begünstigen.

Regulatorische Maßnahmen auf kommunaler, regionaler, nationaler und sogar internationaler Ebene beeinflussen ebenfalls die Entwicklung der neuen Technologien. Diese Maßnahmen können sowohl an die Industrie beziehungsweise Unternehmen als auch an potenzielle Endkunden gerichtet sein. In Bezug auf die Dekarbonisierung der Mobilität gibt es zahlreiche Beispiele von Fördermaßnahmen für Elektrofahrzeuge, auf die im Verlauf des Kapitels eingegangen wird. Von großer Bedeutung ist die aktuelle Empfehlung der Europäischen Kommission, in der, unter anderem, ein Belohnungssystem für Unternehmen mit einem überdurchschnittlichen Absatz von emissionsfreien und -armen Fahrzeugen vorgesehen ist (icct, 2018). Im Bereich der Fahrzeugautomatisierung bedarf es noch der Klärung verschiedener industriepolitischer Aspekte, zum Beispiel der Haftung in Unfallsituationen

(Cacilo et al., 2015). Die Regulierung bezüglich des Umgangs mit personenbezogenen Daten in automatisierten und vernetzten Fahrzeugen ist ebenfalls nicht zu vernachlässigen.

Aus der Perspektive der Gesellschaft beziehungsweise des Endkunden spielen die Akzeptanz von und Vertrauen in die neuen Technologien eine wichtige Rolle. Bei Elektrofahrzeugen wirken beispielsweise die Reichweitenangst und lange Vorgänge des Aufladens wenig fördernd. Bei automatisierten und vernetzten Fahrzeugen können die partielle oder vollständige Übergabe der Fahrzeugführung beziehungsweise die ungeklärte Lage der Datensicherheit hemmend wirken. Für viele potenzielle Kunden ist die Kaufentscheidung schließlich eine Kostenfrage.

Durch das Aufkommen elektrifizierter, automatisierter und vernetzter Fahrzeuge in Kombination mit der Einführung innovativer Mobilitätskonzepte hat ein wichtiger Veränderungsprozess in der automobilen Wertschöpfungskette begonnen. Fahrzeughersteller entwickeln sich zu Mobilitätsanbietern, indem sie mehr als nur ein reines Fortbewegungsmittel entwickeln und vermarkten; sie beteiligen sich an der Gestaltung umfassenderer Mobilitätssysteme und Mehrwertdienste. Unternehmen in vorgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette sind ebenfalls vom Mobilitätswandel betroffen und müssen teilweise ihre Leistungsangebote neu denken. Solche Veränderungen am Automobilmarkt führen zu einer neuen Wettbewerbssituation, an der auch neue, sogar branchenfremde Akteure teilnehmen.

Nachfolgend werden die im Rahmen dieser Studie betrachteten automobilen Megatrends näher beschrieben. Diese wurden in den Kategorien Dekarbonisierung (Kapitel 3.1), Digitalisierung (Kapitel 3.2) und neue Mobilitätskonzepte (Kapitel 3.3) zusammengefasst.

3.1 Dekarbonisierung

Das fortschreitende Wachstum der Ballungsräume weltweit und der damit zunehmende Verkehr stehen in Konflikt mit den immer strengeren Zielen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen. Akteure der Automobilindustrie und die Gesellschaft werden durch verschiedene Wege aufgefordert, Maßnahmen zu einem möglichst nachhaltigen Transport von Menschen und Gütern zu ergreifen.

Im Rahmen dieser Studie werden zwei Lösungswege analysiert, welche die Dekarbonisierung der Mobilität fördern. Zuerst wird in Kapitel 3.1.1 auf die Fahrzeugelektrifizierung eingegangen. Hier werden die Hauptmerkmale der konventionellen und elektrifizierten Antriebskonzepte sowie die treibenden Faktoren für deren Marktverbreitung erläutert. Anschließend befasst sich Kapitel 3.1.2 mit dem Leichtbau im automobilen Umfeld. Vor- und Nachteile innovativer Materialien werden beschrieben. Des Weiteren werden hier Einschätzungen bezüglich der Umsetzung von Leichtbaumaßnahmen je nach Fahrzeugsegment diskutiert.

3.1.1 Fahrzeugelektrifizierung

Elektrofahrzeuge gibt es bereits seit den 1880er Jahren und somit länger als Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor (Desmond, 2016). Sie konnten sich allerdings beim Aufkommen des verbrennungsmotorbasierten Antriebsstrangs am Markt nicht durchsetzen; vermutlich aufgrund ihres hohen Gewichts und ihrer geringen Reichweite (Maxwill, 2012). Trotz der langjährigen Tradition und Optimierung herkömmlicher Antriebe scheinen gegenwärtig elektrifizierte Antriebskonzepte an Bedeutung zu gewinnen, denn sie können maßgeblich zu einer nachhaltigeren, umweltschonenden Mobilität beitragen.

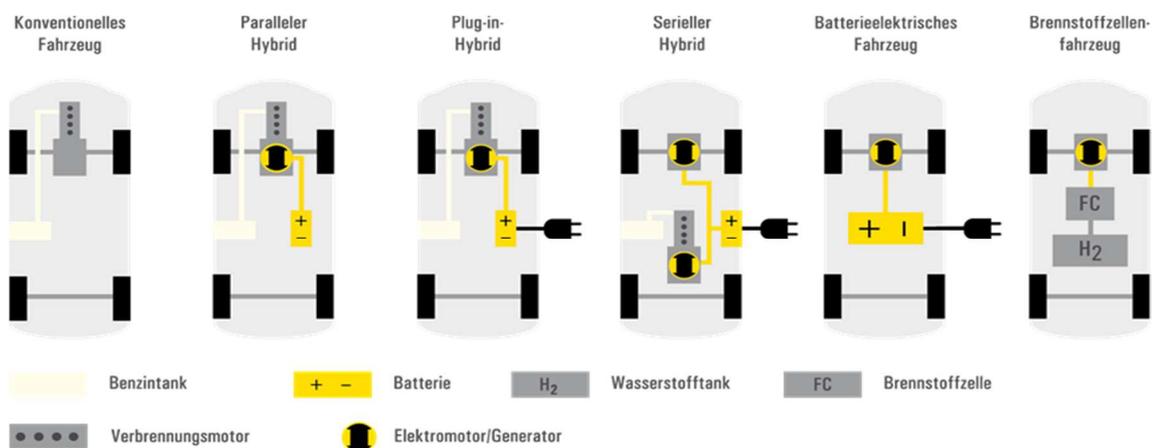
Unter dem Begriff elektrischer Antrieb versteht man jenes Antriebssystem, bei dem mindestens ein Teil der Traktion im Fahrzeug rein elektrisch ermöglicht wird (Bauer et al., 2015). Konventionelle oder herkömmliche Antriebe dagegen beinhalten einen Verbrennungsmotor und ermöglichen die Traktion durch die Verbrennung eines fossilen Kraftstoffs. Die Vielfalt an elektrischen Antriebskonzepten hängt hauptsächlich vom Grad der Elektrifizierung ab. Folgende sechs Antriebskonzepte werden im Rahmen dieser Studie betrachtet (Abbildung 2):

- **Konventionelles Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE):** Verantwortlich für die Traktion ist ausschließlich der Verbrennungsmotor. Zu den wichtigsten Systemen gehören ebenfalls ein komplexes Getriebe sowie eine Abgasanlage.
- **Hybridfahrzeug (Parallelhybrid, HEV):** Dieses Fahrzeug verfügt über zwei vollständige Antriebsstränge: einen konventionellen und einen elektrischen. Die Traktion erfolgt hauptsächlich mithilfe des Verbrennungsmotors. Die elektrische Traktion, die vergleichsweise geringer ausfällt, wird durch einen Elektromotor und eine Traktionsbatterie ermöglicht. Je nach Umfang der elektrischen Unterstützung spricht man von einem Mild (MHEV)- oder einem Full-Hybrid (FHEV)-Konzept.
- **Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV):** Wie das Hybridfahrzeug hat auch dieses Fahrzeug einen konventionellen Antriebsstrang inklusive eines Kraftstofftanks sowie einen elektrischen Antriebsstrang mit einer Traktionsbatterie. Im Gegensatz zum HEV wird bei einem PHEV eine größere Batterie verbaut, welche durch Anschließen an das Stromnetz aufgeladen werden kann. Dadurch lässt sich mit dem PHEV eine längere Strecke rein elektrisch zurücklegen.
- **Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerung (Serieller Hybrid, REX):** Der Range Extender lässt sich ebenfalls am Stromnetz aufladen. Im Vergleich zu PHEV besitzen REX-Fahrzeuge größere elektrische Maschinen, da die Traktion ausschließlich durch den elektrischen Antriebsstrang erfolgt. Der Verbrennungsmotor in diesem Antriebskonzept dient lediglich zur Aufladung der Traktionsbatterie.
- **Batterieelektrisches Fahrzeug (BEV):** In diesem Konzept wird die Traktion vom elektrischen Antriebsstrang vollständig übernommen. Deshalb entfallen hier der Verbrennungsmotor, das Kraftstoffsystem und die Abgasanlage. Das komplexe Getriebe wird durch ein einfaches Übersetzungsgetriebe ersetzt. Die Traktionsbatterie, die im Vergleich zum REX eine deutlich größere Kapazität besitzt, kann durch das Anschließen an das Stromnetz oder durch Rekuperation aufgeladen werden.

- **Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV):** In diesem Antriebskonzept wird komprimierter Wasserstoff als Energiespeichermedium eingesetzt, welcher mittels eines chemischen Prozesses in elektrische Energie für die Traktion umgewandelt wird. Als Energiespeicher dient ein Wasserstoff-Drucktank.

Abbildung 2

Architektur der herkömmlichen und elektrischen Antriebskonzepte



Quelle: Spath et al., 2011

Elektrofahrzeuge sind im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen desselben Segments aktuell in der Regel teurer in ihrer Anschaffung. Dies sowie die Tatsache, dass ihre Reichweite vergleichsweise geringer ausfällt und der Ladeprozess aufwendiger ist, werden oftmals als Hemmnisse für die Akzeptanz und Verbreitung solcher Fahrzeuge gesehen. Nichtsdestotrotz zeigen Bürgerbefragungen in Deutschland, dass bereits 60 Prozent der Befragten den Kauf eines Elektrofahrzeugs in Betracht ziehen (Götz, 2017). Die Statistik bezüglich des Bestands elektrischer Fahrzeuge in Deutschland zeigt ebenfalls eine positive Entwicklung. Der Bestand an BEV, HEV und PHEV zum 1. Januar 2018 betrug 54.000, 237.000 beziehungsweise 45.000 Einheiten. Dabei beliefen sich die Wachstumsraten dieser Fahrzeuge von 2017 auf 2018 auf +58,3, +43,1 beziehungsweise 111,8 Prozent (KBA, 2018). Im internationalen Vergleich der Marktanteile von Elektrofahrzeugen (nur PHEV und BEV wurden dabei berücksichtigt) am Gesamtbestand besaß Deutschland 2016 die achte Position hinter Norwegen, den Niederlanden, Schweden, Frankreich, dem Vereinigten Königreich, China und den USA (OECD/IEA, 2017).

Aus der Perspektive der E-Fahrzeugproduktion konnten sich deutsche Hersteller mit einem Absatz von rund 146.000 Fahrzeugen im Jahr 2017 gut positionieren. Über 80 Prozent dieser Fahrzeuge stammen aus den Konzernen BMW (67.940 Stück) und VW (52.250 Stück), welche sich auf dem vierten und fünften Platz des globalen Rankings nach den asiatischen Unternehmen BYD und BAIC sowie dem US-amerikanischen Hersteller Tesla befinden (ZSW, 2018). Unabdingbar für die weitere Positionierung der traditionellen Unternehmen

der Automobilindustrie im Bereich der elektrischen Traktion ist die rechtzeitige Aneignung der Kompetenzen für die Entwicklung und Herstellung der neuen Komponenten, beispielsweise die Traktionsbatterie, die elektrische Maschine und die Leistungselektronik. Durch Kooperationen mit anderen Akteuren, teilweise aus bisher automobilfremden Bereichen, können auf relativ einfache Weise Wertschöpfungsumfänge akquiriert und daher die Positionierung am Markt gesichert werden.

Neben den markttechnischen und kundenbezogenen Faktoren determiniert die technologische Reife der elektrischen Antriebskonzepte deren Diffusion in direktem Maße. Hierbei spielt die Optimierung der Energiespeicher eine äußerst wesentliche Rolle. Es gilt, nicht nur die technischen Parameter von Lithium-Ionen-Batterien wie die Energie- oder Leistungsdichte zu verbessern, sondern auch hohe Qualitätsstandards bezüglich Sicherheit und Lebensdauer der Komponenten zu erfüllen (Bauer et al., 2015; Kampker, Vallée & Schnettler, 2013). In diesem Bezug ist die Erforschung neuer Werkstoffe von enormer Bedeutung, da die Verfügbarkeit von Lithium- und Kobaltreserven bei erhöhter Nachfrage kritisch werden kann. Hierfür bieten „unkritische Elemente“ wie Natrium, Magnesium, Zink, Kalzium und Aluminium denkbare Alternativen (KIT, 2018). Auch die Produktionsprozesse der neuen Komponenten für Elektrofahrzeuge bedürfen weiterer Optimierungen und der sukzessiven Automatisierung von aufwendigen und qualitäts- beziehungsweise sicherheitsrelevanten Verfahren: zum einen, um die Qualität der Produkte und Zuverlässigkeit der Prozesse sicherzustellen; zum anderen, um die Elektromobilität für alle Märkte und potenziellen Kunden bezahlbar zu machen.

Regulatorische Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität werden von einigen Mobilitätsexperten als *Game changer* angesehen: Sie können das Marktverhalten stark beeinflussen, auch wenn ursprünglich keine innere Motivation seitens der Marktteilnehmer vorhanden ist. Diese Maßnahmen und Programme sollen langfristig dazu dienen, CO₂-Emissionen und ihre Effekte auf den Klimawandel zu senken. Es ist generell möglich, Anreizsysteme gemäß verschiedenen Kriterien zu differenzieren: nach dem geografischen Geltungsbereich der Maßnahmen, ob die Diffusion der Elektrofahrzeuge direkt oder indirekt gefördert wird und ob die Anreize finanzieller oder nicht finanzieller Art sind. Beispiele für lokale, indirekte, nicht finanzielle Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität sind die diskutierten Fahrverbote für ältere Dieselfahrzeuge in den Innenstädten von Hamburg, München und Stuttgart (cst & dpa, 2016; Reuß, 2017; F.A.Z., 2016) oder die Fahrverbote für konventionelle zweirädrige Fahrzeuge in zahlreichen Städten Chinas, die bereits in den 90er Jahren begannen und zu einer massiven Verbreitung von elektrischen Mopeds führten (Weiss, Dekker, Moro, Scholz & Patel, 2015). Im Gegensatz stellt die Einführung einer City-Maut (cst & dpa, 2016; Reuß, 2017; F.A.Z., 2016) eine lokale indirekte, jedoch finanzielle Maßnahme dar. Maßnahmen mit regionaler oder nationaler Geltung sind oft mit der Umsetzung von Quoten für die Neuzulassungen bestimmter Fahrzeuge verbunden. So sollen in Großbritannien und Frankreich ab 2040 keine Neufahrzeuge mit herkömmlichem Antrieb mehr zugelassen werden (Daliah, 2017; apr, Reuters, & dpa, 2017; Humphries, 2017). Zusätzliche Maßnahmen zur Intensivierung der Nachfrage nach Elektrofahrzeugen umfassen zum Beispiel die Einführung von Kaufprämien, Steuerbefreiungen sowie die Nutzung von gewissen Vorteilen für die Endnutzer in Form von privilegierten Parkplätzen oder Fahrbahnen (OECD/IEA, 2017). Regulatorische

Entscheidungen auf der Ebene der EU sind für Automobilhersteller besonders wichtig. Gemäß der Empfehlung der Europäischen Kommission vom November 2017 müssen im Jahr 2030 die durchschnittlichen Emissionen der EU-Fahrzeugflotte¹ um 30 Prozent im Vergleich zum Jahr 2021 reduziert werden. Im Jahr 2025 müssen die Emissionen von Pkw und Vans 15 Prozent niedriger als 2021 ausfallen. Als Referenzwerte für die anvisierten Emissionen gelten die zuvor festgelegten Grenzwerte von 95 g CO₂/km für Pkw sowie 147 g CO₂/km für leichte Nutzfahrzeuge. Des Weiteren beinhaltet diese Empfehlung ein „technologieneutrales“ Anreizsystem zur Unterstützung eines graduellen und sozial gerechten Übergangs von der konventionellen zur elektrischen Mobilität (Europäische Kommission, 2017).

3.1.2 Leichtbau und innovative Materialien

Neben der Fokussierung auf innovative und neuartige Antriebskonzepte rücken auch alternative Werkstoffe beim Fahrzeugbau in den Vordergrund. Der Leichtbau hat sich hierbei als „Königsdisziplin“ etabliert und überzeugt in Zeiten des Klimawandels und ökologischer Verantwortung vor allem durch die Reduzierung der CO₂-Emissionen. Leichtbau umfasst hierbei alle Maßnahmen, die sich auf die maximale Massereduktion von Fahrzeugen beziehen. Das Gesamtgewicht eines Fahrzeugs wird zu circa 40 Prozent von der Karosserie ausgemacht, wodurch die Relevanz des Fahrzeugleichtbaus besonders deutlich wird (Friedrich, 2017). Neben der Optimierung des Schadstoffausstoßes hat der Leichtbau somit vor allem auch die effiziente Gewichtsoptimierung zum Ziel, ohne dass dabei relevante Aspekte wie Sicherheit oder Fahrdynamik vernachlässigt werden. Durch die Reduzierung des Fahrzeuggewichts können dabei nicht nur höhere Reichweiten generiert, sondern auch eine Steigerung der Fahrdynamik und Geschwindigkeit erzielt werden. Gerade in Bezug auf Elektrofahrzeuge bildet der Leichtbau enorme Potenziale, da einerseits die Reichweite der elektrifizierten Automobile in der Kritik steht und zum anderen die Gewichtszunahme durch die Batterieintegration kompensiert werden muss – beide Probleme werden mithilfe des Leichtbaus behandelt (FOREL, 2018). Als Herausforderungen des Einsatzes von Leichtbauwerkstoffen sind jedoch vor allem die entstehenden Mehrkosten zu nennen. Diese werden im Automobilbereich auf aktuell 5 Euro pro Kilogramm geschätzt. Nichtsdestotrotz bietet der Leichtbau die ideale Möglichkeit, den steigenden Produkthanforderungen zu begegnen und direkte sowie indirekte Leistungssteigerungen zu realisieren (Fraunhofer IPA, 2016) n. Hierbei bietet vor allem der Kunststoff-Leichtbau enorme Vorteile, da durch Baustoffe wie kohlen- oder glasfaserverstärkter Kunststoff deutliche Kostensenkungspotenziale ermöglicht werden können und somit der zuvor beschriebenen Kostenproblematik begegnet werden kann (Leichtbau BW - a, 2014).

Die Potenziale für die Automobilindustrie und Transportbranche sind unverkennbar und bilden den wichtigsten Markt für Leichtbaulösungen, für den bis zum Jahr 2020 eine Verdopplung der Marktgröße prognostiziert wird (bcc Research, 2013). Laut einer Online-Umfrage stellt die Automobilindustrie für 80 Prozent der befragten Leichtbauunternehmen momentan und auch zukünftig einen wichtigen Markt dar (Leichtbau BW - b, 2014).

¹ In dieser Betrachtung sind Pkw und leichte Nutzfahrzeuge berücksichtigt.

Der Trend liegt dabei in der Multi-Material-Design-Bauweise, um einerseits Sicherheitsaspekte zu gewährleisten und andererseits die Gewichtsreduktion zu realisieren (Burkert, 2015). Für die Automobilindustrie wird dabei ein steigender Anteil von Leichtbaumaterialien von 29 Prozent (2010) auf rund 67 Prozent (2030) prognostiziert, also ein Anstieg von insgesamt 38 Prozent (McKinsey, 2012).

Tabelle 1 verdeutlicht die Verwendung verschiedener Materialien in der Fahrzeugindustrie innerhalb der Multi-Material-Design-Bauweise und prognostiziert Kennzahlen für das Jahr 2030. Die Angaben beschreiben den prozentualen Anteil des Materials am Gesamtgewicht des Fahrzeugs. Dabei wird der Einsatz von Stahl um mehr als zwei Drittel bis zum Jahr 2030 reduziert. Leichtbauwerkstoffe wie Aluminium, Magnesium oder Kunststoff werden zunehmend einen größeren Anteil des Fahrzeugmaterials ausmachen.

Tabelle 1
Materialmix 2016 und 2030¹⁾

<i>Material / Baustoff</i>	<i>2016</i>	<i>2030</i>	<i>Delta</i>
Stahl (<550 MPa)	33,2 %	13,0 %	-20,2 %
Höherfeste Stähle (>550 MPa)	18,4 %	38,0 %	19,6 %
CFK	0,1 %	0,5 %	0,4 %
Kunststoff	8,2 %	11,5 %	3,3 %
Magnesium	0,3 %	5,0 %	4,7 %
Aluminium	10,2 %	12,0 %	1,8 %
Andere Werkstoffe	29,6 %	20,0 %	-9,6 %

¹⁾ Angaben in Prozent vom Gesamtgewicht
Eigene Darstellung basierend auf McKinsey, 2012; American Chemistry Council, 2017

Zukünftig werden vor allem alternative Materialien beim Fahrzeugleichtbau eine tragende Rolle übernehmen. Im Folgenden soll daher ein Überblick über momentan und künftig verwendeten Materialien im Leichtbau geliefert werden, wobei Vor- und Nachteile beleuchtet werden.

- **Aluminium:** Das Metall überzeugt durch seine Leichtigkeit, es ist insgesamt 40 Prozent leichter als Stahl und eignet sich daher hervorragend für den Leichtbau. Außerdem ist es bereits seit der Jahrtausendwende in der Produktion, wodurch man auf einen breiten Erfahrungsschatz zurückgreifen kann. Die potenzielle Gewichtsreduktion durch den Aluminiumeinsatz beträgt rund 40 bis 60 Prozent und wird bereits in 8 Prozent aller Fahrzeuge verwendet (Frost & Sullivan, 2017). Aluminium wird vor allem bei der Produktion von Antriebssträngen oder der Karosserie eingesetzt. Der Nachteil des Materials liegt jedoch im Preis, denn das Leichtmetall ist rund 30 Prozent teurer als Stahl. Die

Mehrheit der Automobilhersteller wird dennoch in Zukunft auf den Einsatz des Leichtmetalls setzen, während kostengünstigere Fahrzeuge mit der Verwendung von HS-Stahl (hochfester Stahl) versuchen, das Gewicht ohne zusätzliche Kosten zu reduzieren (Frost & Sullivan, 2018).

- **Magnesium:** Die Vorteile dieses Materials liegen vor allem in der Leichtigkeit und seiner geringen Dichte. Auch der Einsatz von Magnesium ist seit dem Jahr 2000 erprobt, wodurch bereits umfangreiche Erkenntnisse generiert wurden. Die potenzielle Gewichtsreduktion des Fahrzeugs liegt hier sogar bei 60 bis 70 Prozent, außerdem überzeugt das Leichtmetall durch seine hohe Festigkeit und Härte. Der Nachteil liegt erneut im Preis, denn Magnesium ist teurer als Stahl und Aluminium. Dennoch wird das Material bereits für die Produktion von Felgen, Lenkrädern oder Getriebegehäusen verwendet. Magnesium wird bisher zwar eher selten genutzt, weist aber ein enormes Wachstumspotenzial auf (Frost & Sullivan, 2018; Leichtbau BW, 2015).
- **Kohlenfaserverstärkter Kunststoff (CFK):** CFK ist bis zu 50 Prozent leichter als Stahl und bietet vor allem neue Differenzierungsmöglichkeiten wie beispielsweise für das Design. Dabei können die Preise für das Material bis 2030 um 30 bis 50 Prozent gesenkt werden (McKinsey, 2012). Auch physische Eigenschaften wie die leichte Formbarkeit, Flexibilität oder der geringe Schmelzpunkt sprechen für den Einsatz von CFK. Problematisch ist auch hier der Preis, der bei rund 103 Euro pro Kilogramm (Kraus, Kühnel & Witten, 2016) liegt. Ebenfalls nachteilig sind die aufwendige Herstellung sowie die schlechte Ökobilanz, da die Herstellung mit einem sehr hohen Energieverbrauch einhergeht. Außerdem hat man bislang nur sehr wenig Erfahrung mit dem Material, man weiß beispielsweise nicht, wie es sich bei Unfällen verhält. Momentan wird das teure Material nur für ausgewählte Teile verwendet, die sehr starr sein müssen und für die der Einsatz sich wirtschaftlich rentiert, wie zum Beispiel bei der Karosserie oder dem Dach. Es wird erwartet, dass CFK Aluminium und HS-Stahl in der künftigen Fahrzeugstruktur ergänzt und das Gesamtgewicht des Fahrzeugs um 4 bis 5 Prozent reduziert (Frost & Sullivan, 2018).
- **Hochfester und ultrahochfester Stahl:** Herkömmlicher Stahl kann gut durch den hochfesten Stahl substituiert werden. Die Hochfestigkeit wird durch die richtige Kombination von Legierungselementen und Nachbehandlungsmethoden erreicht. Er ist bis zu sechsmal härter und 20 Prozent leichter als herkömmlicher Stahl. Diese Vorteile gehen jedoch mit einem bis zu 15 Prozent höheren Preis einher, darüber hinaus bietet der heutige Technologiestand noch nicht die Mittel, um den Stahl einfach zu verformen. Der ultrahochfeste Stahl findet bereits breite Anwendung bei Dachteilen, Fahrgestellen, Achsenträgern, Querlenkern, Türen und Felgen. Aluminium und ultrahochfester Stahl sollen bis zum Jahr 2025 entsprechend 16 Prozent und 18 Prozent des Fahrzeuggewichts ausmachen (Frost & Sullivan, 2018).
- **Kunststoffe:** Das Gewicht von Fenstern kann durch den Einsatz von Polycarbonaten drastisch gesenkt werden. Außerdem ist Kunststoff öl- und hitzeresistent und kann das Gewicht des Antriebsstrangs bis zu 50 Prozent senken. Kunststoff wird vor allem im Innenbereich eingesetzt oder für bestimmte Teile der Karosserie (McKinsey, 2012). Nachteilig ist jedoch die hohe Anfälligkeit für Kratzer.
- **Titan:** Das Material kann sehr hoher Hitze standhalten und ist leichter als Stahl, jedoch auch sehr teuer. Es findet vor allem Anwendung in der Produktion des Auspuffs (Frost & Sullivan, 2018).

Ausgehend von den Trends bezüglich der Verwendung von Leichtbaumaterialien lassen sich abschließend für die einzelnen Fahrzeugklassen erste Überlegungen zu möglichen Szenarien anstellen. Diese sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

Überblick über Einsatzmöglichkeiten und Effekte des Leichtbaus

<i>Fahrzeugsegment</i>	<i>Leichtbaustoffe (heute)</i>	<i>Leichtbaustoffe (zukünftig)</i>	<i>Gewichtsreduzierung</i>
Klein- und untere Mittelklassewagen (ca. 2/3 aller Autos)	Aluminium und HS-Stahl in Teilen des Antriebsstrangs	Aluminium und HS-Stahl für die Karosserie, Fahrwerk und Antriebsstrang	Nur circa 10 % (100–300 kg). Preisanstieg von 0–3 \$/kg Gewichtsreduzierung
(Obere) Mittelklassewagen, maßgeschneiderte Fahrzeuge	Aluminium in der Karosserie und dem Antriebsstrang sowie Magnesium im Antriebsstrang	Gleiche Verarbeitung wie bereits heute. Der herkömmliche Stahl wird jedoch wo nur möglich durch HS-Stahl ersetzt und Magnesium vor allem als Legierung für Karosserie und Innenraumteile verwendet	Um die CO ₂ -Emission von 100 g/km zu erreichen, wird ein Gewichtsverlust von 20–30 % benötigt. Das würde preislich einen Anstieg von 2–10 \$/kg Gewichtsreduzierung bedeuten
Luxusfahrzeuge und Sportwagen	Aluminium in der Karosserie, Antriebsstrang, Innenraum und teilweise die Verwendung von CFK für die Karosserie und den Innenraum	Umfangreiche Verwendung von CFK anstatt des Aluminiums, der Stahl im Antriebsstrang wird durch Aluminium ersetzt	Signifikante Gewichtsreduzierung (ca. 50 %) Kostenzuwachs von 5–15 \$/kg Gewichtsreduzierung

Eigene Darstellung basierend auf Automotive Council UK, 2017; BMWi, 2017, Frost & Sullivan, 2017; Frost & Sullivan, 2018

3.2 Digitalisierung

Die Automobilindustrie befindet sich in einem digitalen Transformationsprozess. Die Begriffe Connected Car und automatisiertes Fahren prägen dabei zunehmend die Industrie. Dabei treiben Themen wie IT-Sicherheit, Cloud Computing, Big Data oder künstliche Intelligenz diese technologische Entwicklung voran. Auch Services stehen immer mehr im Mittelpunkt und damit auch neue Geschäftsmodelle. Dies verändert die automobiler Wertschöpfungskette, da neue Akteure in die Branche eintreten, die die erforderlichen Kompetenzen in den oben genannten Themen mitbringen. Nachfolgend werden die Megatrends Fahrzeugautomatisierung (Kapitel 3.2.1) und Fahrzeugvernetzung (Kapitel 3.2.2) daher näher beleuchtet.

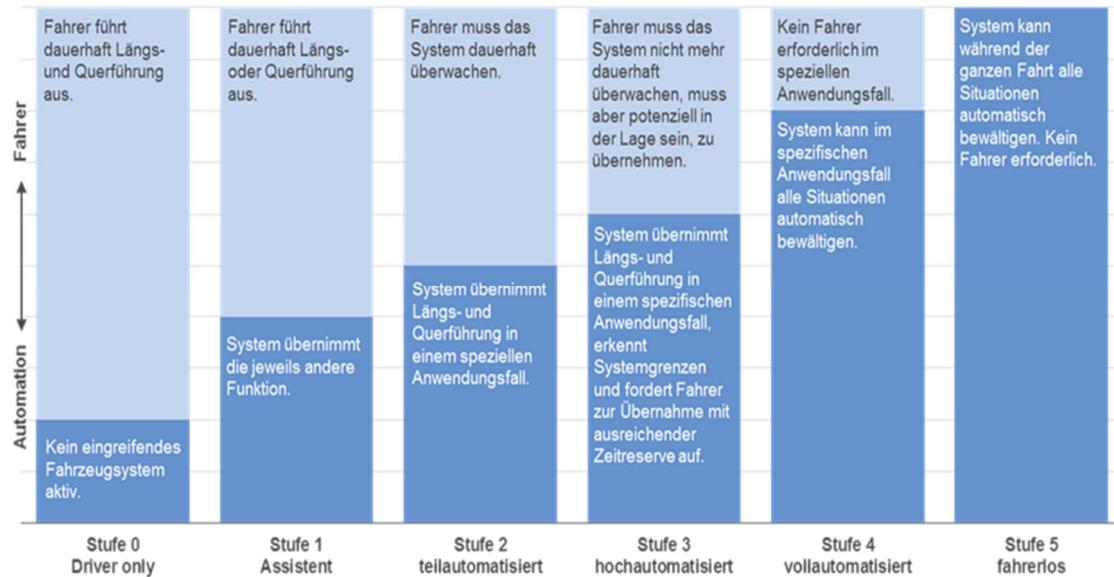
3.2.1 Fahrzeugautomatisierung

Die Automatisierung des Fahrzeugs ist ein maßgeblicher Faktor der zukünftigen Mobilitätsentwicklung und stellt eine tiefgreifende Veränderung für die Nutzung des heutigen Verkehrssystems dar. Der Mensch wird die Fahraufgaben sukzessive an das Fahrzeug übertragen und sich durch die frei werdende Zeit einer anderen Tätigkeit als dem reinen Fahrzeugführen widmen können (Fraunhofer IAO & Horváth & Partners, 2016).

Die Art dieser neuartigen Beschäftigungsmöglichkeiten hängt im Wesentlichen von den technologischen Fähigkeiten zur selbstständigen Durchführung der Fahrmanöver durch das Fahrzeug, dem Grad der Automatisierung ab. Nach der Klassifizierung des VDA werden insgesamt sechs Stufen unterschieden (Abbildung 3). In der Stufe 0 (Driver only) erhält der Fahrer noch keine aktive Unterstützung durch ein eingreifendes Fahrzeugsystem, alle Fahraufgaben sind durch einen menschlichen Fahrer zu bewältigen. Ein Stufe-1-System oder Fahrassistent kann bereits die Quer- oder Längsführung des Fahrzeugs übernehmen, sodass der Fahrer lediglich die jeweils andere Aufgabe übernehmen muss. Hierunter fallen beispielsweise Parklenk- oder Spurhalteassistenten. Sobald das System die vollständige Fahrzeugführung in einem spezifischen Anwendungsfall bewältigen kann und lediglich einer dauerhaften Überwachung durch den Fahrer bedarf, spricht man von teilautomatisiertem Fahren (Stufe 2). Anwendungsfälle wären Stauassistenten oder das Schlüsselparken von außerhalb des Fahrzeugs. Hochautomatisierte Systeme der Stufe 3 ermöglichen beispielsweise das selbstständige Fahren auf der Autobahn oder Fahren im Stau. Hierbei ist zwar keine dauerhafte Überwachung des Systems zwingend, der Fahrer muss jedoch stets bereit sein, die Fahraufgabe wieder zu übernehmen. In Stufe 4 ist im spezifischen Anwendungsfall gar kein Fahrer mehr erforderlich, etwa für generelles Fahren in der Stadt oder Valet Parking. Das System kann diese Situationen komplett selbstständig bewältigen. Von tatsächlich fahrerlosem Fahren (Stufe 5) spricht man letztlich, wenn die Fahraufgabe vollumfänglich und zu jeder Zeit vom Fahrzeugsystem übernommen wird, sodass gar kein Fahrer mehr erforderlich ist (VDA, 2015).

Abbildung 3

Automatisierungsstufen des automatisierten Fahrens



Eigene Darstellung auf Basis von VDA, 2015; vbw, 2017

Assistierende Fahrfunktionen der Stufe 1 sind zum heutigen Zeitpunkt bereits zu großen Teilen in Serienfahrzeugen verfügbar und auch das automatisierte Fahren, bei dem eine spezifische Fahraufgabe komplett abgegeben werden kann, wird sich nach Prognose des Verbands der Automobilindustrie (VDA) bei entsprechenden Rahmenbedingungen noch in diesem Jahr durchsetzen (VDA, 2018b). Im neuen Audi A8 wurde bereits im Jahr 2017 ein erstes hochautomatisiertes System der Stufe 3 vorgestellt, das aufgrund gesetzlicher Regelungen allerdings nur begrenzt einsetzbar ist (Audi, 2017; heise, 2017). Trotz des regulatorischen Defizits hinsichtlich der Gesetzgebung zeichnen sich mittelfristig erste Anwendungen des vollautomatisierten und fahrerlosen Fahrens ab. Führende Automobilhersteller aus Deutschland kündigen bereits ab Anfang der 2020er erste Pilotanwendungen der Stufen 4 und 5 an (Audi, 2018; Daimler 2018, BMW 2017). Darüber hinaus treten eine Reihe neuer Akteure in Erscheinung, die mit ihren autonomen Transportkonzepten eine zusätzliche Perspektive vonseiten des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) einbringen (DB, 2017; innoZ, 2017). Entsprechend unterschiedlich sind die Vorstellungen dieser Fahrzeuge als privates Eigentum oder öffentlich betriebenes Transportmittel.

Aus rein technischer Sicht sind die grundlegenden Technologien bereits heute auf einem weitgehend seriennahen Entwicklungsstand. Dies sind in erster Linie die sensorische Erfassung der Fahrzeugdynamik und der Umgebung, die softwaregestützte Verarbeitung und Speicherung dieser Daten sowie die nachfolgende Ansteuerung der Aktorik. Für die Fahraufgabe weniger relevant, aber dennoch erfolgsentscheidend ist zudem eine angemessene Mensch-Maschine-Schnittstelle. Darüber hinaus sind fahrzeugexterne Technologien in den

Bereichen hochpräziser Ortung, Car2X-Kommunikation und Kommunikationsinfrastruktur notwendig (Cacilo et al., 2015).

Bis vor Kurzem wurde deshalb oftmals die Kritik laut, dass die Verbreitung der vollumfänglichen Fahrzeugautomatisierung nicht mehr von der technologischen Machbarkeit, sondern vielmehr den gesetzlichen Rahmenbedingungen zurückgehalten würde. Dies galt im Besonderen für die Aufklärung der Schuldzuweisung bei Unfällen mit Personen- oder Sachschäden (Schäfer, 2017). Mit dem angenommenen Gesetzesentwurf der Bundesregierung zur Regelung des automatisierten Fahrens zeigt sich allerdings, dass die Politik den dringenden Handlungsbedarf erkannt hat und bemüht ist, den verschiedenen Akteuren mehr Sicherheit verschaffen zu können (Bundesregierung, 2017; Zeit Online, 2017). Nachdem im Jahr 2016 bereits der Fahrer eines Tesla mit Autopilot tödlich verunglückte, wirft stattdessen der jüngste Unfall eines Versuchsfahrzeugs von Uber, bei dem erstmals eine Passantin getötet wurde, neue Fragen auf bezüglich der Sicherheit autonomer Fahrzeuge (Tagesschau, 2018). Auch wenn diese Vorfälle aus rein technischer Sicht vermutlich unvermeidbar waren oder menschliches Versagen nicht ausgeschlossen werden kann, so wirken sie sich dennoch auf die gesellschaftliche Akzeptanz der neuen Technologie aus. Letztlich geht die Fahrzeugautomatisierung unabhängig von den technologischen Entwicklungen mit einer Reihe ethischer Aspekte einher. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur hat deshalb im Jahr 2017 eine Ethik-Kommission berufen, die mit der Ausformulierung gewisser Leitlinien beauftragt wurde. Diese machen eine Zulassung automatisierter Fahrsysteme unter besonderer Berücksichtigung der Sicherheit, menschlichen Würde, persönlichen Entscheidungsfreiheit und Datenautonomie möglich (BMVI, 2017).

Nichtsdestotrotz stehen die Verbesserungspotenziale gegenüber unserem heutigen Mobilitätssystem schon vor dem tatsächlichen Durchbruch des vollautomatisierten oder autonomen Fahrens fest. So wird insbesondere mit einer Verbesserung des Verkehrsflusses und mehr Sicherheit für alle Verkehrsbeteiligten gerechnet. Zudem ist mit einer gesteigerten Verbrauchseffizienz und dementsprechend geringeren Umweltbelastung zu rechnen. Aus einer anderen Perspektive ergeben sich weitere Vorteile für den Menschen selbst, der mehr Zeit zur Verfügung hat und diese anderweitig nutzen kann (Fraunhofer IAO & Horváth & Partners, 2016; e-mobil BW & DLR, 2017). Über die Verkehrsebene hinaus lassen sich durch den vollständigen Einsatz automatisierter Fahrzeuge erhebliche volkswirtschaftliche Gewinne erzielen. Allein für die relativ niedrigen Automatisierungsgrade der Stufen 1 und 2 ist nach einer Studie des Fraunhofer IAO mit einem Wertschöpfungspotenzial von nahezu 9 Milliarden Euro im Jahr 2025 für die Unternehmen des Wirtschaftszweigs 29 (NACE) und weitere an der Leistungserstellung beteiligte Wirtschaftszweige in Deutschland zu rechnen (Cacilo et al., 2015). Dieses Potenzial steigt mit höheren Automatisierungsgraden weiter an (vgl. Kapitel 4 und 5).

3.2.2 Fahrzeugvernetzung

Im Jahr 2017 machten vernetzte Fahrzeuge in den wichtigsten Automobilmärkten USA, Europa und China nahezu 90 Prozent des Absatzes aus (PwC, 2017a). Bei einem vernetzten Fahrzeug (Englisch: „Connected Car“) handelt es sich um ein Fahrzeug, welches sich mittels der entsprechenden Hard- und Software über das Internet mit seinem Umfeld vernetzen kann, um Informationen zu senden und zu empfangen (Definition nach Cacilo & Haag, 2017 und Johannig & Mildner, 2015). Mit der Einführung des Notrufsystems „eCall“ ab dem 1. April 2018 ist in europäischen Neuwagen die genannte Hard- und Software für eine derartige Vernetzung verpflichtend verbaut (Automobilwoche, 2018a). Der Verbindungsaufbau erfolgt in diesem Fall über ein im Fahrzeug eingebettetes Telekommunikationsmodul. Generell ist eine Fahrzeugvernetzung jedoch auch über mobile Endgeräte wie beispielsweise ein Smartphone möglich.

Die Internetverbindung ermöglicht neben der Notrufunktionalität eine Vielzahl neuer, oftmals digitaler Dienstleistungen, wie zum Beispiel das Streaming von Medieninhalten im Bereich Infotainment (McKinsey, 2014) oder kollaboratives Parken zur Optimierung der Parkplatzsuche (Automobilwoche, 2018b). Tabelle 3 listet exemplarisch einige Dienstleistungsapplikationen auf.

Tabelle 3

Services und Dienstleistungen im vernetzten Fahrzeug (Beispiele)

<i>Mobilität und Verkehr</i>		<i>Infotainment und weitere Funktionalitäten</i>	
Notrufsystem (eCall)	Smart Parking	Streaming von Medieninhalten	Vernetzung Zuhause/Fahrzeug
Wartungsmanagement	Kontextbasierte Navigation	In-Car-Office	Remote-Control-App
Unfallservice	P2P-Carsharing	Personalisiertes Musik-Streaming	Concierge Services
Pannenmanagement	Mobility-as-a-Service Applikation	Soziale Netzwerke	Pay-As-You-Drive Versicherung
Telediagnose	...	Live-TV-Übertragung	...

Eigene Darstellung auf Basis von Cacilo & Haag, 2017 und everis, 2015

Die aufgeführten Software-Applikationen können, analog zum Verbindungsaufbau, ebenfalls durch ein fahrzeuginternes System oder durch ein Peripheriegerät wie das Smartphone bereitgestellt werden. Fahrzeuginterne Systeme befinden sich unter Kontrolle der

Fahrzeughersteller² und bieten ihm daher eine Vielzahl neuartiger Geschäftsmodelle und Erlösquellen (McKinsey, 2016b). Wird hingegen das mobile Endgerät verwendet, so stehen dem Nutzer die ihm bekannten Applikationen zur Verfügung, und der im Vergleich zum Smartphone längere Produktlebenszyklus eines Fahrzeugs hat keinen negativen Einfluss auf das Nutzererlebnis. Aus Sicht des OEMs besteht allerdings die Gefahr, dass durch die stationär im Fahrzeug verbauten Systeme nicht genügend Mehrwert gegenüber den mobilen Endgeräten generiert wird und daher Umsatzpotenziale an Dritte abfließen (fka, 2017). Sowohl die Art des Verbindungsaufbaus als auch die Software-Geräte-Allokation spielt daher eine relevante Rolle. Dementsprechend können vernetzte Fahrzeuge gemäß dreier Konnektivitätsformen klassifiziert werden (GSMA, 2013; NTT Data, 2015; Johanning & Mildner, 2015):

1. **Embedded:** Die komplette Software und Hardware inklusive der SIM-Karte, die für einen Verbindungsaufbau notwendig ist, sind im Fahrzeug verbaut und die Internetverbindung ist nicht von Peripheriegeräten abhängig. Diese Lösung eignet sich aufgrund ihrer Zuverlässigkeit vor allem für sicherheitsrelevante Services, wie beispielsweise für das Notrufsystem „eCall“.
2. **Tethered:** *Tethered*-Systeme entsprechen im Wesentlichen den Embedded-Systemen. Zum Verbindungsaufbau wird jedoch die SIM-Karte auf dem mobilen Endgerät des Fahrzeugnutzers verwendet.
3. **Integrated:** Bei dieser Lösung laufen sowohl die Verbindung zum Internet als auch die Anwendungen auf dem mobilen Endgerät des Fahrzeugnutzers. Lediglich die Anzeige wird über Displays im Fahrzeug realisiert. Als Beispiel kann hier die Mirror-Link-Technologie genannt werden, welche unter anderem von Volkswagen eingesetzt wird (Volkswagen, 2018; everis, 2015).

Die oben genannten Konnektivitätsformen werden in heutigen Fahrzeugen unter Umständen auch parallel angeboten, um dem Passagier die Nutzung unterschiedlicher Services zu ermöglichen und um die Funktionsfähigkeit verschiedener Services sicherzustellen. Die Fahrzeughersteller haben dabei eigene Systembezeichnungen für ihr Serviceangebot: *Audi Connect* (Audi), *ConnectedDrive* (BMW), *OnStar* (Opel), *Mercedes Me* (Mercedes-Benz), *Car-Net* (VW) seien an dieser Stelle beispielhaft genannt (WELT, 2017a).

Das zunehmende Angebot an Konnektivitätslösungen ist insbesondere auf eine gestiegene Nachfrage zurückzuführen: Die Ausstattung eines Fahrzeugs mit Informations- und Kommunikationstechnologie rückt bei Käufern gegenüber bisherigen Kaufentscheidungsmerkmalen wie Motorenleistung oder Design zunehmend in den Vordergrund (Johanning & Mildner, 2015). Beispielsweise würden 37 Prozent der Neuwagenkäufer³ – davon insbesondere jüngere Menschen – die Automarke für eine bessere Konnektivität wechseln (McKinsey, 2015). Es wird daher erwartet, dass bis ins Jahr 2030 nahezu 100 Prozent aller Neuwagen weltweit mit dem Internet vernetzt sind (vgl. Kapitel 0).

² Sie werden auch als Original Equipment Manufacturer (OEM) bezeichnet.

³ Laut einer Umfrage in Deutschland, den USA und China (McKinsey, Competing for the connected customer – perspectives on the opportunities created by car connectivity and automation, 2015).

Diese zunehmende Vernetzung stellt die Automobilindustrie jedoch vor enorme Herausforderungen: Die Vernetzung mit dem Internet birgt Sicherheitsrisiken. Über Over-the-Air-Softwareupdates können Fehler behoben und die Funktionalität des Fahrzeugs auch nach der Auslieferung erweitert werden (Frost & Sullivan, 2016). Bei Cyberattacken können hierdurch allerdings Systemkomponenten per Fernzugriff verändert werden. Neben möglichen finanziellen Schäden sind hier auch Personenschäden bei der Manipulation funktionsrelevanter Steuergeräte nicht auszuschließen. Die Komplexität von verteilten Fahrzeug-IT-Systemen erschwert die Absicherung zusätzlich. Die Relevanz dieser Thematik spiegelt sich daher unter anderem in einem Umsatz von 30 Millionen Dollar im Jahr 2017 für fahrzeugbasierte Sicherheitssysteme wider; mit stark steigenden Umsatzprognosen für die kommenden Jahre (Automotive News Europe, 2018).

Das vernetzte Fahrzeug verarbeitet und generiert außerdem während des Betriebs aktuell circa 25 Gigabyte Daten pro Stunde (fka, 2017). Es wird erwartet, dass sich diese Zahl in den kommenden Jahren mehr als verzehnfacht (Network World, 2016). Um die Datenverarbeitung im Fahrzeug zu gewährleisten, werden Elektronikkomponenten – insbesondere Prozessoren und Bussysteme – angepasst (Maul, Becker & Ulrich, 2018). Zur zuverlässigen Datenübermittlung werden zeitgleich breitbandige Mobilfunkstandards wie 5G ins Fahrzeug implementiert und flächendeckend ausgebaut (Automotive News, 2018). Neben neuartigen Vernetzungstechnologien sind für die Bereitstellung von Serviceapplikationen im Fahrzeug neue Verfahren zur Datenerfassung und -analyse erforderlich. Dies eröffnet Markteintrittschancen für neue Akteure der IT- und Dienstleistungsbranche, welche über die notwendigen Kompetenzen zur effizienten Datenanalyse und -verwaltung verfügen. Das vernetzte Fahrzeug besitzt daher das Potenzial, die Marktanteile nicht nur innerhalb der OEM zu verlagern, sondern eine vollständig neue Akteurslandschaft zu schaffen (McKinsey & Bloomberg, 2016). Die Kundenschnittstelle gilt dabei als wesentlicher Erfolgsfaktor zur Sicherung der jeweiligen Wettbewerbsposition.

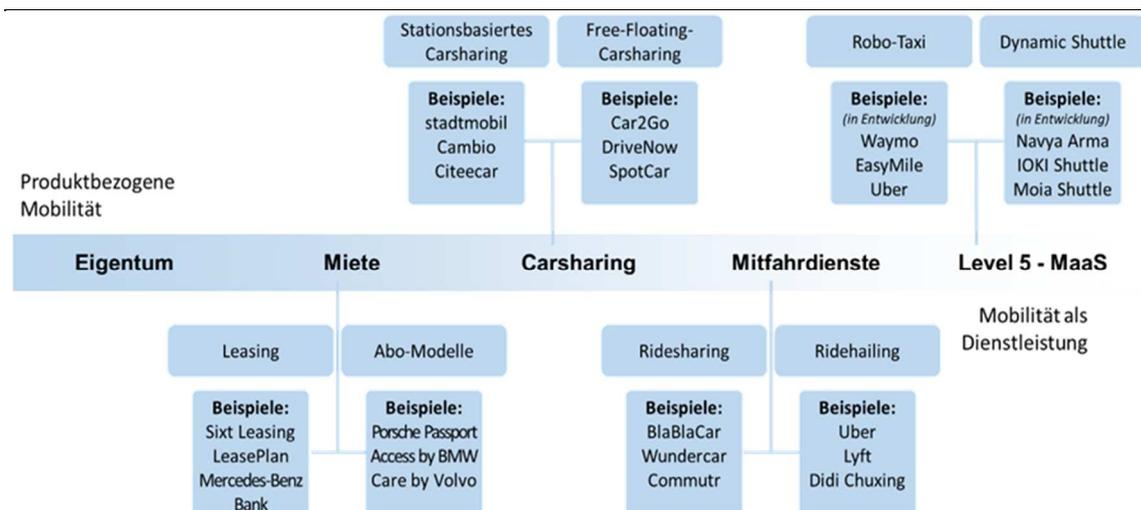
Aus regulatorischer Sicht wird mit der europaweiten Einführung der Datenschutz-Grundverordnung am 25. Mai 2018 ein einheitlicher Rahmen zur Verarbeitung und zum Schutz persönlicher Daten geschaffen (BfDI, 2017). Die Frage nach dem Dateneigentum ist jedoch insbesondere beim vernetzten Fahren noch nicht abschließend geklärt (BVDW, 2018).

3.3 Neue Mobilitätskonzepte

Die voranschreitende Digitalisierung der Gesellschaft ermöglicht bereits heute eine flexible Nutzung von Fahrzeugen, wie Carsharing, Ridehailing oder Ridesharing beweisen. Laut einer Forsa-Umfrage sehen 41 Prozent der Deutschen in zehn Jahren den privaten Besitz des Fahrzeugs nicht mehr im Vordergrund (CosmosDirekt, 2018). Sollte sich dieser Trend „weg vom Statussymbol hin zum Nutzungsgegenstand“ wirklich in der breiten Masse durchsetzen, so ist zumindest im urbanen Raum mit einer weiterhin starken Veränderung der Nutzungsmuster in Richtung Flexibilisierung zu rechnen (Eisele, 2017). Anstatt dass Mobilität durch den Erwerb von Fahrzeugen ermöglicht wird, würde diese zunehmend als Dienstleistung bereitgestellt. Dies ermöglicht es den Kunden, die angebotene Mobilität in Echtzeit

und nur bei Bedarf zu nutzen. Bereits vorhandene oder in Entwicklung befindliche Mobilitätskonzepte lassen sich daher entlang eines Kontinuums von der produktbezogenen Mobilität bis hin zur reinen Dienstleistung anordnen. Abbildung 4 zeigt eine mögliche Einteilung innovativer Mobilitätslösungen entlang dieser Skala sowie eine zugehörige Auswahl an Unternehmen.

Abbildung 4
Übersicht neuer Mobilitätskonzepte



Eigene Darstellung

Ein Großteil heutiger Fahrzeuge wird nach wie vor unmittelbar an den Kunden verkauft. Die Aufteilung neuartiger Mobilitätskonzepte hingegen kann in die vier Kategorien Miete, Carsharing, Mitfahrdienste und Level-5⁴-MaaS (Mobility as a Service) vorgenommen werden. Im Folgenden wird diese Klassifizierung im Detail mit ihren verschiedenen Ausprägungen beschrieben:

Die **Fahrzeugmiete** unterscheidet sich insofern vom Fahrzeugeigentum, als dass sich das Fahrzeug während des Mietzeitraums im dauerhaften Besitz des Mieters, jedoch nicht in dessen Eigentum befindet. Zusätzliche Dienstleistungen, wie Inspektion, Reifenwechsel oder Kfz-Versicherung können optional im Mietvertrag enthalten sein (vgl. zum Beispiel Mercedes-Benz, 2018 und Volvo Car Corporation, 2018). Kennzeichnend für den Vertrag ist eine mittel- bis langfristige Laufzeit (eine Woche bis mehrere Jahre).

Im Spezialfall „**Leasing**“ zahlt der Kunde während des Mietzeitraums regelmäßig einen zuvor festgelegten Betrag. Zum Ende der Vertragslaufzeit erhält er die Option, das Fahrzeug für einen zuvor definierten Restbetrag zu kaufen. Es handelt sich somit um eine hybride

⁴ Level 5 entspricht hierbei der in Kapitel 3.2.1 definierten Stufe 5 der Fahrzeugautomatisierung.

Form aus Kredit- und Mietvertrag. Fahrzeugleasing ist als Finanzierungsform insbesondere im Bereich von Dienstwagen weitverbreitet (Arval, 2017).

Beim **Abonnement-Modell** handelt es sich hingegen um kurz- oder langläufige Mietzeiträume mit der Option, während des Leihzeitraums das Fahrzeug zu wechseln (WIRED, 2018). Aufgrund der wechselnden Nutzer sind sämtliche fahrzeugbezogenen Dienstleistungen im Mietvertrag enthalten. Der Nutzer kann somit auf langfristige Veränderungen in seinem Mobilitätsbedarf reagieren, bei gleichzeitig transparenten Kosten. Seit Ende 2017 bieten beispielsweise die Hersteller Daimler (*Mercedes me Flexperience*), Porsche (*Porsche Passport*), Volvo (*Care by Volvo*), Cadillac (*Book by Cadillac*) und BMW (*Access by BMW*) dieses Modell an (WIRED, 2018; Handelsblatt, 2018).

Das **Carsharing** realisiert eine gemeinschaftliche Fahrzeugnutzung, bei welcher ein temporärer, exklusiver Besitzzugang – während der Mietzeit besitzt nur der Mieter das Fahrzeug und ist die einzige Person mit Zugangsrechten auf das Fahrzeug – ermöglicht wird, der im Vergleich zu Miet- und Leasingautos gering ausfällt (Riegler et al., 2016). Das **stationsbasierte Carsharing** ist die älteste Form des Carsharings, welche noch heute bei den meisten Anbietern etabliert ist (Schiller, Scheidl & Pottebaum, 2017). Die Buchung der gewünschten Fahrzeugklasse und der örtlich fixierten Abholstation erfolgt im Voraus. Die Rückgabe des Fahrzeugs muss in der Regel ebenfalls an einer Abholstation erfolgen (BCG, 2016), und die Buchungslänge muss im Vorfeld festgelegt werden. Aufgrund der geringen Kosten pro Fahrzeit ist diese Art des Carsharings vor allem für längere Distanzen geeignet und bietet daher Substitutionspotenzial für Autovermietungen sowie Zweitwagen. Ein weiterer Vorteil liegt außerdem in der großen Auswahl an Fahrzeugklassen.

Im Gegensatz zu stationsbasierten Carsharing-Angeboten sind beim **Free-Floating-Carsharing** die Fahrzeuge auf ein vom Anbieter festgelegtes Geschäftsgebiet verteilt. Die Anmietung von Fahrzeugen erfolgt üblicherweise über eine Software-Applikation und bedarf keiner Reservierung. Die lokal verfügbaren Fahrzeuge können daher spontan bei Bedarf gebucht werden (Carsharing-News, 2017). Die Abgabe der Fahrzeuge erfolgt ebenfalls nicht an festen Stationen, sondern im öffentlichen Verkehrsraum oder auf öffentlichen Parkplätzen innerhalb des Geschäftsgebiets des Anbieters (Riegler et al., 2016). Die Abrechnung erfolgt nach Benutzungsdauer. Dies erlaubt eine höhere Flexibilität für den Anwender, ist jedoch insbesondere in stauanfälligen Städten mit Kostenrisiken verbunden. Während Experten einst einen Rückgang des Fahrzeugbestands und der Emissionen durch das Free-Floating-Carsharing prognostizierten, scheinen heute vor allem Privatpersonen ohne Fahrzeugbesitz dieses Angebot wahrzunehmen (Becker et al., 2015).

Im Sonderfall des **Peer-to-Peer-Carsharing** bieten Privatpersonen ihr eigenes Fahrzeug über Internetplattformen an (Riegler et al., 2016). Die zugehörigen Peer-to-Peer-Unternehmen stellen eine Online-Plattform zur Abwicklung der Fahrzeugvermietung bereit und bieten Versicherungen an (Schiller, Scheidl & Pottenbaum, 2017). Diese Art von Mobilitätslösung wird meist für mittelfristige Miet- und Ausleihdauern verwendet und bedarf der Abgabe des Fahrzeugs am Ort der Abholung. Die Plattform „croove“ kann hier als Beispiel genannt werden.

Mitfahrdienste bezeichnen Mobilitätslösungen, bei welchen Passagiere in handelsüblichen Personenkraftwagen durch ihnen unbekannte Fahrer transportiert werden. Die Zuordnung findet zumeist über Software-Applikationen und Internetplattformen statt. Das **Ridehailing** beschreibt hierbei die taxiähnlichen Ad-hoc-Zuordnungen aufgrund einer unmittelbaren Fahrtenanfrage von einem definierten Start- zu einem definierten Zielort. Beim **Ridesharing** handelt es sich hingegen um eine Art Carpooling, bei welchem Privatpersonen Fahrten im Vorhinein zu einem vorgegebenen Ziel anbieten und sich die Fahrtkosten teilen (quoted, 2016; Spulber et al., 2016).

Als **Level-5-MaaS**-Konzepte werden Mobilitätsdienstleistungen verstanden, bei welchen ein Nutzer Punkt-zu-Punkt-Fahrdienstleistungen buchen kann, die auf autonomen Fahrzeugen (Level 5) basieren. In der größten Form lassen sich zwei konzeptionelle Unterformen von Level 5-MaaS differenzieren: Robo-Taxis und Dynamic Shuttles (Cacilo & Haag, 2017).

Bei einem **Robo-Taxi** handelt es sich um ein autonomes Fahrzeug, welches ohne Fahrer operiert. Bei diesem Konzept werden – ähnlich dem heutigen Taxi-Konzept – zumeist ein oder zwei Passagiere befördert. Ein Beispiel für diese neuartige Mobilitätslösung ist das Self-Driving-Car von Google (Cacilo & Haag, 2017).

Werden mehrere Personen gleichzeitig befördert und findet eine Routenoptimierung statt, so handelt es sich um **Dynamic Shuttles**. Diese können das Angebot des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) ergänzen oder dementsprechend von öffentlichen Verkehrsanbietern implementiert werden. Ein Beispiel hierfür ist das Navya Arma Shuttle des französischen Herstellers Navya oder das IOKI Shuttle der Deutschen Bahn (Cacilo & Haag, 2017).

Sämtliche genannten Mobilitätskonzepte werden von der Digitalisierung der Gesellschaft getrieben: Zum einen ermöglichen Online-Plattformen neuartige Geschäftsmodelle, wie im Fall der Ridehailing-Anbieter „Uber“ oder „Lyft“. Zum anderen werden Preis- und Nutzungsmodelle aus dem Dienstleistungssektor auf die Automobilbranche übertragen, wie man am Beispiel der Abo-Modelle oder der zahlreichen Sharing-Angebote sehen kann. Die zunehmende Digitalisierung führt somit zu einer gesteigerten Verbreitung und Akzeptanz neuartiger Mobilitätstrends: Im Jahr 2017 fuhren in New York beispielsweise 65 Prozent mehr Personen mit Uber und Lyft als mit den bekannten Yellow Cabs (intellicar, 2018a). Der Markt für innovative Mobilitätslösungen ist dementsprechend bereits heute sehr vielschichtig und wird zukünftig ein relevantes Element der automobilen Wertschöpfung sein (Lemmer, 2016). Die beschriebenen Mobilitätslösungen führen zu einer signifikanten Erweiterung des bisherigen Mobilitätsangebots und können sowohl Einfluss auf den Absatz der Fahrzeuge als auch auf die Erwartungshaltung der Kunden an das Fortbewegungsmittel haben (Schiller, Scheidl & Pottenbaum, 2017).

Durch die Transformation der Mobilität ergeben sich Vorteile für den Anwender und Chancen für die Gestaltung der Mobilität im urbanen Raum: Kunden neuartiger Mobilitätslösungen können beispielsweise Kostenvorteile erzielen, da die Fixkosten des Fahrzeugkaufs eingespарт werden. Des Weiteren fallen keine Service- sowie Versicherungs- und Steuer-

kosten an (BCG, 2016). Dem durch die zunehmende Einwohnerdichte bedingten Parkplatzmangel kann in Großstädten entgegengewirkt werden, indem die absolute Anzahl an Fahrzeugen aufgrund des Substitutionseffekts abnimmt; insbesondere durch Mobilitätslösungen wie Car- und Ridesharing. Weitere Gründe für den Erfolg neuartiger Mobilitätslösungen liegen im Wirtschaftswachstum, der Verbesserung des öffentlichen Verkehrsnetzes sowie dem hohen Verkehrsaufkommen in urbanen Gebieten (Spulber et al., 2016). Neben diesen positiven Trends sollte aus industriepolitischer Perspektive jedoch das Substitutionspotenzial des Pkw-Absatzes durch die neuen Mobilitätslösungen nicht vernachlässigt werden.

Abbildung 5

Digitale Mobilitätsplattformen als zweiseitige Märkte



Beispiele für Netzwerkeffekte:

- Je mehr Mobilitätsanbieter, desto besser ist die Mobilitätsabdeckung des Kunden
- Je mehr Kunden, desto höher ist die Auslastungsrate

Eigene Darstellung

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass neben dem Aufkommen einzelner, neuer Mobilitätslösungen die Gesamtsystemperspektive ebenfalls von Relevanz ist. So lassen sich die verschiedenen Mobilitätsangebote – unter anderem der ÖPNV – auf einer digitalen Mobilitätsplattform mit der Kundennachfrage zusammenbringen und eine zentrale Routenoptimierung durchführen. Aufgrund gegenseitiger Netzwerkeffekte (vgl. Abbildung 5) entsteht hierbei ein zweiseitiger Markt, welcher sich durch entsprechende Skaleneffekte auszeichnet (Fournier & Donada, 2016). In einem Gemeinschaftsunternehmen planen beispielsweise BMW und Daimler daher, neben ihren Carsharing-Anbietern Car2Go und DriveNow noch weitere Mobilitätsdienste zu fusionieren und in die Mobilitätsplattform „moovel“ einzubinden (intellicar, 2018b).

4 Szenario für die Entwicklung der Automobilindustrie bis 2030

Elektrifiziertes Fahren gewinnt an Bedeutung – konventionelle Antriebe bleiben wichtig

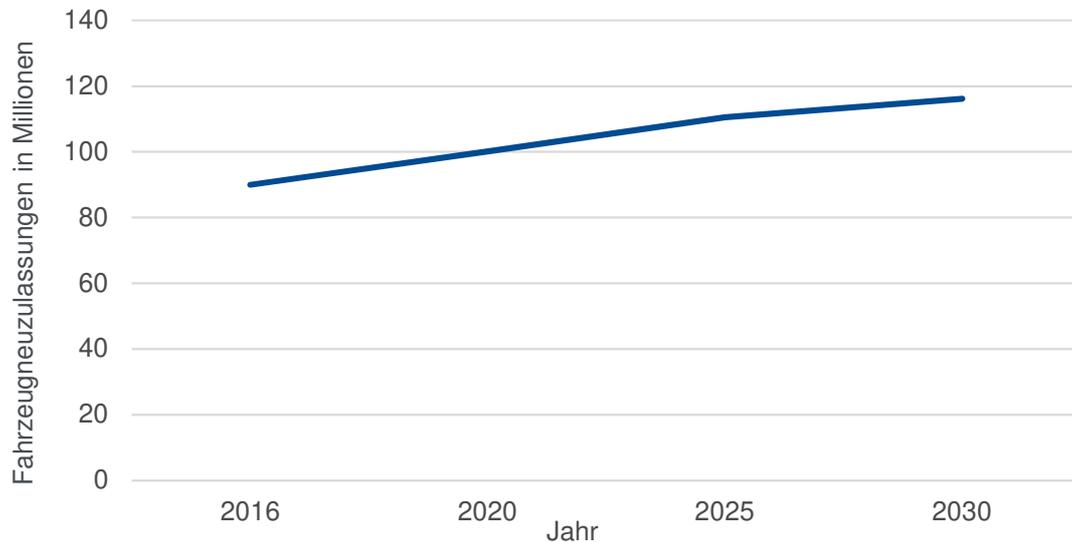
In diesem Kapitel wird ein Basisszenario entwickelt, welches die globale Fahrzeugmarktentwicklung (Kapitel 4.1) und die Diffusion der betrachteten automobilen Trends bis zum Jahr 2030 aus globaler Sicht berücksichtigt (Kapitel 4.2).

4.1 Globale Fahrzeugmarktentwicklung

Die Analyse der globalen Fahrzeugmarktentwicklung erfolgte auf Basis der jährlichen Fahrzeugneuzulassungen. Diese berücksichtigt sowohl Personenkraftwagen als auch leichte Nutzfahrzeuge. Im Jahr 2016 ergab sich hierfür ein weltweiter Absatz von gut 90 Millionen Fahrzeugen (IHS Markit, 2017; Frost & Sullivan, 2017). Dieser Absatz soll auch in den kommenden Jahren weitersteigen, jedoch unter anderem aufgrund der Urbanisierung merklich langsamer, weil Trends wie Carsharing oder Ridehailing immer beliebter werden. Dadurch wäre der Bedarf an ein privates Fahrzeug nicht mehr so groß (McKinsey, 2016b). Basierend auf zahlreichen Veröffentlichungen wurde im Zuge dieser Studie daher angenommen, dass bis zum Jahr 2020 der globale Markt ähnlich wie in den letzten fünf Jahren wächst, was einer jährlichen Wachstumsrate von 2,7 Prozent entspricht. Dieses Wachstum könnte sich zum Jahr 2025 auf 2 Prozent verringern und bis zum Jahr 2030 nochmals um 1 Prozent zurückgehen (IHS Markit, 2017; Frost & Sullivan, 2017; McKinsey, 2016). Unter diesen Annahmen werden die jährlichen globalen Fahrzeugneuzulassungen auf gut 110 Millionen im Jahr 2025 beziehungsweise 116 Millionen im Jahr 2030 prognostiziert (Abbildung 6).

Abbildung 6

Prognostizierte weltweite Entwicklung der jährlichen Fahrzeugneuzulassungen¹⁾



¹⁾ einschließlich leichter Nutzfahrzeuge, 2016–2030

Eigene Darstellung

4.2 Diffusion der betrachteten automobilen Megatrends

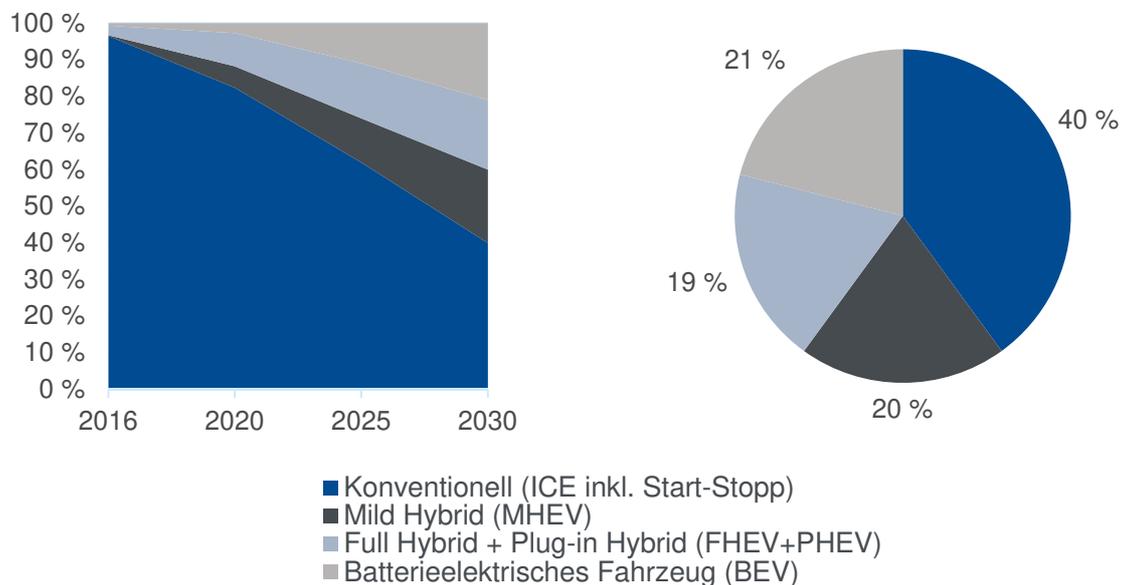
Nachfolgend wird die Diffusion der betrachteten automobilen Megatrends Fahrzeugelektrifizierung, Fahrzeugautomatisierung und Fahrzeugvernetzung anhand mehrerer Szenarien für den Zeitraum 2016 bis 2030 beschrieben.

4.2.1 Fahrzeugelektrifizierung

Die prognostizierte Marktentwicklung der unterschiedlichen Antriebskonzepte basiert auf deren jeweiligem Anteil an den jährlichen Fahrzeugneuzulassungen. Die Antriebskonzepte werden hierfür in folgende Kategorien unterteilt: ICE inkl. Start-Stopp, MHEV, FHEV+PHEV und BEV. Die Architektur verschiedener Antriebskonzepte sowie die Treiber der Fahrzeugelektrifizierung wurden bereits in Kapitel 3.1.1 beschrieben. Fahrzeuge mit einem Brennstoffzellen-Antrieb werden in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt, da deren Anteil am Antriebsmix für das Jahr 2030 in zahlreichen Studien weit unter 1 Prozent prognostiziert wird und somit auf globaler Ebene vernachlässigbar ist (Frost & Sullivan, 2017; Evans, 2017). Im Jahr 2016 dominierten die konventionellen Antriebe mit gut 96 Prozent aller neu zugelassenen Fahrzeuge. Dieser Anteil soll sich bis zum Jahr 2020 vorerst zugunsten von Hybridfahrzeugen verschieben. Danach werden rein batterieelektrische Fahrzeuge auch

hinsichtlich ökonomischer Aspekte zunehmend attraktiv für Fahrzeughalter werden. Diese Entwicklung ist vor allem auf eine restriktive CO₂-Gesetzgebung, Maßnahmen auf öffentlicher Ebene zur Reduzierung von Verkehrsemissionen und die gleichzeitige Förderung nachhaltiger Mobilitätslösungen zurückzuführen (vgl. Kapitel 3.1). Basierend auf den obigen Entwicklungen wurden für das Jahr 2030 folgende Anteile abgeleitet: 40 Prozent ICE inkl. Start-Stopp, 20 Prozent MHEV, 19 Prozent FHEV+PHEV und 21 Prozent BEV (Abbildung 7).

Abbildung 7

Weltweite Fahrzeugneuzulassungen nach Antriebskonzept¹⁾

¹⁾ Prognostizierte relative Marktentwicklung der verschiedenen Antriebskonzepte 2016–2030 (links),
Anteile an den weltweiten Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2030 (rechts)

Eigene Darstellung

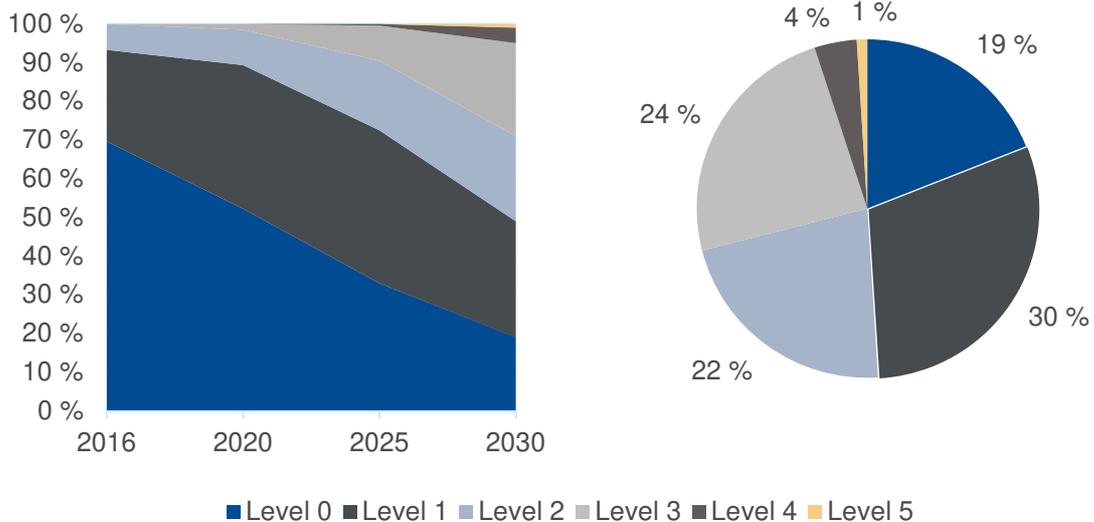
4.2.2 Fahrzeugautomatisierung

Die prognostizierte Marktentwicklung der Fahrzeugautomatisierung wurde gemäß der sechs Automatisierungsstufen nach VDA (Level 0 bis 5, vgl. Kapitel 3.2.1) als Anteil an den jährlichen Fahrzeugneuzulassungen dargestellt (Abbildung 8). Während im Jahr 2016 noch die Level 0 und 1 den Fahrzeugabsatz dominierten, verfügen aktuelle Serienmodelle bereits über Assistenzsysteme (zum Beispiel Stauassistent), welche Level 2 zugeordnet werden. Mit zunehmender Durchdringung der Automatisierungstechnologien werden diese durch Skaleneffekte stetig günstiger werden und können sich langfristig auf dem Markt

etablieren. Der Autopilot von Tesla oder der Audi-AI-Staupilot sind Beispiele für Level-3-Systeme, die bereits technisch realisiert wurden, jedoch aufgrund der rechtlichen Voraussetzungen nur mit Einschränkungen einsetzbar sind (VDA, 2018; t3n, 2017; heise, 2017). Die Durchdringungsgeschwindigkeit der Level 3 bis 5 wird, neben der technischen Weiterentwicklung, maßgeblich von der Entwicklung gesetzlicher Rahmenbedingungen beeinflusst werden. Fahrzeuge mit Level 4 werden von unterschiedlichen OEM für die Jahre 2021 bis 2023 angekündigt (Reuters, 2017; The Verge, 2018; Daimler, 2018). Daher sind Fahrzeuge der Level 4 und 5 heute nur prototypisch und zu Testzwecken im Einsatz. Die neu zugelassenen Fahrzeuge im Jahr 2030 werden, basierend auf einer Metastudie (vgl. Frost & Sullivan, 2017; PwC, 2017a; Ptolemus, 2017), mit 19 Prozent Level 0, 30 Prozent Level 1, 22 Prozent Level 2, 24 Prozent Level 3, 4 Prozent Level 4 und 1 Prozent Level 5 prognostiziert.

Abbildung 8

Weltweite Fahrzeugneuzulassungen nach Automatisierungsstufe¹⁾



¹⁾ Prognostizierte relative Marktentwicklung der verschiedenen Automatisierungsstufen 2016–2030 (links),

Anteile an den weltweiten Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2030 (rechts)

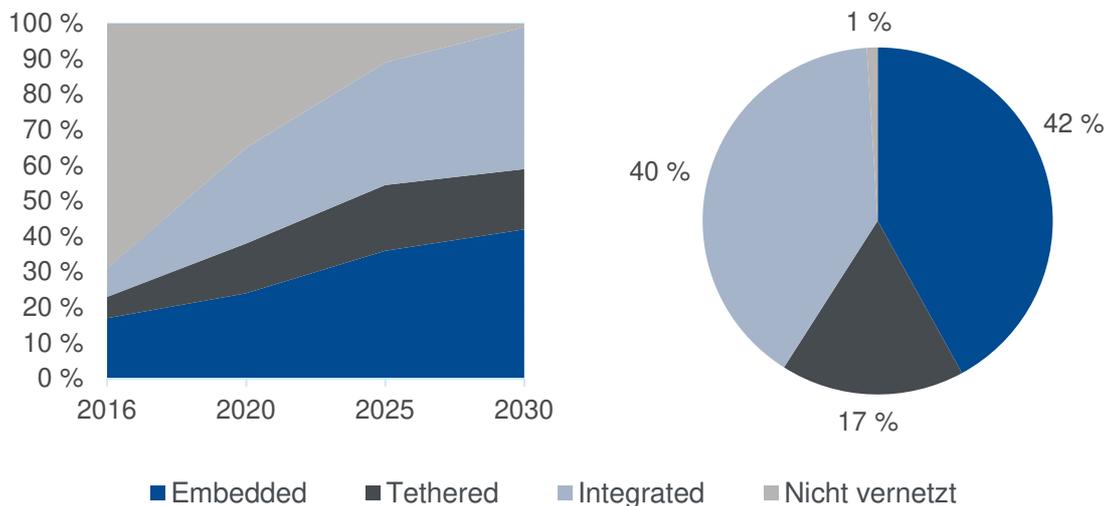
Eigene Darstellung

4.2.3 Fahrzeugvernetzung

Der Verlauf der Marktanteile unterschiedlicher Konnektivitätsformen an den jährlichen Fahrzeugneuzulassungen wird in Abbildung 9 beschrieben. Das Szenario bildet eine arithmetisch gemittelte Darstellung der dominierenden Alternativen (*embedded*, *tethered*, *integrated*, *nicht vernetzt*, vgl. Kapitel 3.2.1) für die Jahre 2016 bis 2030 ab. Hierbei ist anzumerken, dass sich die Konnektivitätsformen nicht gegenseitig ausschließen und somit auch eine Summe größer 100 Prozent möglich ist. Die Anteile wurden jedoch zur besseren Vergleichbarkeit auf eine Summe von 100 Prozent gemittelt. Im Jahr 2016 waren gut 30 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge vernetzt. Dieser Anteil soll sich bis 2020 mindestens verdoppeln, bis er schließlich nahezu 100 Prozent im Jahr 2030 erreichen könnte. In der EU müssen beispielsweise alle Neuwagen ab dem 01. April 2018 über ein eCall-Notrufsystem verfügen (EU, 2015). Bis zum Jahr 2030 werden vor allem die Anteile der *Embedded*-Systeme sowie die Vernetzung über das Smartphone des Fahrzeugführers kontinuierlich zunehmen. Für das Jahr 2030 ergibt sich folgendes Bild bei den Fahrzeugneuzulassungen: 42 Prozent *embedded*, 40 Prozent *integrated*, 17 Prozent *tethered* und ein Prozent *nicht vernetzt*. Dabei spielen sicherheitsrelevante Aspekte eine immer wichtigere Rolle. Zum einen hinsichtlich der sicheren Übertragung von Daten, zum anderen in Verbindung mit automatisierten Fahrfunktionen.

Abbildung 9

Weltweite Fahrzeugneuzulassungen nach Konnektivitätsform¹⁾



¹⁾ Prognostizierte relative Marktentwicklung der verschiedenen Konnektivitätsformen 2016–2030 (links), Anteile an den weltweiten Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2030 (rechts)

5 Berechnung globaler Effekte der betrachteten automobilen Megatrends

Massiver Strukturwandel bei insgesamt wachsendem globalem Marktvolumen

Kapitel 5 befasst sich mit der Prognose und Analyse von globalen Umsatzpotenzialen in verschiedenen Szenarien. Den Prognosen liegen das im Kapitel 5.1 erläuterte Konzept beziehungsweise die im Kapitel 5.2 festgelegten Referenzfahrzeuge zugrunde. Zunächst wird das Basisszenario behandelt (vgl. Kapitel 5.3), welches dem aktuellen Stand der Einschätzungen bezüglich der Entwicklung der automobilen Megatrends Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung entspricht. Kapitel 5.4 untersucht in einem Alternativszenario die Effekte einer sehr hohen Verbreitung von MaaS auf die zuvor genannten automobilen Megatrends. Darüber hinaus werden in diesem Kapitel zusätzliche Analysen vorgenommen, um ökonomische Effekte der Durchdringung von Brennstoffzellenfahrzeuge im globalen Automobilmarkt (Kapitel 5.5) und von Leichtbaustrategien (Kapitel 5.6) zu evaluieren.

5.1 Das Konzept zur Berechnung globaler Effekte

Basierend auf den im Kapitel 4.2 dargestellten Szenarien zur Diffusion der automobilen Megatrends Fahrzeugelektrifizierung, Fahrzeugautomatisierung und Fahrzeugvernetzung wurde im Basisszenario das globale Marktvolumen bis zum Jahr 2030 prognostiziert. In den zwei Alternativszenarien wurden andere Verteilungen der Anteile an Neuzulassungen von Elektro-, automatisierten und vernetzten Fahrzeugen angenommen. Grundlage der Berechnung in allen Szenarien bildeten ausgewählte Referenzfahrzeuge und vierzehn dazugehörige Systeme (vgl. Kapitel 5.2), welche von den betrachteten Megatrends besonders betroffen sind. Fahrzeugumfänge, für die keine maßgebliche Veränderung im Betrachtungszeitraum erwartet wird, zum Beispiel die Karosserie, Interieur, Exterieur und die Montagetätigkeiten auf der Endstufe der Fahrzeugfertigung, wurden in der globalen Betrachtung nicht berücksichtigt. Mittels primärer und sekundärer Marktrecherche wurden jedem betrachteten System durchschnittliche Preise zugeordnet.

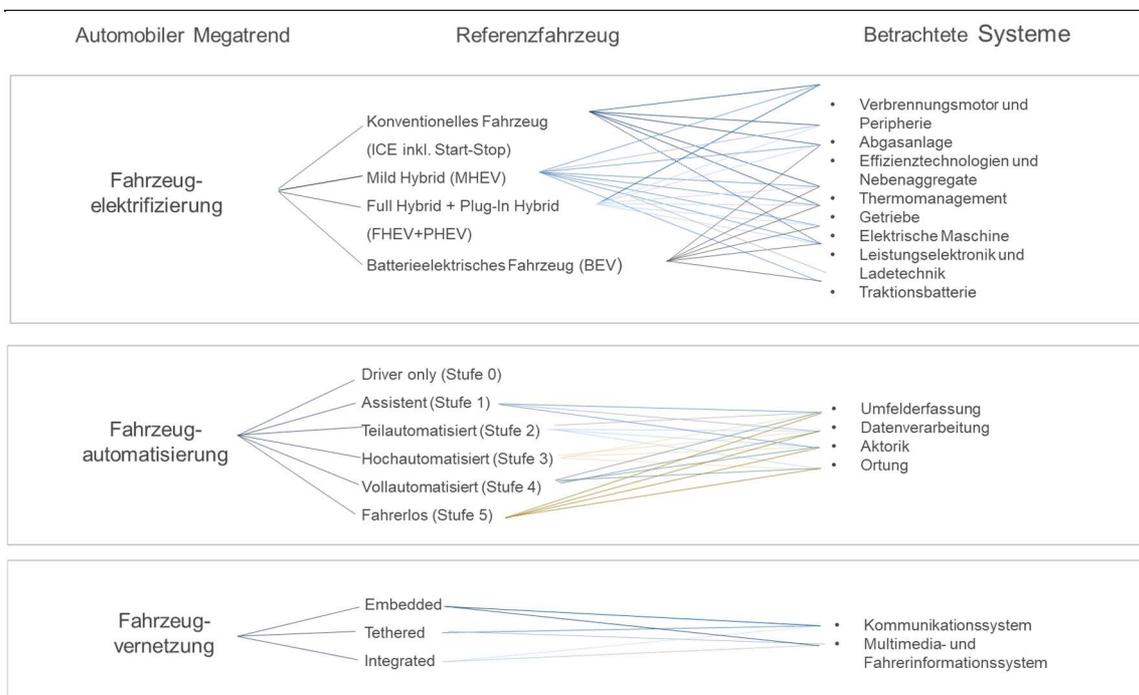
Auf Basis der prognostizierten Preisentwicklung der einzelnen Systeme und der erwarteten Stückzahlen für jedes Referenzfahrzeug in den jeweiligen automobilen Megatrends wurde das Marktvolumen für die Jahre 2016, 2020, 2025 und 2030 eingeschätzt. Die Struktur des Berechnungsmodells ermöglichte die Durchführung von Analysen auf Ebene der Systeme, der Referenzfahrzeuge und des Gesamtmarkts.

5.2 Ausgewählte Referenzfahrzeuge und betrachtete Systeme

Die Festlegung der Referenzfahrzeuge stützt sich auf die Analyse der Ausprägungsarten beziehungsweise -stufen der betrachteten automobilen Megatrends. Als Referenzfahrzeuge wurden demzufolge diejenigen ausgewählt, für die eine relevante Marktdurchdringung auf globaler Ebene im betrachteten Zeithorizont (2016 bis 2030) erwartet wird. Anschließend wird jedes Referenzfahrzeug auf Basis der Systeme definiert, die im Zuge der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung neu hinzukommen oder obsolet beziehungsweise erheblich verändert werden (Abbildung 10).

Abbildung 10

Referenzfahrzeuge und betrachtete Systeme in den jeweiligen automobilen Megatrends



Eigene Darstellung

Ausgewählte Systeme der Fahrzeugelektrifizierung

Zur Festlegung der Referenzfahrzeuge für den Megatrend Fahrzeugelektrifizierung wurden einem konventionellen Antriebsstrang mit Verbrennungsmotor die elektrifizierten Antriebskonzepte des MHEV, FHEV+PHEV sowie des BEV gegenübergestellt. Bei der Auslegung des ICE-Fahrzeugs wird berücksichtigt, dass bereits im Jahr 2016 circa 30 Prozent der Fahrzeuge (Evans, 2017) und 2030 nahezu alle Fahrzeuge mit einer Start-Stopp-Funktion ausgestattet sind beziehungsweise sein werden (VDMA, 2018). Die ausgewählten Referenzfahrzeuge wurden anhand von acht Systemen beschrieben:

Berechnung globaler Effekte der betrachteten automobilen Megatrends

- **Verbrennungsmotor und Peripherie:** Das System berücksichtigt sowohl Otto- als auch Dieselmotoren. Dabei wurde auf Basis der Statistik für 2016 und der prognostizierten Marktanteile für 2030 ein gewichteter Mittelwert des Preises für den Motor ermittelt. Abhängig von den Antriebskonzepten, in denen der Verbrennungsmotor Anwendung findet, beträgt die Bandbreite der Leistung der betrachteten Motoren 85 bis 100 kW. Des Weiteren werden in dieser Kategorie Komponenten des Kraftstoffsystems für konventionelle und Hybridfahrzeuge betrachtet.
- **Abgasanlage:** Bei diesem System wird ebenfalls ein gewichteter Mittelwert für den Preis von Abgasanlagen von Benzin- und Dieselfahrzeugen berechnet. Hierbei wird mit einer steigenden Preisentwicklung gerechnet, da dieses System komplexer wird, um die zunehmenden Anforderungen an die Nachbehandlung von schädlichen Partikel-Emissionen zu erfüllen.
- **Effizienztechnologien und Nebenaggregate:** Das System berücksichtigt sowohl Lösungen zur Minderung von CO₂-Emissionen für konventionelle und hybride Fahrzeuge als auch Komponenten wie den Anlasser und die Lichtmaschine, die künftig durch elektrifizierte Aggregate, zum Beispiel einen Starter-Generator, ersetzt werden. Zu den betrachteten Effizienztechnologien zählen beispielsweise die Start-Stopp-Automatik, der variable Ventilhub, der Atkinson-Zyklus und die Verringerung der Motorreibung. Bei Hybridfahrzeugen wird ein geringerer Preis für die Effizienztechnologien angenommen, da die elektrische Traktion durch die eingesetzte elektrische Maschine einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung der Emissionen leistet.
- **Thermomanagement:** Durch den Entfall beziehungsweise die Verkleinerung des Verbrennungsmotors im Antriebsstrang nimmt die Abwärme im Fahrzeug ab, die zum Beispiel für die Temperierung gewisser Komponenten und die Klimatisierung des Insassenraums genutzt werden kann. Somit entstehen für Hybrid- und elektrische Fahrzeuge zusätzliche Anforderungen an das Thermomanagement.
- **Getriebe:** Bei diesem System wird hauptsächlich zwischen zwei Getriebearten unterschieden: Den konventionellen und Hybridfahrzeugen wird ein komplexes Automatikgetriebe zugeordnet, während BEV ein einfaches und daher günstigeres Übersetzungsgetriebe benötigen.
- **Elektrische Maschine:** Jedem elektrischen Antriebskonzept liegt eine elektrische Maschine mit einer repräsentativen Leistung zugrunde. Im Fall des MHEV wurde eine elektrische Maschine mit 15 kW ausgewählt. Für die Kategorie FHEV+PHEV beträgt die Leistung der E-Maschine fast 65 kW. Batterieelektrische Fahrzeuge sind in dieser Betrachtung mit einer elektrischen Motorleistung von 95 kW definiert.
- **Leistungselektronik und Ladetechnik:** Als repräsentative Komponenten der Leistungselektronik wurden der Pulswechselrichter oder Inverter sowie der Gleichspannungswandler definiert. Darüber hinaus wurden unter dieser Kategorie Komponenten für die konduktive Aufladung der Batterie von PHEV und BEV berücksichtigt. Die erwartete Preisentwicklung der Ladetechnik wurde anhand der durchschnittlichen Preise unterschiedlicher Lademodi gewichtet.
- **Traktionsbatterie:** Bei allen elektrischen Antrieben wurde im Rahmen dieser Studie der Einsatz einer Lithium-Ionen-Batterie angenommen. Die Größe der Batteriesysteme variiert von 0,7 kWh für MHEV bis zu 35 kWh für BEV. Die Einschätzung des Preises basiert auf der erwarteten Preisentwicklung einer Kilowattstunde (kWh) auf Systemebene.

Ausgewählte Systeme der Fahrzeugautomatisierung

Die festgelegten Referenzfahrzeuge im Bereich der Fahrzeugautomatisierung wurden gemäß den sechs Stufen nach VDA (vgl. Kapitel 3.2.1) definiert. Als repräsentative Systeme wurden ausschließlich diejenigen ausgewählt, die für die Realisierung der automatisierten Fahrfunktion unabdingbar sind:

- **Umfelderfassung:** In diesem System wurden, je nach Automatisierungsstufe, unterschiedliche Kombinationen von Sensoren und Kameras analysiert. Die Anzahl an Komponenten variiert mit den erforderlichen Redundanzen der Fahrerassistenzsysteme. Hier finden die Komponenten Ultraschallsensoren, Radarsensoren, Lidar und Kameras Berücksichtigung.
- **Datenverarbeitung:** In diesem System wurde die Funktionalität aller verbauten Steuergeräte zusammengefasst. Hierin enthalten sind die zentrale Verarbeitungseinheit (CPU/GPU), Software zur Fusion und Interpretation von Daten aus der Umfelderfassung sowie erforderliche Schnittstellen im Fahrzeug.
- **Aktorik:** Die zunehmende Automatisierung der Fahrfunktion setzt voraus, dass mechanische Komponenten der Aktorik sukzessive durch elektronische Komponenten ersetzt werden. Abhängig von der Automatisierungsstufe finden Module beziehungsweise Lösungen wie die elektronische Stabilitätskontrolle (ESC), das elektronische Gaspedal, die elektromechanische Bremse und die elektrische Lenkung in den automatisierten Fahrzeugen Anwendung.
- **Ortung:** In diesem System wurden hochgenaue digitale Karten sowie die erforderlichen Empfänger berücksichtigt.

Ausgewählte Systeme der Fahrzeugvernetzung

Abhängig vom Datenübertragungsweg wurden in diesem Bereich vier Referenzfahrzeuge betrachtet: das nicht vernetzte Fahrzeug und Fahrzeuge mit *Embedded*-, *Tethered*- oder *Integrated*-Konnektivität (vgl. Kapitel 3.2.2). Zur Beschreibung der Referenzfahrzeuge dienen zwei Systeme:

- **Kommunikationssystem:** In diesem System wurden Hardware und Software betrachtet, die für die Vernetzung des Fahrzeugs erforderlich sind, beispielsweise ein Modem, eine SIM-Karte inklusive Lesegerät und eine Telematics Control Unit (TCU). In Fahrzeugen mit eingebetteter Konnektivität wurden diese Komponenten in vollem Umfang als Bestandteile des Fahrzeugs betrachtet, während Fahrzeuge mit *Tethered*- oder *Integrated*-Konnektivität nur teilweise über diese Komponenten verfügen, da sie in mobilen Endgeräten verbaut sind. Anschlüsse per WLAN, Bluetooth und USB wurden als Standardausstattung aller Fahrzeuge betrachtet. Daher wurde hierfür keine Preisdifferenzierung nach Konnektivitätsform vorgenommen.
- **Multimedia- und Fahrerinformationssystem:** Zu diesem System zählen Hardware und Software für die Benutzerschnittstellen (HMI), insbesondere Display-Elemente. Der Umfang und die damit verbundenen Preise für diese Systeme können je nach Fahrzeugsegment stark variieren. Anhand sekundärer Recherchen der am Markt verfügbaren Lösungen wurde hierfür ein durchschnittlicher Preis ermittelt.

5.3 Prognostiziertes Marktvolumen bis 2030 im Basisszenario für die Megatrends Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung

Die Berechnung der Umsätze für die betrachteten Fahrzeugkomponenten des Basisszenarios ergibt für das Zieljahr 2030 einen Gesamtbetrag von circa 1.170 Milliarden Euro. Dies entspricht einem Zuwachs von 577,9 Milliarden Euro im Vergleich zum Basisjahr 2016. Dieser enorme Zuwachs ist auf mehrere Effekte zurückzuführen. Zum einen auf das globale Wachstum, zum anderen auf die kostenintensiveren Komponenten, die im Zuge der technologischen Trends fahrzeugseitig hinzukommen. Die globale Umsatzentwicklung der jeweiligen Systeme ist Tabelle 4 zu entnehmen. Im zeitlichen Verlauf ergeben sich bei manchen Systemen zwischenzeitliche Zunahmen und Rückgänge der Umsätze in den betrachteten Zeitfenstern 2016–2020–2025–2030:

- Das globale Marktvolumen der trendabhängigen Systeme wird 2016 auf gut 592 Milliarden Euro geschätzt. 87,4 Prozent davon entfallen auf die Systeme, die von der Elektrifizierung des Antriebsstrangs betroffen sind.
- Das Marktvolumen soll bis 2030 auf 1.170 Milliarden Euro wachsen. Das ist ein Plus von rund 98 Prozent – also fast eine Verdopplung. Dabei spielt neben den Veränderungen der spezifischen Kosten der Systeme und den Strukturverschiebungen bei den Referenzfahrzeugen auch die prognostizierte Zunahme der weltweit produzierten Fahrzeuge eine Rolle.
- Noch stärker wachsen die globalen Marktvolumen im Bereich der Automatisierung (+403 Prozent) und der Fahrzeugvernetzung (+263 Prozent). Auf diese beiden Bereiche werden nach dem Basisszenario im Jahr 2030 rund 27,6 Prozent des Marktvolumens entfallen – 2016 waren es erst rund 12,6 Prozent.

Tabelle 4

Prognostizierte Marktvolumen im Basisszenario nach automobiler Megatrend

	2016	2020	2025	2030	Veränderung 2016–2030
Milliarden Euro					
Fahrzeugelektrifizierung	518,0	646,3	790,8	847,1	329,1
Fahrzeugautomatisierung	37,8	75,4	154,2	190,4	152,6
Fahrzeugvernetzung	36,6	69,2	108,1	132,8	96,2
Gesamt	592,4	790,9	1053,1	1170,3	577,9

Eigene Berechnung



Einen detaillierteren Blick in die Marktentwicklung zeigen die Tabelle 5 und Abbildung 11. Interessant ist insbesondere ein differenzierender Blick auf der Fahrzeugelektrifizierung.

- Alle Systeme, die der Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung zugeordnet sind, zeichnen sich durch ein durchgängig positives Wachstum aufgrund der Erweiterung der Fahrzeugausstattung aus.
- Im Fall der Fahrzeugelektrifizierung zeigen sich negative Umsatzentwicklungen bei Komponenten, die vom Verbrennungsmotor abhängig sind und daher mit zunehmendem Elektrifizierungsgrad an Wertschöpfung verlieren. Am deutlichsten ist dieser Effekt beim Verbrennungsmotor selbst zu beobachten, der im betrachteten Zeitraum einen Rückgang von circa 4,4 Milliarden Euro aufweisen wird (vgl. Abbildung 11). Der Peak des prognostizierten Umsatzes für dieses System liegt im Jahr 2020 bei fast 250 Milliarden Euro und fällt bis zum Jahr 2030 um fast zehn Prozent auf unter 230 Milliarden Euro. Im Folgenden werden die Entwicklungen der einzelnen Megatrends daher einer detaillierteren Analyse unterzogen.
- Der erwartete Umsatz der Abgasanlage steigt beispielsweise bis zum Jahr 2025 trotz sinkender Marktanteile des Verbrennungsmotors und sinkt zwischen 2025 und 2030. Dieses Phänomen ist auf die Entwicklung des jährlichen Wachstums der Fahrzeugneuzulassungen (vgl. Kapitel 4.1) zurückzuführen.

Tabelle 5

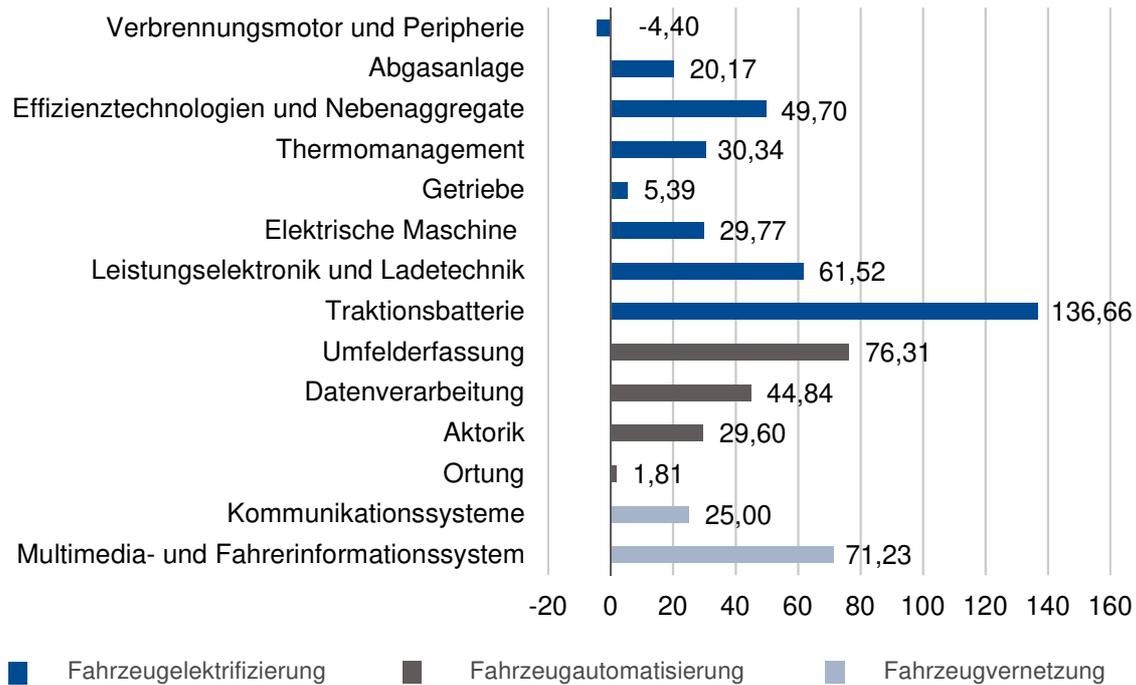
 Prognostizierte weltweite Umsätze der betrachteten Systeme im Basisszenario nach Einzelsystemen¹⁾

	2016	2020	2025	2030	2030 (Index 2016=100)
Fahrzeugelektrifizierung					
Verbrennungsmotor und Peripherie	231,6	249,0	247,4	227,2	98,1
Abgasanlage	58,4	72,9	81,7	78,6	134,5
Effizienztechnologien und Nebenaggregate	82,4	114,2	137,1	132,1	160,3
Thermomanagement	29,8	37,9	49,2	60,2	201,7
Getriebe	93,8	101,6	104,1	99,2	105,7
Elektrische Maschine	2,7	10,5	23,3	32,5	1.208,6
Leistungselektronik und Ladetechnik	8,3	20,3	44,2	69,8	838,8
Traktionsbatterie	10,9	40,0	103,8	147,6	1.350,0
Fahrzeugautomatisierung					
Umfelderfassung	15,0	36,6	87,5	91,3	609,6
Datenverarbeitung	17,8	29,8	46,3	62,6	352,1
Aktorik	4,8	8,5	19,2	34,4	718,5
Ortung	0,3	0,5	1,3	2,1	701,3
Fahrzeugvernetzung					
Kommunikationssystem	12,0	21,3	34,7	37,0	308,3
Multimedia- und Fahrerinformationssystem	24,6	47,9	73,4	95,8	390,0

¹⁾ Angaben in Milliarden Euro
 Eigene Berechnung

Abbildung 11

Entwicklung globaler Umsatzpotenziale nach System und automobiler Megatrend¹⁾



¹⁾ In Milliarden Euro.

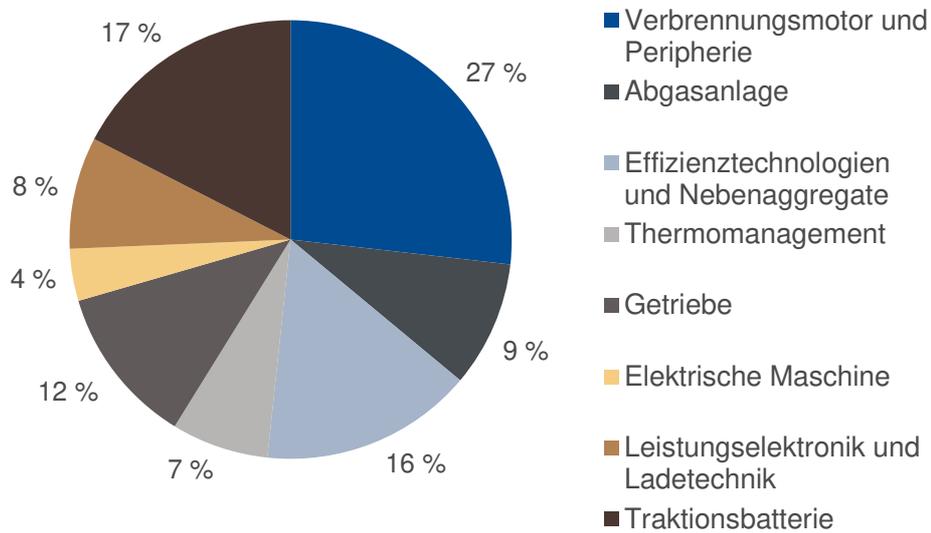
Eigene Darstellung

Fahrzeugelektrifizierung

Die acht Systeme der ausgewählten Antriebstechnologien generieren laut Berechnung im Jahr 2030 einen Umsatz von circa 847 Milliarden Euro. Das System des Verbrennungsmotors mit der dazugehörigen Peripherie umfasst dabei 27 Prozent und bleibt im betrachteten Zeitraum der größte Umsatzträger (vgl. Abbildung 12). Grund dafür ist, dass im Jahr 2030 noch immer 79 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor im Antriebsstrang ausgestattet sein werden. Effizienztechnologien und Nebenaggregate zur Minderung der Emissionswerte von konventionellen und Hybridfahrzeugen werden ebenfalls an Bedeutung gewinnen und 16 Prozent der Umsatzanteile ausmachen. Die Traktionsbatterie für Hybrid- und rein batterieelektrische Fahrzeuge wird bei den neuen Komponenten für Antriebsstränge den größten Umsatzanteil besitzen. Trotz einer prognostizierten Kostendegression von fast 45 Prozent bis zum Jahr 2030 wird dieses System die deutlichste Veränderung im globalen Umsatzpotenzial zwischen 2016 und 2030 aufweisen.

Abbildung 12

Umsatzanteile der betrachteten Systeme im Antriebsmix im Jahr 2030

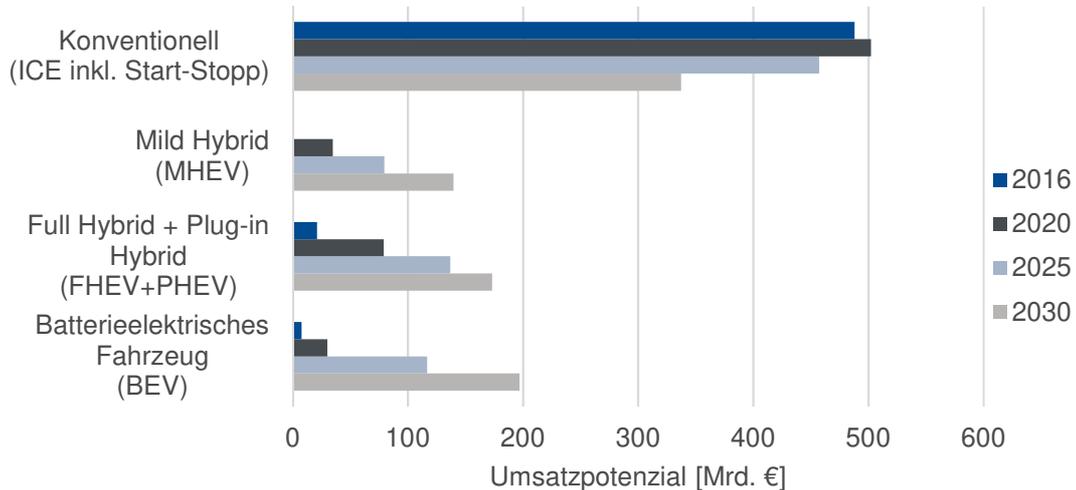


Eigene Darstellung

Die Verteilung der Umsätze nach Antriebsarten für die Jahre 2016, 2020, 2025 und 2030 wird in Abbildung 13 dargestellt. Der konventionelle Antriebsstrang wird dem Basisszenario gemäß noch im nächsten Jahrzehnt sowohl hinsichtlich seiner Markt- als auch Umsatzanteile (entsprechend den hier modellierten repräsentativen Systemen) die relevanteste Form der Traktion bleiben. Weniger vorhersehbar ist die Entwicklung der verschiedenen Hybridkonzepte: Zwischen dem MHEV und der Kategorie der FHEV+PHEV wird für das Jahr 2030 eine Differenz im Umsatz von rund 34 Milliarden Euro prognostiziert. Allerdings herrscht aktuell noch Ungewissheit darüber, wie sich die Marktanteile der Mild Hybride mit 48-V-Bordnetz und der Micro Hybride mit 12-V-Bordnetz (hier als ICE mit Start-Stopp bezeichnet) verteilen werden.

Abbildung 13

Umsatzpotenziale der betrachteten Referenzfahrzeuge der Fahrzeugelektifizierung



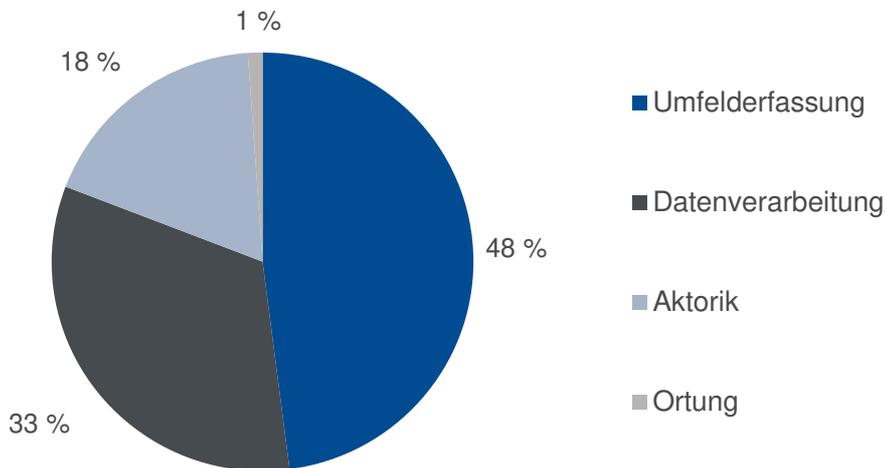
Eigene Darstellung

Fahrzeugautomatisierung

Für die vier modellierten Systeme automatisierter Fahrzeuge wird ein Umsatz von gut 190 Milliarden Euro für das Jahr 2030 prognostiziert. Dies entspricht einem Zuwachs von gut 152 Milliarden Euro im Vergleich zum Jahr 2016. Die Umfelderkennung besitzt mit 48 Prozent beziehungsweise rund 91 Milliarden Euro dabei das größte Umsatzpotenzial im Jahr 2030 innerhalb der Automatisierungssysteme (Abbildung 14), gefolgt vom System der Datenverarbeitung mit 33 Prozent beziehungsweise fast 63 Milliarden Euro. Im Vergleich zum Jahr 2016 weisen diese zwei Systeme eine Veränderung des Umsatzpotenzials von über 120 Milliarden Euro auf. Grund für diese Entwicklung ist die zunehmende Anzahl an Komponenten der Sensorik sowie Hardware und Software zur Datenfusion und -interpretation, die mit der fortschreitenden Durchdringung höherer Automatisierungsstufen einhergeht. Hinsichtlich des absoluten Umsatzpotenzials spielt die Aktorik für automatisierte Fahrzeuge mit 18 Prozent des für 2030 erwarteten Umsatzes eine eher untergeordnete Rolle. Mit einem Wachstumsfaktor von 7,2 verzeichnet dieses System jedoch den größten relativen Zuwachs, wofür der Einsatz von elektronischen Komponenten für die Längs- und Querverführung der automatisierten Fahrzeuge verantwortlich ist. Das Ortungssystem besitzt mit rund zwei Milliarden Euro im Jahr 2030 den kleinsten Anteil am prognostizierten Umsatz. Dieses Ergebnis ist auf die vergleichsweise niedrigen Preise der digitalen Karten und GPS-Systeme zurückzuführen.

Abbildung 14

Umsatzanteile der betrachteten Automatisierungssysteme im Jahr 2030

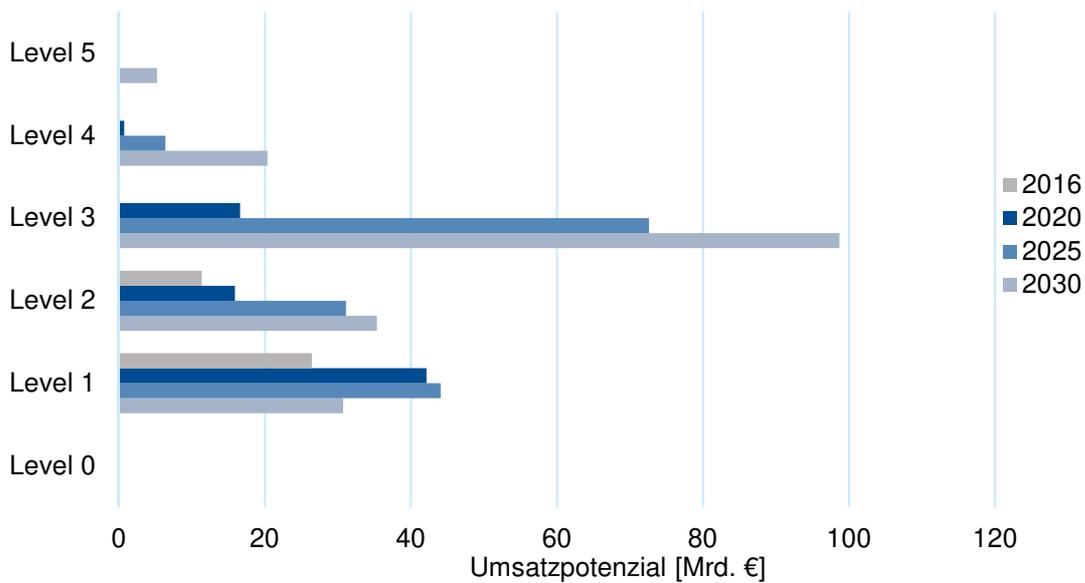


Eigene Darstellung

Es ist mit einer erheblichen Umverteilung der Marktvolumen zu rechnen. Im Startjahr 2016 gibt es nur Fahrzeuge mit dem Automatisierungslevel 0, 1 oder 2. Im Jahr 2030 entfällt auf diese Levels nur noch ein Marktanteil von knapp 35 Prozent. Rund 52 Prozent der Marktvolumen im Jahr 2030 entfallen auf Fahrzeuge mit Level 3. Im Gegensatz dazu verzeichnen vollautomatisierte Fahrzeuge (Level 4 und 5) bis zum Jahr 2030 relativ geringe Umsatzpotenziale, da sie zusammen erst fünf Prozent der Fahrzeugneuzulassungen auf dem Automobilmarkt ausmachen werden (vgl. Abbildung 8 und Abbildung 15).

Abbildung 15

Umsatzpotenziale der betrachteten Referenzfahrzeuge der Fahrzeugautomatisierung



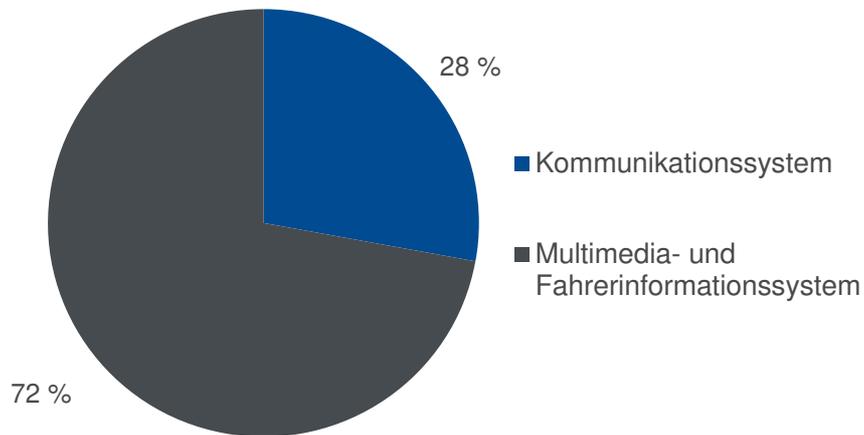
Eigene Darstellung

Fahrzeugvernetzung

Für das Jahr 2030 wird für die Systeme im Bereich Fahrzeugvernetzung ein globales Umsatzpotenzial von etwa 133 Milliarden Euro prognostiziert. Dabei besitzt das Multimedia- und Fahrerinformationssystem mit 72 Prozent den größten relativen Anteil am Umsatzpotenzial (vgl. Abbildung 16). Dies ist vor allem auf den steigenden Neuwagenabsatz mit einer *Embedded*-Konnektivität zurückzuführen. Das System besitzt somit auch den größten Umsatzzuwachs mit gut 71 Milliarden Euro im Vergleich zum Jahr 2016. Der Zuwachs bei Kommunikationssystemen liegt hingegen bei nahezu 25 Milliarden Euro. Zusätzliche Umsatzpotenziale können sich durch die Nutzung von Mehrwertdiensten ergeben. Diese wurden allerdings in Rahmen dieser Studie nicht betrachtet.

Abbildung 16

Umsatzanteile der betrachteten Vernetzungssysteme im Jahr 2030

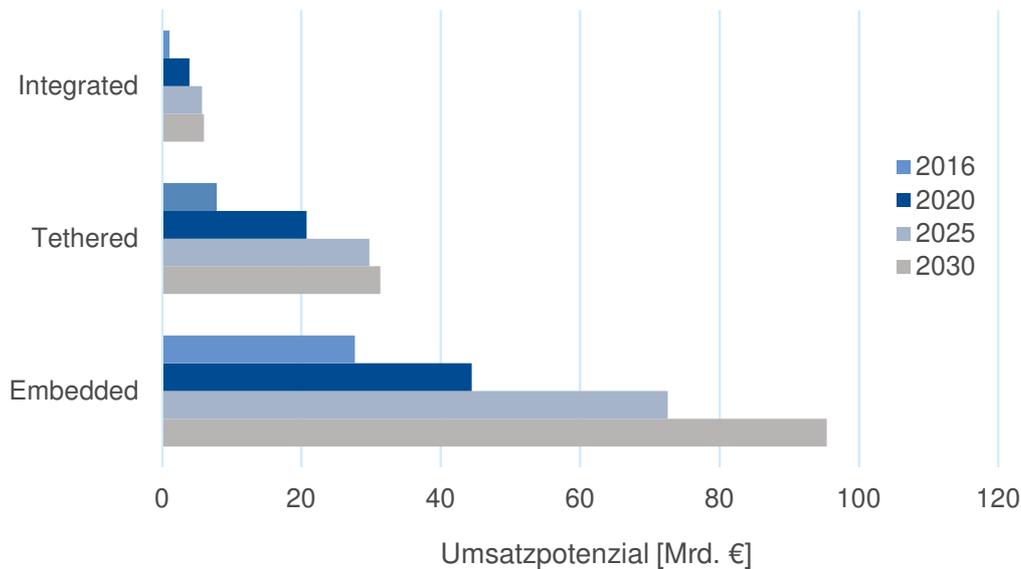


Eigene Darstellung

Abbildung 17 zeigt die prognostizierten Umsätze der unterschiedlichen Konnektivitätsformen für die Jahre 2016, 2020, 2025 und 2030. Diese steigen im betrachteten Zeitraum kontinuierlich an, was auf die zunehmende Anzahl an vernetzten Fahrzeugen (jährliche globale Neuzulassungen) zurückzuführen ist. Die *Embedded*-Konnektivität verspricht, hierbei die größten Umsatzpotenziale zu generieren, da sie gegenüber der *Tethered*- und *Integrated*-Konnektivität den größeren Umfang an Software und Hardware für die HMI- sowie Display-Elemente enthält.

Abbildung 17

Umsatzpotenziale der betrachteten Referenzfahrzeuge der Fahrzeugvernetzung



Eigene Darstellung

5.4 Prognostiziertes Marktvolumen bis 2030 in einem Alternativszenario mit Fokus auf Mobility as a Service (MaaS)

Der technologische Fortschritt und die Marktdiffusion der jeweiligen automobilen Megatrends führen zu vielschichtigen Wechselwirkungen in der Automobilindustrie. Durch die Verbreitung von innovativen Mobilitätsangeboten, wie Carsharing oder Ridehailing, können sich Effekte auf die Entwicklung der Fahrzeugneuzulassungen ergeben (vgl. Kapitel 3.3). Diversen Studien zufolge wird zukünftig ein Großteil der in der Nutzung geteilten Fahrzeuge rein batterieelektrisch betrieben werden, um die gesetzlichen Vorgaben zur Minderung von CO₂-Emissionen im urbanen Raum gerecht zu werden. Dies wird begünstigt, wenn die Voraussetzungen für das Schnell- oder sogar automatische und induktive Laden erfüllt werden (PwC, 2017b). Des Weiteren wird prognostiziert, dass das Carsharing die Diffusion vom automatisierten Fahren, zum Beispiel mittels Roboter-Taxis, in dicht besiedelten, städtischen Gebieten beschleunigen kann (VTPI, 2018).

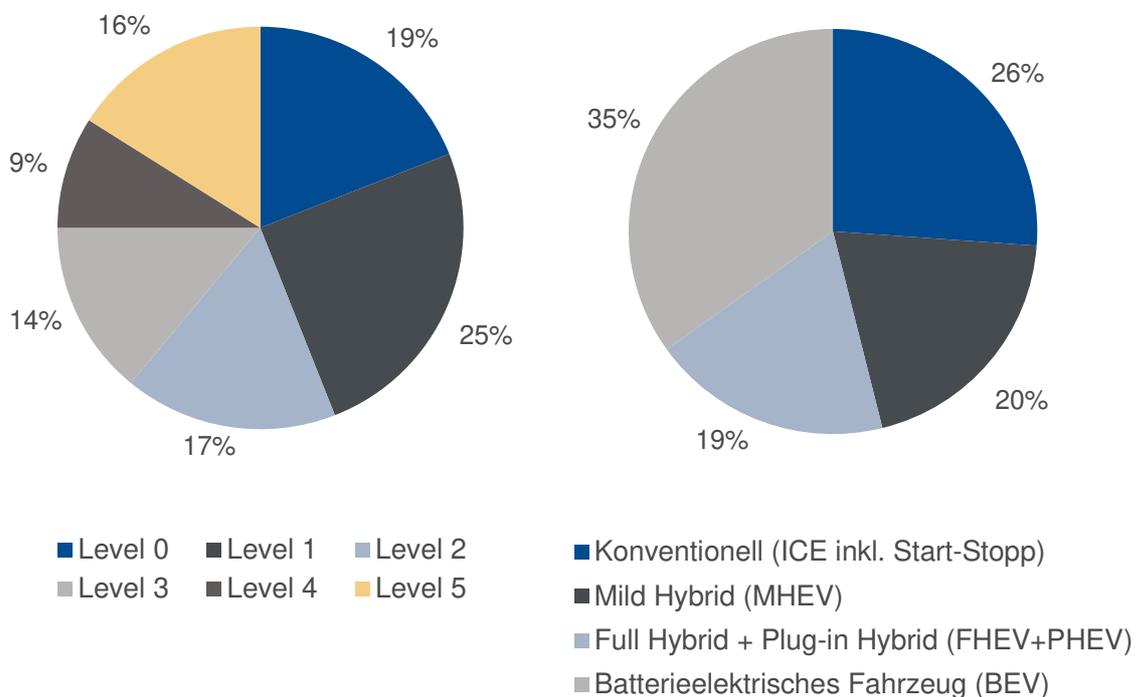
Basierend auf diesen Entwicklungen werden in dem vorliegenden Alternativszenario die Effekte einer extremen Durchdringung von MaaS auf die globalen Umsatzpotenziale im Jahr 2030 aufgezeigt. Hierfür werden folgende Annahmen getroffen: Für die globalen jähr-

lichen Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2030 wird angenommen, dass die Effekte der Urbanisierung und Sharing Economy zu einem Null-Prozent-Wachstum dieser führen. Für das Jahr 2030 werden daher 90 Millionen Fahrzeugneuzulassungen angenommen.

Die Anteile der Antriebskonzepte und Automatisierungsstufen an den weltweiten Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2030 verändern sich im Vergleich zum Basisszenario (vgl. Kapitel 4.2) und sind in Abbildung 18 dargestellt. Im Vergleich zur Diffusion der Fahrzeugelektrifizierung des Basisszenarios (vgl. Kapitel 5.3) verändern sich die Anteile der konventionellen (Basisszenario 40 Prozent) und batterieelektrischen Fahrzeuge (Basisszenario 21 Prozent). Bei den Automatisierungsstufen verändern sich vor allem die Anteile der Level 4 und 5, die auf neun Prozent beziehungsweise 16 Prozent ansteigen (Basisszenario vier Prozent L4 und ein Prozent L5). Für die Fahrzeugvernetzung werden die Anteile für das Jahr 2030 wie im Basisszenario angenommen.

Abbildung 18

Anteile der Automatisierungsstufen (links) und Antriebskonzepte (rechts) an den weltweiten Neuzulassungen im Jahr 2030 im Alternativszenario mit Fokus auf MaaS



Eigene Darstellung



Berechnung globaler Effekte der betrachteten automobiler Megatrends

Mithilfe der beschriebenen Methode wird für das Jahr 2030 ein globales Marktvolumen der trendabhängigen Systeme von 955,2 Milliarden Euro prognostiziert. Dieses fällt im Vergleich zum Basisszenario (1.170 Milliarden Euro) deutlich geringer aus. Die jährlichen Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2030 (hier 90 Millionen anstatt 116 Millionen im Basisszenario) haben den größten Einfluss auf das prognostizierte Umsatzpotenzial. Die Umsätze der einzelnen Systeme sind in Tabelle 6 dargestellt. Der Einfluss der jeweiligen Anteile der Antriebskonzepte wird beispielsweise beim System „Verbrennungsmotor und Peripherie“ deutlich. Das Umsatzpotenzial dieses Systems im Jahr 2030 beträgt in diesem Szenario 144,1 und damit gut 83 Milliarden weniger als im Basisszenario. Dafür beträgt der prognostizierte Umsatz der Traktionsbatterie im Jahr 2030 gut 173 Milliarden Euro, was eine positive Differenz von knapp 26 Milliarden Euro im Vergleich zum Basisszenario darstellt.



Tabelle 6

Prognostizierte weltweite Umsätze der betrachteten Systeme im Basisszenario und im Alternativszenario mit Fokus auf MaaS

	2016 Basis- szenario	2030 Basis- szenario	2030 MaaS- Szenario
in Milliarden Euro			
Fahrzeugelektrifizierung			
Verbrennungsmotor und Peripherie	231,6	227,2	144,1
Abgasanlage	58,4	78,6	48,0
Effizienztechnologien und Nebenaggregate	82,4	132,1	74,1
Thermomanagement	29,8	60,2	50,8
Getriebe	93,8	99,2	68,0
Elektrische Maschine	2,7	32,5	34,7
Leistungselektronik und Ladetechnik	8,3	69,8	73,6
Traktionsbatterie	10,9	147,6	173,4
Fahrzeugautomatisierung			
Umfelderfassung	15,0	91,3	100,2
Datenverarbeitung	17,8	62,6	52,9
Aktorik	4,8	34,4	30,9
Ortung	0,3	2,1	1,9
Fahrzeugvernetzung			
Kommunikationssystem	12,0	37,0	28,7
Multimedia- und Fahrerinformationssystem	24,6	95,8	74,2
Gesamt	592,4	1.170,3	955,2

Eigene Darstellung

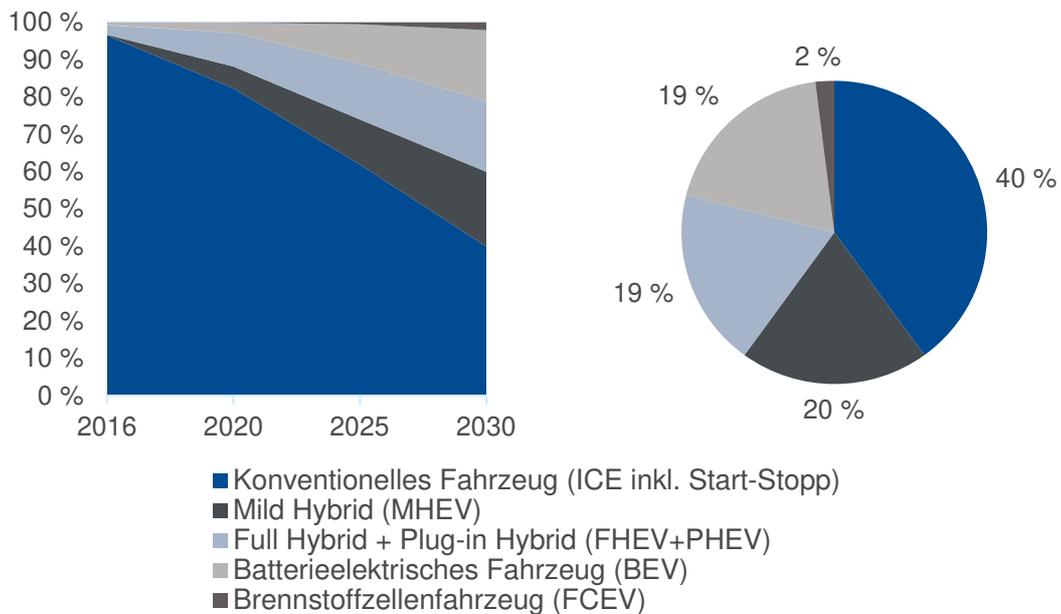
5.5 Prognostiziertes Marktvolumen bis 2030 in einem Alternativszenario mit Fokus auf Brennstoffzellenfahrzeugen

In diesem Alternativszenario wird explizit auf das Antriebskonzept des FCEV eingegangen und ein Marktvolumen für das Jahr 2030 prognostiziert. Dieses Antriebskonzept wurde im Basisszenario vernachlässigt, da hierfür in zahlreichen Studien nur geringe jährliche Fahrzeugneuzulassungen prognostiziert werden (vgl. Kapitel 4.1). Aktuell sind im Jahr 2018 nur sehr wenige Modelle auf dem Markt verfügbar, wie der Toyota Mirai, der Hyundai ix35 Fuel Cell oder der Honda Clarity Fuel Cell. Im Vergleich zu einem BEV verfügen Brennstoffzellenfahrzeuge über eine höhere Energiedichte, eine höhere Reichweite sowie einen schnelleren Tankvorgang. Allerdings ist die Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen sehr begrenzt, beispielsweise gab es Ende 2017 nur 35 Wasserstofftankstellen in Deutschland (PwC, 2017b; WELT, 2017a).

In diesem Szenario sollen die Effekte auf den prognostizierten Umsatz gezeigt werden, falls sich durch Fördermaßnahmen und Wasserstofftankstellenausbau eine positive Entwicklung dieser Technologie zeigt und dann der Anteil von FCEV auf zwei Prozent der jährlichen Neuzulassungen im Antriebsmix 2030 steigt. Im Vergleich zum Basisszenario (vgl. Kapitel 4.2.1) werden diese zwei Prozent dem Anteil der BEV abgezogen. Die daraus resultierenden Anteile der jeweiligen Antriebskonzepte an den jährlichen Neuzulassungen im Jahr 2030 sind in Abbildung 19 dargestellt.

Abbildung 19

Weltweite Fahrzeugneuzulassungen nach Antriebskonzept im Alternativszenario mit Fokus auf Brennstoffzellenfahrzeugen¹⁾



¹⁾ Prognostizierte relative Marktentwicklung der verschiedenen Antriebskonzepte 2016–2030 (links),
Anteile an den weltweiten Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2030 (rechts)
Eigene Darstellung

Des Weiteren erfolgt die Berechnung des prognostizierten globalen Marktvolumens in diesem Szenario auf Basis der dargestellten Fahrzeugmarktentwicklung aus Kapitel 4.1 sowie analog zu Kapitel 5.2 auf Basis der Definition des Referenzfahrzeugs und dessen entsprechenden Systemen. Das Brennstoffzellenfahrzeug enthält ein Thermomanagementsystem, ein einfaches Übersetzungsgetriebe, eine 90 kW leistende elektrische Maschine, eine Leistungselektronik, eine Traktionsbatterie und ein Brennstoffzellensystem inklusive Wasserstofftank.

Die Ergebnisse aus Tabelle 7 verdeutlichen die Sensitivität des Automobilmarkts auf Veränderungen in der Diffusion von Brennstoffzellenfahrzeugen. Bereits bei einem Marktanteil von 0,5 Prozent im Jahr 2025, wonach knapp über 550.000 Brennstoffzellenfahrzeuge neu zugelassen wären, ergeben sich nicht zu vernachlässigende Effekte. Für das Brennstoffzellensystem, inklusive Wasserstofftank, wird für das Jahr 2030 ein Umsatzpotenzial von 12,4 Milliarden Euro prognostiziert, wenn der Anteil von FCEV 2 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge betragen würde (circa 2,32 Millionen Fahrzeuge).

Es können außerdem Verschiebungen der Umsatzpotenziale bei anderen Systemen für Elektrofahrzeuge beobachtet werden, wenn man das Alternativszenario mit dem Basisszenario vergleicht: Die Umsätze der Batterie und der elektrischen Maschine fallen im Alternativszenario um 9,6 beziehungsweise 1,8 Milliarden Euro niedriger aus als im Basisszenario. Das System der Leistungselektronik und Ladetechnik verliert entsprechend 2,79 Milliarden Euro an Umsatz, da Brennstoffzellenfahrzeuge kein Ladegerät benötigen. Für die Systeme Thermomanagement und Getriebe ergeben sich gemäß dieser Betrachtung keine Veränderungen, da hier vergleichbare Konstruktionen beziehungsweise Preise angenommen wurden. Die Umsätze der konventionellen Komponenten Verbrennungsmotor inklusive Peripherie sowie Abgasanlage bleiben ebenfalls unverändert, da sich die Diffusionsanteile der Antriebskonzepte gemäß Annahme nicht verschieben.

Tabelle 7

Prognostizierte weltweite Umsätze der betrachteten Systeme der Fahrzeugelektrifizierung im Alternativszenario mit Fokus auf Brennstoffzellenfahrzeugen

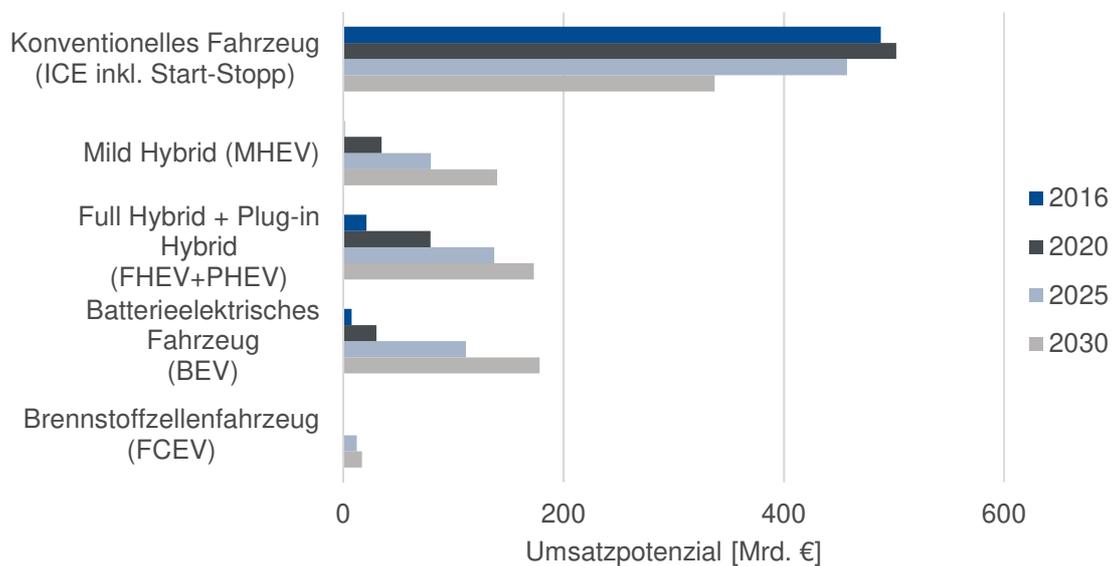
System	Umsatzpotenzial [Mrd. €]			
	2016	2020	2025	2030
Verbrennungsmotor und Peripherie	231,6	249,0	247,4	227,2
Abgasanlage	58,4	72,9	81,7	78,6
Effizienztechnologien und Nebenaggregate	82,4	114,2	137,0	132,1
Thermomanagement	29,8	37,9	49,2	60,2
Getriebe	93,8	101,6	104,1	99,2
Elektrische Maschine	2,7	10,5	22,8	30,7
Leistungselektronik und Ladetechnik	8,3	20,3	43,5	67,1
Traktionsbatterie	10,9	40,0	101,0	138,0
Brennstoffzellensystem	-	-	11,0	12,4
Gesamt	518,0	646,3	797,7	845,5

Eigene Darstellung

Aus Abbildung 20 wird ersichtlich, dass die Prognose des Umsatzpotenzials von Brennstoffzellenfahrzeugen in den Jahren 2025 und 2030 vergleichsweise gering gegenüber den anderen analysierten Antriebstechnologien ausfällt. Betrachtet man allerdings die hierfür angenommene Marktdiffusion von 0,5 beziehungsweise zwei Prozent, so steigt der erwartete Umsatz mit einem zunehmenden Anteil an den jährlichen Fahrzeugneuzulassungen bei den FCEV stärker als bei den restlichen Antriebskonzepten.

Abbildung 20

Umsatzpotenziale der betrachteten Referenzfahrzeuge der Fahrzeugelektifizierung im Alternativszenario mit Fokus auf Brennstoffzellenfahrzeuge



Eigene Darstellung

5.6 Exkurs: Effekte von Leichtbaustrategien in der globalen Automobilindustrie

Effekte von Leichtbaumaßnahmen im Fahrzeugbau lassen sich auf Basis von Gewichtseinsparungszielen und den damit verbundenen Kosten einschätzen. Diese Ziele können je nach Fahrzeugsegment und Antriebskonzept variieren. Im Rahmen dieser Studie werden Kostenbandbreiten für eine angenommene Gewichtseinsparung berechnet. Hierfür wurde das folgende Vorgehen angewendet:

In einem ersten Schritt erfolgte die Prognose der Anteile beziehungsweise der Stückzahlen der jeweiligen Fahrzeugsegmente an den globalen Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2025. Die Basis für die Berechnung der Stückzahlen bildete die im Kapitel 4.1 prognostizierte globale Fahrzeugmarktentwicklung. Da sich die Nachfrage nach gewissen Fahrzeugsegmenten

je nach Antriebskonzept unterscheidet, wurden zwei Kategorien definiert: konventionelle und Hybridfahrzeuge sowie Plug-in- und batterieelektrische Fahrzeuge. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8

Prognostizierte Verteilung der globalen Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2025 nach Fahrzeugsegment und Antriebsart

Fahrzeugsegmente	Fahrzeugneuzulassungen (Stückzahlen)		
	<i>Gesamt 2025</i>	<i>ICE+HEV 2025</i>	<i>BEV+PHEV 2025</i>
Kleinstwagen	6.632.487	5.396.290	1.236.197
Kleinwagen	21.002.875	18.824.874	2.178.001
Kompaktklasse	33.162.434	24.269.359	8.893.075
Mittelklasse	9.948.730	7.594.313	2.354.418
Oberklasse	3.316.243	2.495.978	820.266
Sportwagen	2.210.829	1.920.430	290.399
Pick-up und SUV	18.792.046	16.134.102	2.657.944
Multivan	8.843.316	7.916.464	926.852
Nicht klassifiziert	6.632.487	3.881.347	2.751.140
Gesamt	110.541.447	88.433.157	22.108.292

Eigene Darstellung angelehnt an KPMG, 2015; Frost & Sullivan, 2017

Anschließend wurden Durchschnittswerte für das aktuelle Gewicht (2016) und Zielgewicht (2025) der Fahrzeuge in den jeweiligen Segmenten dokumentiert. Die Zielgewichte entstammen dabei den Angaben verschiedener Studien zu Dekarbonisierungsstrategien im Automotive-Sektor (Frost & Sullivan, 2018; Automotive Council UK, 2017). Damit konnten segmentspezifische Gewichteinsparungen ermittelt werden, welche Tabelle 9 zu entnehmen sind.

Tabelle 9

Durchschnittliches Gewicht von global neu zugelassenen Fahrzeugen 2016 und 2025 nach Fahrzeugsegment und Antriebsart

Fahrzeug-seg- mente	Gewichte ICE+HEV [kg]			Gewichte BEV+PHEV [kg]		
	Gewicht 2016	Ziel-ge- wicht 2025	Gewichts- einspa- rung	Gewicht 2016	Ziel-ge- wicht 2025	Gewichts- einspa- rung
Kleinstwagen	850	744	106	1.250	1.172	78
Kleinwagen	1.200	1.050	150	1.600	1.500	100
Kompaktklasse	1.500	1.313	188	1.900	1.781	119
Mittelklasse	1.600	1.400	200	2.000	1.875	125
Oberklasse	2.100	1.838	263	2.600	2.438	163
Sportwagen	1.650	1.444	206	2.150	2.016	134
Pick-up und SUV	2.300	2.013	288	2.800	2.625	175
Multivan	2.500	2.188	313	3.000	2.813	188
Nicht klassifi- ziert	1.400	1.225	175	1.850	1.734	116

Eigene Darstellung angelehnt an Frost & Sullivan, 2018; Automotive Council UK, 2017

Mithilfe der eingeschätzten Kosten für die Gewichtseinsparung je Fahrzeugsegment konnte die Bandbreite der erforderlichen Kosten zur Erreichung des Zielgewichts ermittelt werden. Unter der Annahme, dass alle Fahrzeuge in den jeweiligen Segmenten einer Leichtbaustrategie unterzogen werden, wurde das Kostenspektrum für die gesamte Stückzahl der im Jahr 2025 neu zugelassenen Fahrzeuge berechnet. Tabelle 10 veranschaulicht dieses Ergebnis.

Tabelle 10

Bandbreite der Kosten für Gewichtseinsparung im Jahr 2025 nach Fahrzeugsegment und Antriebsart

Fahrzeugsegmente	Kosten Gewichtseinsparung ICE+HEV					
	Min. (€/kg)	Max. (€/kg)	Kosten/ Fzg Min.	Kosten/ Fzg Max.	Kosten ges. Min. (Mio. €)	Kosten ges. Max. (Mio. €)
Kleinstwagen	0,4	2,4	43	255	229	1.376
Kleinwagen	0,4	2,4	60	360	1.130	6.777
Kompaktklasse	0,4	2,4	75	450	1.820	10.921
Mittelklasse	1,6	4,8	320	960	2.430	7.291
Oberklasse	1,6	8,0	420	2100	1.048	5.242
Sportwagen	4,0	12,0	825	2475	1.584	4.753
Pick-up und SUV	1,6	8,0	460	2300	7.422	37.108
Multivan	1,6	8,0	500	2500	3.958	19.791
Nicht klassifiziert	0,4	2,4	70	420	272	1.630
Gesamt					19.894	94.889
Kleinstwagen	4,0	12,0	313	938	386	1.159
Kleinwagen	4,0	12,0	400	1200	871	2.614
Kompaktklasse	4,0	12,0	475	1425	4.224	12.673
Mittelklasse	4,0	12,0	500	1500	1.177	3.532
Oberklasse	4,0	12,0	650	1950	533	1.600
Sportwagen	4,0	12,0	538	1613	156	468
Pick-up und SUV	4,0	12,0	700	2100	1.861	5.582
Multivan	4,0	12,0	750	2250	695	2.085
Nicht klassifiziert	4,0	12,0	463	1388	1.272	3.817
Gesamt					11.176	33.529

Eigene Darstellung



Berechnung globaler Effekte der betrachteten automobilen Megatrends

Ausgehend von den vorherigen Berechnungen ergibt sich eine Bandbreite von circa 20 bis 95 Milliarden Euro an Kosten für die Gewichtsreduzierung von gut 88 Millionen Fahrzeugen (vgl. Tabelle 10) mit konventionellen und Hybridantrieben im Jahr 2025. Für batterieelektrische und Plug-in-Hybridfahrzeuge mit einer Stückzahl von gut 22 Millionen Fahrzeugen (vgl. Tabelle 10) beläuft sich das Spektrum für Leichtbaumaßnahmen auf 11 bis circa 34 Milliarden Euro für das Jahr 2025. Die Analyse anhand einer Bandbreite anstatt eines Mittelwerts wurde bevorzugt, da die Kosten für die Maßnahmen zur Gewichtsreduktion im Fahrzeug je nach eingesetztem Material und ausgewählten Komponenten stark variieren können. Aus Kundensicht zielt die Leichtbaustrategie nicht nur auf die Kraftstoff- und Emissionsreduzierung, sondern auch auf emotionale und ästhetische Aspekte. Oftmals sind Käufer von Sport- und Luxuswagen bereit, Mehrkosten für den Einsatz innovativer Materialien wie CFK in sichtbaren Bauteilen wie Spoiler und Schürzen oder das Monocoque zu tragen.

6 Auto-Cluster Bayern

Auto-Cluster erwirtschaftet jeden zwölften Euro Wertschöpfung in Bayern

6.1 Branchensicht

Die Automobilindustrie ist eine Kernbranche der bayerischen Wirtschaft. Das wird besonders bei einem Vergleich mit bundesdeutschen Werten deutlich (Tabelle 11)⁵:

- Auf die Automobilindustrie in der Abgrenzung der Branche „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteile“ entfallen 11,3 Prozent aller Umsätze der bayerischen Wirtschaft. Bundesweit liegt der Vergleichswert bei 7,6 Prozent.
- Die Branche erwirtschaftet in Bayern 7,4 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung (Löhne, Abschreibungen Mieten, Pachten, Zinsen und Gewinne)⁶. Im Bund liegt diese Quote bei 4,5 Prozent. Der Wertschöpfungsanteil ist deutlich kleiner als der Umsatzanteil, weil die Automobilindustrie eine relativ geringe Fertigungstiefe hat – also sehr viele Güter und Dienstleistungen von anderen Unternehmen als Vorleistungen einkauft.
- In der Automobilindustrie sind in Bayern 2,7 Prozent aller Erwerbstätigen beschäftigt. Auch dieser Anteil ist höher als in Deutschland (2,0 Prozent). Der Beschäftigungsanteil ist niedriger als der Wertschöpfungsanteil, weil die Produktivität im Automobilsektor deutlich überdurchschnittlich ist.

Darüber hinaus ist die Automobilbranche traditionell sehr export-, innovations- und forschungsstark. Die entsprechenden Quoten und Intensitäten sind höher als in der Gesamtwirtschaft oder im Vergleich zu Durchschnittswerten des Verarbeitenden Gewerbes.

Tabelle 11

Bedeutung der bayerischen Automobilindustrie¹⁾

<i>Material / Baustoff</i>	<i>Umsatz</i>	<i>Wertschöpfung</i>	<i>Beschäftigung</i>
Bayern	11,3	7,4	2,7
Deutschland	7,6	4,5	2,0

¹⁾ Branchenkonzept nach Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnung, Anteile an gesamter Bruttowertschöpfung in Prozent (2016)

Quelle: Statistisches Bundesamt (2017), eigene Berechnungen

⁵ Diese Daten sind in den amtlichen Statistiken in dieser Form nicht verfügbar. Sie müssen durch eine Kombination einer Sonderauswertung der VGR der Länder, der Industriestatistik und einigen Annahmen berechnet werden. Die Ergebnisse sind plausibel und verstehen sich als Dimensionierungen zur Bestimmung der Größenordnung der Branche.

⁶ Die Bruttowertschöpfung kann auf zwei Wegen berechnet werden. Im Additionsverfahren werden die Faktoreinkommen (Löhne, Abschreibungen Mieten, Pachten, Zinsen und Gewinne) addiert. Bei dem Subtraktionsverfahren ergibt sich die Bruttowertschöpfung als Differenz zwischen dem Umsatz und den eingesetzten Vorleistungen.

6.2 Das Auto-Cluster nach der Produktsicht

Für die vorliegende Studie ist ein Blick nur auf die Branche „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ nicht ausreichend. Erfasst werden muss das gesamte Auto-Cluster, das heißt auch die Zulieferer außerhalb der Automobilindustrie. Dafür ist eine Darstellung der gesamten Vorleistungsverflechtungen der bayerischen Wirtschaft notwendig. Solche Daten liefern Input-Output-Tabellen (IOT, siehe Kasten). Das Statistische Bundesamt bietet solche IOT für Deutschland, nicht aber für einzelne Bundesländer an. Die IOT werden traditionell nur mit großer Zeitverzögerung vorgelegt. Derzeit stammt die aktuelle bundesweite IOT aus dem Jahr 2013. Die IOT in Deutschland sind nach dem Produktkonzept organisiert und aufbereitet.

Kasten: Input-Output-Tabellen

Eine IOT ist kurz gefasst ein in sich geschlossenes System, das alle Transaktionen auf der Angebots- und Nachfrageseite einer Volkswirtschaft differenziert nach Gütergruppen und die sich daraus ergebenden Faktoreinkommen (Komponenten der Wertschöpfung) darstellt. Die deutsche IOT differenziert nach 72 Gütergruppen. IOT für einzelne Bundesländer werden derzeit nicht bereitgestellt. Deshalb wurde für das Projekt eine IOT für Bayern erarbeitet. Eine Input-Output-Tabelle hat drei Teile.

- Sie zeigt erstens das Produktionsnetzwerk, das heißt die Vorleistungsverflechtungen zwischen einzelnen Gütergruppen. Es wird ermittelt, wie viele Vorleistungen die Unternehmen einer Gütergruppe an Unternehmen der eigenen und andere Gruppen verkaufen und wie viele Vorleistungen dort eingekauft werden. In nationalen (bundesweiten) Input-Output-Tabellen wird dabei zwischen inländischen und importierten Vorleistungen unterschieden. Bei regionalisierten IOT wird die regionale Dimension um die betrachtete Einheit (hier Bayern) ergänzt. Es werden dann – differenziert nach 44 Produktgruppen in Bayern – Vorleistungskäufe und -verkäufe mit Unternehmen aus anderen Bundesländern und dem Ausland dargestellt. Das geht rechnerisch nur, wenn die IOT aller Bundesländer simultan berechnet werden.
 - In der Input-Output-Tabelle wird auch die Absatzseite modelliert. Damit wird die Verteilung des Produktionswerts der einzelnen Gütergruppen nach Nachfragekomponenten, Vorleistungslieferungen, Investitionen, Konsum, Export und Lager ermittelt. Dadurch ist die Absatzstruktur definiert, denn der Produktionswert entspricht etwa den Umsätzen. Auch hier wird in einer regionalisierten Bayern-IOT zwischen Lieferungen an Unternehmen in Bayern, an das übrige Bundesgebiet und das Ausland (entspricht Exporten) unterschieden.
 - In einem dritten Teil werden die Faktoreinkommen der einzelnen Gütergruppen dargestellt. Dazu zählen Löhne und Gehälter, Abschreibungen, Mieten, Zinsen und Gewinne korrigiert um Produktsteuern und Subventionen. Die Summe dieser Faktoreinkommen entspricht der Wertschöpfung. Äquivalent kann die Wertschöpfung auch als Produktionswert minus bezogene Vorleistungen berechnet werden.
-

Für diese Studie wird deshalb eine Input-Output-Tabelle für Bayern auf Basis eines Modells der TwinEconomics berechnet. Dabei werden für jede der 44 betrachteten Produktgruppen neben den Produktionswerten⁷, der Bruttowertschöpfung, den Importen sowie den Lieferungen an die Endverwendung (einschließlich Exporten) auch die Vorleistungsverflechtungen dargestellt. Dabei wird explizit berechnet, wie viele Vorleistungen die Unternehmen einer Produktgruppe an die anderen liefern und wie viele sie von anderen beziehen. Mit diesen Vorleistungsverflechtungen ist das Produktionsnetzwerk vollständig beschrieben.

Die deutsche IOT hat die Besonderheit, dass sie nach dem Produkt- und nicht nach dem Branchenkonzept organisiert ist. Es werden 44 Produktgruppen unterschieden. Eine davon sind „Kraftwagen und Kraftwagenteile“. Dabei wird berücksichtigt, dass die einzelnen Branchen nicht nur Produkte ihrer Branchen, sondern auch branchenfremde Produkte herstellen. Im Umsatz der Automobilindustrie in Bayern sind beispielsweise etwa 15 Prozent Umsatzanteile aus der Herstellung branchenfremder Produkte (unter anderem Maschinenbau, Handelsleistungen, Finanzdienstleistungen, unternehmensnahe Dienstleistungen) enthalten. Diese werden entweder direkt am Markt verkauft oder sind Teil des eigenen Vorleistungseinsatzes.

Produktionswerte

Auf Basis der errechneten bayerischen Input-Output-Tabelle kann die Größe des Auto-Clusters Bayern bestimmt werden. Die Basisdaten liegen für das Jahr 2013 vor. Die Ergebnisse werden auf das Jahr 2016 mit den Wachstumsraten der einzelnen Branchen hochgerechnet. Ausgewiesen sind Produktionswerte, die annäherungsweise auch als Umsatz interpretiert werden können.

- Nach dem Produktkonzept der IOT umfasst das Auto-Cluster einen Produktionswert in Höhe von 125,4 Milliarden für 2016.
- Das entspricht 12,2 Prozent des gesamten Produktionswerts oder äquivalent der Umsätze der bayerischen Wirtschaft.
- Im Jahr 2013 lag dieser Anteil noch bei 11,1 Prozent – das Auto-Cluster ist also überdurchschnittlich gewachsen.

Tabelle 12 zeigt die Struktur der Produktionswerte des Auto-Clusters Bayern. Dabei wird unterschieden nach den Zulieferbranchen⁸ und den Zielregionen der Lieferungen der bayerischen Unternehmen. Die Berechnungen basieren auf der IOT Bayern mit 44 Produktbereichen, die zu acht Obergruppen zusammengefasst wurden. Zu den Mitgliedern des Auto-Clusters werden nur die Branchen gerechnet, die spezifische Autoteile als Vorleistungen an die Automobilindustrie liefern.

⁷ Der Produktionswert ist die Summe aus Umsatz, Wert der selbsterstellten Anlagen und Vorratsveränderungen an eigenen Erzeugnissen. Die Erfassung erfolgt nach dem Inlandsprinzip. Der Produktionswert entspricht in den amtlichen Statistiken weitgehend dem Umsatz. Die Umsätze in den Unternehmensbilanzen sind weiter gefasst; sie enthalten auch Umsätze aus Auslandsproduktionen.

⁸ Zur Vereinfachung der Sprache wird hier auch der Begriff Branche verwendet, obwohl es streng genommen Gütergruppen nach der CBA-Klassifikation ((classification of products by activity) sind.



Berücksichtigt werden bei diesem Konzept nur die der Automobilproduktion vorgelagerten Zulieferstufen. Unberücksichtigt bleiben der Produktion nachgelagerte Prozesse, wie zum Beispiel die Bereiche Autohandel, Reparatur oder die Versicherungs- und Kreditwirtschaft. Die Ergebnisse:

- Tabelle 12 zeigt die Lieferungen der bayerischen Unternehmen aus verschiedenen Produktbereichen an Unternehmen der Automobilindustrie (Produktkonzept) in Bayern, in andere Bundesländer und ins Ausland. Die Produktionswerte (oder vereinfacht die Umsätze) der Zulieferer addieren sich auf 19,1 Milliarden Euro. Davon werden rund 6,3 Milliarden an Automobilunternehmen in Bayern geliefert. Rund 4,2 Milliarden Euro gehen an Automobilkunden in anderen Bundesländern und fast 8,6 Milliarden über Vorleistungsexporte ins Ausland.
- Die wichtigsten Zulieferer (außerhalb der Automobilindustrie selbst) kommen aus den Bereichen Metalle und Maschinenbau (jeweils knapp 5 Milliarden Euro), der Gummi- und Kunststoffindustrie (3,2 Milliarden Euro) sowie der Elektroindustrie (2,5 Milliarden Euro). Gut 88 Prozent aller Zulieferungen stammen aus der Industrie und der Rest aus den beiden Dienstleistungssektoren.
- Neben den Vorleistungslieferungen zählt natürlich der Produktionswert der bayerischen Automobilindustrie zum Auto-Cluster. Mit gut 106 Milliarden Euro ist es sogar der Kernbereich. Das entspricht einem Anteil von 85 Prozent des gesamten Clusters.

Tabelle 12

 Produktionswerte des Auto-Clusters Bayern 2016¹⁾

<i>Produktbereiche</i>	<i>Bayern</i>	<i>Andere BL</i>	<i>Export</i>	<i>Gesamt</i>
Chemie	193	127	306	626
Gummi- und Kunststoff	1.216	613	1.421	3.250
Metalle	2.056	1.787	1.050	4.893
Maschinenbau	805	438	3.688	4.931
Elektroindustrie	655	302	1.517	2.474
Sonstige Industrie	97	35	477	609
Logistik	632	485	116	1.233
Unternehmensnahe Dienstleister	649	428	16	1.094
Zulieferer²⁾	6.304	4.215	8.591	19.110
Auto PW³⁾				106.252
Cluster gesamt				125.362
Anteile am Produktionswert in Bayern 2016				12,2
Anteil am Produktionswert in Bayern 2013				11,1

¹⁾ In Millionen Euro

²⁾ Nicht-Auto-Bereiche

³⁾ Der Produktionswert (PW) setzt sich zusammen aus der Wertschöpfung des Produktionsbereichs Auto zuzüglich Vorleistungskäufen in Bayern, in anderen Bundesländern und im Ausland. Dieser Vorleistungseinsatz kann wiederum nach 44 Produktgruppen aufgeteilt werden.

Quellen: IW Consult (2018), Statistisches Bundesamt (2017), eigene Berechnungen

Das Auto-Cluster ist in Bayern größer als in Deutschland. Bundesweit liegt der Anteil des Auto-Clusters am Produktionswert bei nur bei 8,4 Prozent – in Bayern sind es wie erwähnt 12,2 Prozent. Auch in Deutschland hat das Cluster an Bedeutung gewonnen und ist überdurchschnittlich gewachsen. Im Jahr 2013 lag der Anteil am gesamtwirtschaftlichen Produktionswert noch bei knapp 8 Prozent (Bayern: 11,1 Prozent).



Wertschöpfung, Beschäftigung und Produktivität

Das Auto-Cluster Bayern erwirtschaftet eine Wertschöpfung in Höhe von gut 40 Milliarden Euro (2016). Das sind 7,9 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung der bayerischen Wirtschaft (Tabelle 13). 2013 lag dieser Anteil noch bei 7,3 Prozent. Etwa vier Fünftel dieser Wertschöpfung entfallen auf die Autoindustrie selbst und der Rest auf die Zulieferer in anderen Bereichen.

Dem Auto-Cluster Bayern können rund 340.000 Arbeitsplätze zugeordnet werden. Das sind 4,5 Prozent aller Erwerbstätigen im Freistaat. Gut zwei Drittel davon können dem Automobilbereich direkt zugeordnet werden.

Die Produktivität des Auto-Clusters Bayern (nominale Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen) ist mit rund 118.000 Euro höher als im Durchschnitt der bayerischen Wirtschaft (knapp 68.000 Euro). Innerhalb des Clusters erwirtschaften die Unternehmen der Autobranche mit gut 139.000 Euro eine höhere Produktivität als die Zulieferer aus den anderen Branchen (rund 73.000 Euro). Die Dienstleistungsbereiche haben innerhalb der Gruppe der Zulieferer wiederum eine deutlich unterdurchschnittliche Produktivität.

Tabelle 13

 Wertschöpfung, Beschäftigung und Produktivität ¹⁾ des Auto-Clusters Bayern ²⁾

	<i>Wertschöpfung</i>	<i>Beschäftigte</i>	<i>Produktivität</i>
	1.000 Euro	Anzahl	1.000 Euro
Chemie	114	977	116,6
Gummi- und Kunststoff	1.125	17.243	65,2
Metalle	1.800	27.252	66,1
Maschinenbau	2.096	22.829	91,8
Elektroindustrie	1.151	10.215	112,7
Sonstige Industrie	278	4.595	60,5
Logistik	515	9.053	56,9
Unternehmensnahe Dienstleister	671	13.633	49,2
Zulieferer	7.751	105.797	73,3
Kraftwagen und -teile	32.596	234.302	139,1
Cluster gesamt	40.346	340.099	118,6
Anteil 2016 an BWS Bayern in Prozent	7,9	4,5	
Anteil 2013 an BWS Bayern in Prozent	7,3	4,3	
Bayern, gesamt	510.761	7.539.000	67,7

¹⁾ Nominale Bruttowertschöpfung (BWS) je Beschäftigten.

²⁾ Hochgerechnete Daten für 2016.

Quelle: Statistisches Bundesamt (2017), eigene Berechnungen

Fazit: Das Auto-Cluster in Bayern ist größer als in Deutschland. Auch die Produktivität ist höher als im bundesweiten Vergleich:

- In Bayern entfallen 12,2 Prozent des gesamtwirtschaftlichen Produktionswerts auf das Auto-Cluster; bundesweit sind es 8,4 Prozent.
- 7,9 Prozent der Bruttowertschöpfung und 4,5 Prozent aller Arbeitsplätze können in Bayern dem Auto-Cluster zugeordnet werden. In Deutschland sind es 5,4 Prozent beziehungsweise 3,6 Prozent.
- Die Wertschöpfung je Erwerbstätigen (Produktivität) beläuft sich im Auto-Cluster Bayern auf fast 119.000 Euro, im Bund sind es knapp 98.000 Euro.

6.3 Struktur des Auto-Clusters Bayern

Nachfolgend werden einige wichtige Strukturmerkmale des Auto-Clusters Bayern vorgestellt. Neben der Größenstruktur werden die Ausstattung mit erfolgsrelevanten Faktoren, die regionale Beschaffungsstruktur und die Stellung der Unternehmen in der automobilen Wertschöpfungskette untersucht.

Größenstruktur

Das Auto-Cluster ist stark von großen Unternehmen geprägt (Tabelle 14). Rund der 74 Prozent der Beschäftigten in Branchen des Auto-Clusters arbeiten in Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten. Im Durchschnitt der bayerischen Wirtschaft liegt dieser Anteil nur bei rund 37 Prozent. Besonders hoch sind die Anteile der großen Unternehmen in der Automobilindustrie (88,4 Prozent) und in der Elektroindustrie (63,6 Prozent). Eine geringere Bedeutung haben die großen Unternehmen bei den unternehmensnahen Dienstleistungen und im Metallbereich.

Die Tabelle 14 zeigt den Anteil der Arbeitsplätze der Cluster-Unternehmen differenziert nach Branchen und Größenklassen. Rund 17,7 Prozent aller Arbeitsplätze entfallen auf Cluster-Unternehmen. Definitiv gehört die Kernbranche der Herstellung von Kraftwagen und -teilen dazu. Besonders wichtig ist das Auto-Cluster für den Bereich Metalle und die Chemie-, Kunststoff- und Gummiindustrie.

Tabelle 14

 Größen- und Branchenstruktur des Auto-Clusters Bayern¹⁾

	<i>Gesamt</i>	<i>Anteil</i>	<i>bis 49</i>	<i>50 bis 499</i>	<i>500 und mehr</i>
Chemie, Gummi- und Kunststoff	18,2	13,5	9,8	52,5	37,7
Metalle	27,3	15,1	29,9	44,9	25,2
Maschinenbau	10,2	8,9	6,5	36,4	57,1
Elektroindustrie	10,2	4,6	7,6	28,9	63,6
Sonstige Industrie	4,6	3,7	19,5	36,2	44,3
Logistik	9,1	2,8	38,2	20,5	41,3
Unternehmensdienste	13,6	3,1	35,9	34,1	30,0
Kraftwagen und -teile	234,3	100,0	1,5	10,1	88,4
Cluster	340,1	17,7	7,3	19,1	73,6

¹⁾ Hochgerechnete Daten für 2016; Beschäftigte in 1.000; Anteile in Prozent.

Quelle: Statistisches Bundesamt (2017), eigene Berechnungen

Ausstattung mit erfolgsrelevanten Merkmalen

Forschende, innovative und auslandsaktive Unternehmen sind erfolgreicher als andere. Unternehmen mit diesen Erfolgsfaktoren sind im Auto-Cluster deutlich überrepräsentiert (Tabelle 15):

- Die Unternehmen des Auto-Clusters haben deutlich häufiger Auslandsproduktion (fast 30 Prozent).
- Die Innovatorenquote – also der Anteil der Unternehmen, die in den letzten drei Jahren neue Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse eingeführt haben – liegt unter den Unternehmen des Auto-Clusters mit 69 Prozent über 10 Prozentpunkte höher als der Innovatorenanteil unter den Unternehmen der übrigen Wirtschaft.
- Zwei Drittel der Unternehmen des Auto-Clusters sind internationalisiert. Sie exportieren, betreiben Forschung und Entwicklung (F+E), einen Produktionsstandort oder eine Handelsniederlassung im Ausland; in der Gegengruppe sind es nur 57 Prozent.
- Über drei Viertel der Unternehmen des Auto-Clusters betreiben gelegentlich oder sogar kontinuierlich F+E; auch das ist deutlich mehr als die Unternehmen in der übrigen Wirtschaft (62 Prozent).

Tabelle 15

Strukturmerkmale der Unternehmen des Auto-Clusters¹⁾

	<i>Gesamt</i>	<i>Anteil</i>
Internationalisierung ²⁾	66,6	57,4
Auslandsproduktion	29,8	17,2
Innovatoren	69,3	58,8
FuE-Tätigkeit	75,9	62,1

¹⁾ Anteil der Unternehmen in Prozent; mitarbeitergewichtet.

²⁾ Unternehmen mit Auslandsumsätzen und/oder Auslandsproduktion.

Quelle: Befragungen IW Consult (2018)

Die Unterschiede werden aber mit Ausnahme der Internationalisierung deutlich kleiner, wenn man die Unternehmensgrößeneffekte herausrechnet. Die überdurchschnittliche Ausstattung mit erfolgsrelevanten Merkmalen ist deshalb im Wesentlichen auf die spezifische Unternehmensgrößenstruktur zurückzuführen.

Beschaffungsstruktur

Die Unternehmen des Auto-Clusters Bayern sind stärker in internationale Wertschöpfungsketten eingebunden als im Durchschnitt die Gesamtwirtschaft. Innerhalb Deutschlands sind sie stark auf Bayern konzentriert und oft das Zentrum von regionalen Clustern:

- Gut ein Fünftel des Produktionswerts des Auto-Clusters kommt vom Ausland. In der Gesamtwirtschaft liegt diese Importquote nur bei knapp 12 Prozent.
- Die Unternehmen des bayerischen Auto-Clusters beziehen Vorleistungen in Höhe von rund 27 Prozent des Produktionswerts aus Bayern. In der Gesamtwirtschaft sind es fast 23 Prozent.
- Diese Beschaffungsstruktur verdeutlicht insgesamt, dass das Auto-Cluster in Bayern eine niedrigere Fertigungstiefe hat – also bezogen auf den Produktionswert mehr Vorleistungen einkauft. Im Auto-Cluster liegt dieser Anteil bei gut 67 Prozent, in der Gesamtwirtschaft sind es nur 50 Prozent.

Tabelle 16

Regionale Beschaffungsstruktur des Auto-Clusters Bayern¹⁾

	<i>Cluster</i>	<i>Gesamt</i>
Importe	21,6	11,7
Vorleistungen aus Bayern	27,3	22,6
Vorleistungen aus Rest D	17,6	15,8
Vorleistungen gesamt	66,5	50,1

¹⁾ Anteile in Prozent für 2016; Cluster im Vergleich zu Gesamtwirtschaft.
Eigene Berechnungen

OEM und Zulieferer

Das Auto-Cluster erwirtschaftet einen Produktionswert von rund 125 Milliarden Euro (2016). Davon entfallen Schätzungen zufolge knapp 38 Prozent auf die OEM und 62 Prozent auf die Zulieferer. Innerhalb der Zulieferergruppe gibt es zwei Besonderheiten:

- Der größte Umsatzanteil fällt auf die Systemlieferanten, die als Tier 1⁹ bezeichnet werden. Auf diese Unternehmen entfallen knapp zwei Fünftel des gesamten Cluster-Umsatzes. Bezogen an den Anteil der Zulieferer sind es knapp zwei Drittel. Die nachgeordneten Zulieferer haben deutlich geringere Umsatzanteile.
- Gut 78 Prozent der Umsätze entfallen auf die großen Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten. Das ist eine Folge eines Strukturmerkmals des Clusters. Die Tier-1-Zulieferer sind im Regelfall große Unternehmen. Auf die kleinen Unternehmen (weniger als 500 Beschäftigte) entfallen nur knapp 22 Prozent der Umsätze.

⁹ Die Produktionskette ist in der Automobilindustrie hierarchisch in fünf Stufen aufgebaut. Oben stehen die OEM (die Automobilproduzenten). In der ersten Stufe der Lieferkette (Tier) sind Lieferanten zusammengefasst, die ganze Systeme oder Module liefern. Das sind meistens große Unternehmen. Zu der Stufe Tier 2 gehören Lieferanten von Komponenten und Unterbaugruppen. Die Stufe Tier 3 umfasst Unternehmen, die Teile produzieren. Die Unternehmen der Stufe Tier 4 sind nachgelagert. Sie liefern Einzelteile oder Dienstleistungen.

Tabelle 17

 Umsatzstruktur Auto-Cluster Bayern nach Stellung der Wertschöpfungskette¹⁾

	<i>Gesamt</i>	<i>bis 49</i>	<i>50 bis 499</i>	<i>500 und mehr</i>
OEM	37,9			37,9
Zulieferer	62,1	5,5	16,1	40,5
darunter				
Tier 1	39,4	4,8	2,1	32,5
Tier 2	6,9	0,0	1,2	5,7
Tier 3	3,4	0,2	2,3	0,9
Tier 4	12,3	0,4	10,5	1,4
Cluster gesamt	100,0	5,5	16,1	78,4

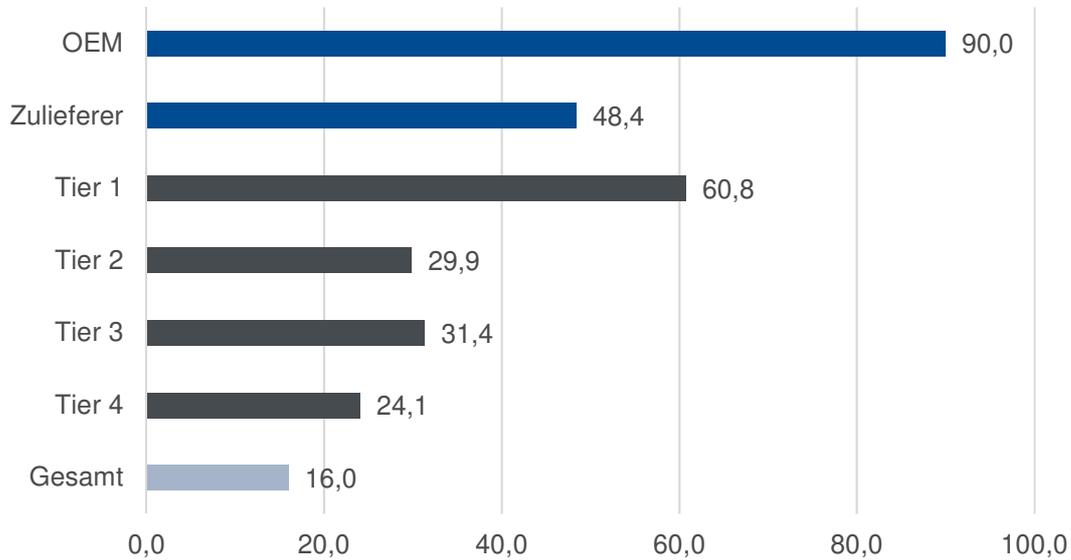
¹⁾ Hochgerechnete Daten für 2016; Befragungsergebnisse; Angaben in Prozent; Gesamt = 100

Quelle: IW Consult (2018), eigene Berechnungen

Die relativ geringen Anteile der kleineren Unternehmen am gesamten Cluster-Volumen bedeutet nicht, dass dieses Geschäft für sie unbedeutend wäre. Das zeigen die Umsatzanteile im Pkw-Geschäft (einschließlich leichter Nutzfahrzeuge) an den Gesamtumsätzen. Dieser Anteil liegt bei den Zulieferern im Durchschnitt bei 48,4 Prozent. Bei den Tier-1-Zulieferern ist das Autogeschäft mit einer Quote von fast 61 Prozent am höchsten. Nur die OEM haben noch höhere Anteile. Bei den Zulieferern der Stufen Tier 2 und Tier 3 hat das Autogeschäft etwa 30 Prozent am Gesamtumsatz. Bei den Unternehmen der nachgelagerten Stufe Tier 4 liegt der Automobilanteil bei knapp einem Viertel des Gesamtgeschäfts. Das sind alle relevanten Anteile, die die Abhängigkeit dieser Unternehmen vom Autogeschäft verdeutlichen. Noch klarer wird das, wenn man den Durchschnittsanteil der Zulieferer (48,4 Prozent) mit dem Anteil der Autoumsätze im Bereich der Industrie und industrienahen Dienstleistungen (16 Prozent¹⁰) vergleicht.

¹⁰ Dieser Anteil wurde in der Befragung des IW-Zukunftspanels im Winter 2017/2018 erhoben. Einbezogen sind nur die Branchen der Industrie und der industrienahen Dienstleistungen. Die ermittelten 16 Prozent sind kompatibel mit dem Anteil von 12,2 des Auto-Clusters am gesamten Produktionswert Bayerns auf Basis der IOT-Berechnungen (Kapitel 6.2).

Abbildung 21

Anteile des Fahrzeuggeschäfts am Gesamtumsatz¹⁾

¹⁾ Angaben in Prozent; Befragungsergebnisse für Industrie und industrienaher Dienstleistungen.

Eigene Darstellung

6.4 Bedeutung im Wirtschaftskreislauf

In Kapitel 6.3 wurde die Größe des Auto-Clusters Bayern berechnet. Es steht für

- 125 Milliarden Euro Produktionswert oder Umsatz
- 40 Milliarden Euro Wertschöpfung und
- 340.000 Beschäftigte.

Damit ist die quantitative Bedeutung des Clusters noch nicht vollständig beschrieben. Es sind nur die unmittelbaren oder direkten Effekte erfasst, nicht aber die Wertbeiträge, die diese Unternehmen durch ihre Aktivitäten bei anderen Unternehmen auslösen. Ökonomen bezeichnen das als Kreislaufeffekte. Dabei sind zwei Arten zu unterscheiden:

- **Indirekte Effekte:** Umsätze, Wertschöpfung oder Beschäftigung, die dadurch ausgelöst werden, dass Cluster-Unternehmen bei anderen Vorleistungen kaufen und diese wiederum bei ihren Lieferanten Güter und Dienstleistungen einkaufen.
- **Induzierte Effekte:** Die Tätigkeiten der Cluster-Unternehmen einschließlich der daran hängenden Lieferanten erwirtschaften Einkommen in Form von Löhnen und Gewinnen. Diese wiederum werden teilweise konsumiert und lösen ihrerseits im Wirtschaftskreislauf zusätzliche Produktionstätigkeit aus.

Neben den oben erwähnten direkten Effekten werden nachstehend auch die indirekten und induzierten Effekte dargestellt (zur Methodik siehe Kasten). Dabei wird berechnet, wie hoch der Produktionswert, die Wertschöpfung und die Beschäftigung wären, wenn es das Auto-Cluster nicht gäbe (Annahme des vollständigen Wegfalls ohne Substitution).

Bruttowertschöpfung

Das Auto-Cluster Bayern induziert bundesweit eine Wertschöpfung von 63,5 Milliarden Euro. Davon entfallen 40,3 Milliarden Euro auf den direkten, 19,8 Milliarden Euro auf den indirekten und 3,3 Milliarden Euro auf den induzierten Effekt (vgl. Tabelle 18). Der Multiplikator beträgt 2,57¹¹. Jeder Euro Wertschöpfung im Auto-Cluster Bayern generiert 1,57 Euro Wertschöpfung bei anderen.

Mehr als drei Viertel (48,6 Milliarden von 63,5 Milliarden Euro) des Effekts bleiben in Bayern. Davon sind 40,3 Milliarden Euro direkter und 8,2 Milliarden Euro indirekter oder induzierter Effekt. Der Multiplikator in Bayern beträgt 1,20. Aber auch die anderen Bundesländer profitieren:

- Von den bundesweiten 23,1 Milliarden Euro indirekter oder induzierter Effekt fließen 14,9 Milliarden Euro in die anderen Bundesländer.
- Besonders profitieren Baden-Württemberg und das Saarland.
- Bei einer Branchenbetrachtung profitieren bei den indirekten und induzierten Effekten insbesondere die Unternehmen der M+E Industrie (35 Prozent) sowie die Bereiche Handel und Logistik (21 Prozent), unternehmensnahe Dienstleistungen (19 Prozent) und gesellschaftsnahe Dienstleistungen (13 Prozent).

Die gesamte Effektgröße (direkt, indirekt und induziert) kann für Bayern mit rund 9,5 Prozent der gesamten Wertschöpfung geschätzt werden. In den anderen Bundesländern sind es immerhin 0,6 Prozent ihrer Wertschöpfung.

¹¹ Er berechnet sich als Quotient aus direktem Effekt zu indirektem und induzierten Effekt (40,3/(19,8+3,3)).

Tabelle 18

 Effekte des Auto-Clusters Bayern auf die Bruttowertschöpfung¹⁾

	<i>Bayern</i>	<i>Andere BL</i>	<i>Deutschland</i>
Direkt	40,3		40,3
Indirekt	5,7	14,1	19,8
Induziert	2,6	0,8	3,3
Indirekt + induziert	8,2	14,9	23,1
Gesamt	48,6	14,9	63,5
Multiplikator ²⁾	1,2	1,37	2,57
% des BWS	9,5	0,6	2,2

¹⁾ In Milliarden Euro.

²⁾ Relation direkter Effekt zu Gesamteffekt.

Quelle: Statistisches Bundesamt (2017), eigene Berechnungen

Beschäftigung

Auch für die Beschäftigung lassen sich die oben genannten Effekte berechnen (Tabelle 19):

- Neben den rund 340.000 direkten Arbeitsplätzen werden durch das Auto-Cluster Bayern bundesweit nochmals 375.000 Jobs durch indirekte oder induzierte Effekte geschaffen. Das entspricht einem Multiplikator von 2,10.
- Von den 375.000 im Wirtschaftskreislauf geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen rund 144.000 auf Bayern und 231.000 auf die anderen Länder in Deutschland.
- In Bayern hängen 6,7 Prozent aller Erwerbstätigen direkt, indirekt oder induziert am Auto-Cluster. Jeder Arbeitsplatz in den Cluster-Unternehmen erzeugt nochmals gut 0,4 Beschäftigungsverhältnisse im Wirtschaftskreislauf.
- Bundesweit hängen 2,5 Prozent aller Arbeitsplätze am Auto-Cluster Bayern. Die Hauptnutznießer sind neben Bayern insbesondere Thüringen, das Saarland und Baden-Württemberg. Dort ist der Anteil der vom Auto-Cluster Bayern bereitgestellten Arbeitsplätze an den Erwerbstätigen im Land am höchsten.

Tabelle 19

 Effekte des Auto-Clusters Bayern auf die Arbeitsplätze¹⁾

	<i>Bayern</i>	<i>Andere BL</i>	<i>Deutschland</i>
Direkt	340.099	0	340.099
Indirekt	82.501	204.092	286.593
Induziert	61.333	27.159	88.492
Indirekt + induziert	143.834	231.251	375.085
Gesamt	483.934	231.251	715.184
Multiplikator ²⁾	1,42	1,68	2,10
% der Erwerbstätigen	6,7	0,6	2,5

¹⁾ Anzahl.

²⁾ Relation direkter Effekt zu Gesamteffekt.

Quelle: Statistisches Bundesamt (2017), eigene Berechnungen

Produktionswert

Der Produktionswert des bayerischen Auto-Clusters in Höhe von 125 Milliarden Euro schafft bundesweit durch indirekte oder induzierte Effekte zusätzlich 54 Milliarden Euro Geschäftsvolumen. Davon entfallen gut 19 Milliarden Euro auf Bayern und rund 35 Milliarden Euro Produktionswert auf andere deutsche Länder. Der gesamtdeutsche Multiplikator beträgt 1,43. In Bayern kann dem Auto-Cluster insgesamt ein Produktionswert in Höhe von fast 145 Milliarden Euro zugerechnet werden. Das sind rund 14 Prozent des gesamten Produktionswerts des Freistaats.

Tabelle 20

 Effekte des Auto-Clusters Bayern auf den Produktionswert¹⁾

	<i>Bayern</i>	<i>Andere BL</i>	<i>Deutschland</i>
Direkt	125,4	0,0	125,4
Indirekt	11,4	33,2	44,5
Induziert	7,8	1,8	9,6
Indirekt + induziert	19,2	35,0	54,2
Gesamt	144,6	35,0	179,5
Multiplikator ²⁾	1,15	1,28	1,43
% des Produktionswerts	14,0	0,7	5,3

¹⁾ In Milliarden Euro.

²⁾ Relation direkter Effekt zu Gesamteffekt.

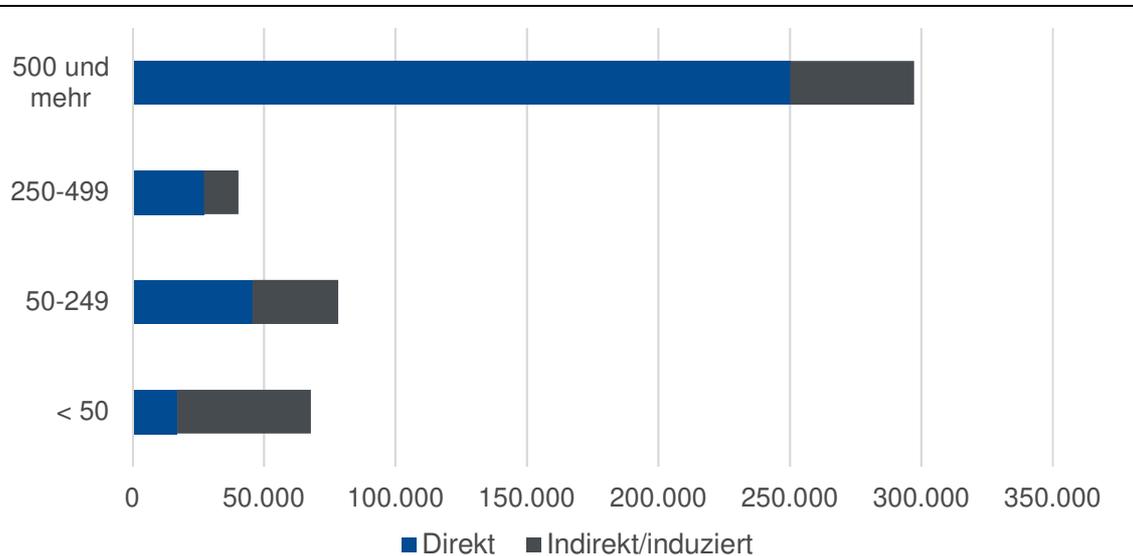
Quelle: Statistisches Bundesamt (2017), eigene Berechnungen

Effekte nach Größenklassen

Für das Auto-Cluster Bayern sind die großen Unternehmen sehr wichtig. Eine größendifferenzierte Analyse zeigt, dass 61 Prozent der direkten, indirekten und induzierten Beschäftigungseffekte den Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten zuzuordnen ist. Auf den Mittelstand (bis zu 499 Beschäftigte) entfallen nur knapp 39 Prozent der Gesamteffekte. Damit sind immerhin 187.000 Arbeitsplätze verbunden (Abbildung 22). Diese Impact-Analyse bestätigt die Ergebnisse des Kapitels 6.3.

Abbildung 22

Beschäftigungseffekte nach Größenklassen in Bayern¹⁾



¹⁾ Anzahl der Beschäftigten; direkte sowie indirekte und induzierte Effekte.

Eigene Darstellung

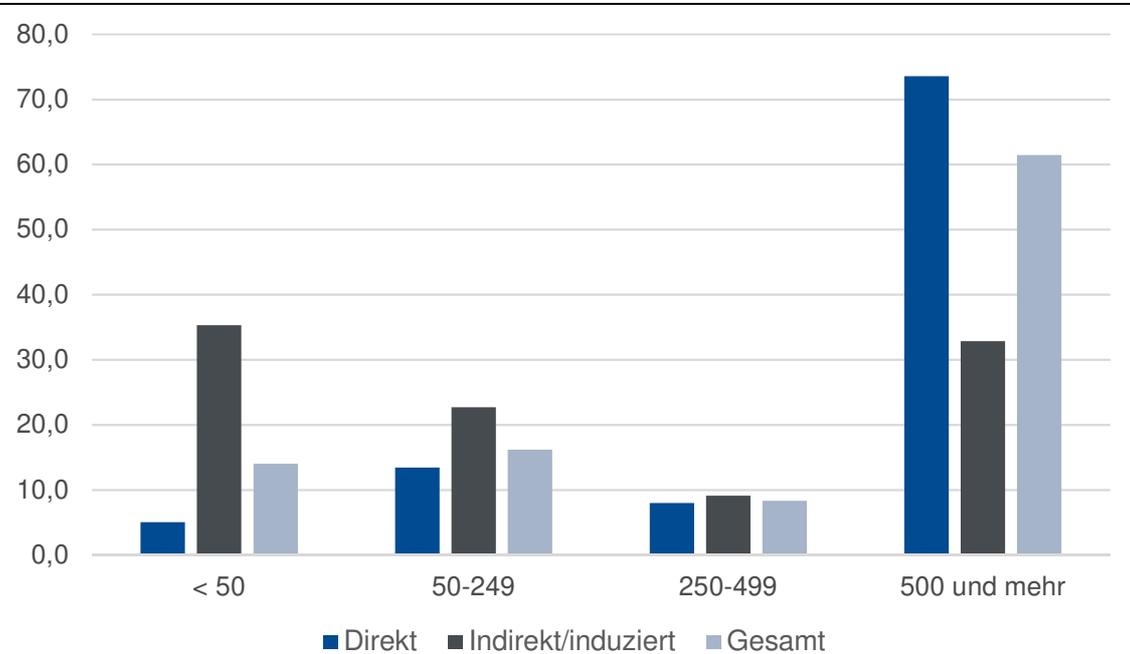
Auffallend sind aber die Strukturunterschiede, wenn zwischen direkten Effekten einerseits und indirekten und induzierten Effekten andererseits differenziert wird:

- Von den indirekten und induzierten Effekten profitieren die kleineren und mittleren Unternehmen deutlich stärker als die größeren. Zwei Drittel dieser Effekte entfallen auf Unternehmen mit bis zu 499 Beschäftigten. Bei den direkten Effekten liegt diese Quote nur bei 26 Prozent.
- Besonders stark profitieren die kleineren Unternehmen mit bis zu 249 Beschäftigten von diesen indirekten oder induzierten Kreislaufeffekten (Abbildung 23). Auf die sehr kleinen Unternehmen mit bis zu 49 Beschäftigten beispielsweise entfallen 35 Prozent aller indirekten und induzierten, aber nur 5 Prozent der direkten Effekte.

Diese Analysen zeigen, dass das Auto-Cluster auch für den bayerischen Mittelstand hochrelevant ist. Die Unternehmen sind zwar weniger von den direkten Effekten des Automobilbaus betroffen als die bayerische Wirtschaft insgesamt. Sie profitieren dafür aber weit überdurchschnittlich von den sekundären Kreislaufeffekten. Diese mittelständischen Unternehmen fungieren eher als Zulieferer des Auto-Clusters (indirekte Effekte) oder bedienen die Nachfrage der Beschäftigten im Auto-Cluster nach weiteren Gütern (induzierte Effekte). Insgesamt partizipieren so 5,6 Prozent der Beschäftigten im bayerischen Mittelstand direkt oder indirekt an der Produktion im Auto-Cluster.

Abbildung 23

Struktur der Beschäftigungseffekte nach Größenklassen in Bayern¹⁾



¹⁾ In Prozent; direkte, indirekte und induzierte Effekte sowie Gesamteffekt jeweils = 100.

Eigene Darstellung

Fazit: In Bayern hängen 14 Prozent der Produktionswerte oder Umsätze, 9,5 Prozent der Wertschöpfung und 6,7 Prozent aller Arbeitsplätze direkt oder indirekt am Auto-Cluster. Diese Zahlen verdeutlichen nochmals die hohe Bedeutung der Automobilindustrie einschließlich der daran hängenden direkten oder indirekten Zulieferer für Bayern. Der Freistaat ist ein Autoland und deshalb von dem kommenden Strukturwandel in der Branche stark betroffen.

7 Marktvolumen für Bayern im Status quo

Bayern auf überdurchschnittlich wachsende automobiler Zukunftsmärkte fokussiert

In Kapitel 5 wurde das globale Weltmarktvolumen für die Systeme bestimmt, die von dem Strukturwandel der Fahrzeugelektrifizierung, der Fahrzeugautomatisierung und Fahrzeugvernetzung besonders betroffen sind. Dieses Volumen beträgt im Basisjahr 2016 rund 592,4 Milliarden Euro.

7.1 Konzept und Datenbasis

In diesem Abschnitt wird ermittelt, wie hoch die entsprechenden Marktvolumen in Bayern sind. Konkret: Es wird errechnet, wie sich die Produktionswerte des bayerischen Auto-Clusters in Höhe von gut 125 Milliarden Euro (Kapitel 6.2) auf die betrachteten Systeme verteilen. Da in dieser Studie nur Pkw und leichte Nutzfahrzeuge berücksichtigt werden, muss aus dem errechneten Produktionswert für das gesamte Auto-Cluster der Anteil herausgerechnet werden, der auf schwere Nutzfahrzeuge, Sonderfahrzeuge und Busse entfällt. Dieser Anteil kann auf Basis von Angaben der Auswertung von Statistiken und Experteneinschätzungen mit zehn Prozent angesetzt werden. Damit verbleibt ein Volumen von rund 112,5 Milliarden Euro, der dem interessierenden Bereich der Pkw und der leichten Nutzfahrzeuge zugerechnet werden kann.

Dieses errechnete bayerische Marktvolumen von 112,5 Milliarden Euro ist allerdings mit dem ermittelten globalen Marktvolumen von 592,4 Milliarden Euro (vgl. Kapitel 6.2) aus zwei Gründen nicht direkt vergleichbar:

- Das globale Marktmodell berücksichtigt nur die von den Trends der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung direkt betroffenen Systeme. Der Wert der anderen Systeme bleibt unberücksichtigt. Dazu zählen unter anderem die Karosserie, das Fahrwerk, die Reifen, das Interieur oder das Exterieur. In den für Bayern ermittelten Marktvolumen sind diese nicht direkt trendabhängigen Komponenten miteingefasst. Zur Kompensation dieser Erfassungsunterschiede gibt es zwei Möglichkeiten: (1) Die Hinzurechnung der fehlenden Systeme in dem globalen Modell oder (2) das Weglassen dieser nicht direkt trendabhängigen Systeme in der bayerischen Erhebung. In der Studie wird der zweite Weg verfolgt, weil die Höhe der Marktvolumen in diesen Systemen für die Analyse des Chancen- und Bedrohungspotenzials relevant ist.

Lösung: Die Hinzurechnung der fehlenden Systeme im globalen Modell erfolgt auf der Grundlage der folgenden Überlegung: Das Modell geht weltweit im Basisjahr 2016 von der Produktion von 90 Millionen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen aus. Damit entfallen auf die betrachteten Systeme (Elektrifizierung, Automatisierung und Vernetzung) 6.582 Euro je Fahrzeug. Es wird in dieser Berechnung davon ausgegangen, dass alle Systeme

Marktvolumen für Bayern im Status quo

eines Fahrzeugs zwischen 18.000 und 24.000 Euro in der Herstellungskosten – im Mittelwert also 21.000 Euro. Auf die betrachteten trendabhängigen Systeme entfällt damit ein Kostenanteil von knapp 31,3 Prozent (6.582 Euro / 21.000). Die Kosten für die nicht einbezogenen Systeme belaufen sich nach dieser Überlegung auf 14.418 Euro (21.000 Euro minus 6.582 Euro). Daraus errechnet sich für die 90 Millionen produzierten Fahrzeuge ein Marktvolumen von rund 1.300 Milliarden Euro. Daraus wiederum ergibt sich ein Gesamtweltmarktvolumen von gerundet von 1.892 Milliarden Euro, wovon rund 592 Milliarden Euro auf die direkt betroffenen Systeme entfallen.

- Der zweite Unterschied zwischen globalem Marktmodell und der Erfassung der bayerischen Produktionswerte des Auto-Clusters liegt in unterschiedlichen Messkonzepten. Bei dem globalen Marktmodell werden die einzelnen Komponenten modelliert und als solche zu Gesamtwerten addiert. Nicht enthalten sind die Umsätze, die durch die Zusammenführung dieser Einzelsysteme zu Fahrzeugen entstehen. Diese Aufgabe übernehmen im Regelfall die OEM. In den Umsatz- und Produktionsstatistiken sind dadurch Doppelzählungen enthalten. Es werden die Umsätze der Zulieferer und der OEM zu einem Gesamtwert addiert¹². Nach diesem Bruttokonzept sind die Produktionswerte für das bayerische Auto-Cluster (112,5 Milliarden Euro) erhoben. Sie enthalten in Höhe der Vorleistungen Doppelzählungen. Würde man alle diese Doppelzählungen herausrechnen (also auf die Wertschöpfung abstellen), würde sich ein Volumen von 36,2 Milliarden Euro ergeben. Das wiederum wäre im Vergleich zu der Erhebungsmethode im globalen Modell eine Unterschätzung, denn die dort berechneten Marktvolumen sind keine reine Wertschöpfung, sondern enthalten auch Vorleistungen – und zwar in der Höhe, für die sie zur Herstellung der einzelnen Komponenten eingesetzt werden.
Lösung: Eine gute Approximation zur Sicherstellung einer Vergleichbarkeit der beiden Ansätze ist, nur die Wertschöpfung der Automobilindustrie (WZ 29) und die Produktionswerte der Zulieferer aus anderen Branchen zu erfassen. Bei dieser Überlegung ergibt sich ein Marktvolumen von Bayern in Höhe von 46,5 Milliarden Euro im Jahr 2016. Das wären rund 41,2 Prozent des erfassten Produktionswerts des Auto-Clusters Bayern.

Bei dieser Betrachtung errechnet sich für das bayerische Auto-Cluster ein Weltmarktanteil von 2,5 Prozent (46,5 von 1.892,4 Milliarden Euro) im Jahr 2016. Das ist eine sehr plausible Schätzung¹³. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass in der vorliegenden Studie die absolute Höhe des bayerischen Marktvolumens für die Szenario-Betrachtungen nicht relevant ist. Es kommt nur auf die Relationen und damit auf die Unterschiede zwischen den Systemen sowie auf die Wachstumsraten an. Die Adjustierung hat nur den Vorteil, dass die sich errechnenden Marktanteile realistischer sind.

¹² In der Realität sind die Vorleistungssysteme noch komplexer, weil solche Doppelzählungen auch bereits auf der Stufe der Zulieferer der OEM auftreten.

¹³ Das ergibt sich aus einer anderen Überlegung. Auf Basis internationaler Input-Output-Tabellen lässt sich das Marktvolumen des weltweiten Auto-Clusters und äquivalent des deutschen Clusters berechnen. Der deutsche Anteil liegt bei 9,2 Prozent. Aus Kapitel 6 ist bekannt, dass der Anteil Bayerns am deutschen Auto-Cluster rund 27 Prozent beträgt. Das ergibt einen Weltmarktanteil von 2,5 Prozent.

Das empirische Hauptproblem der Studie liegt darin, dass es für die Verteilung des bayerischen Marktvolumens auf die betrachteten Systeme keine Angaben in der amtlichen Statistik gibt. Deshalb wurden die Daten in einem Modell errechnet. Im Zentrum steht eine Unternehmensbefragung, die um Daten aus der bayerischen Input-Output-Tabelle, amtliche Statistiken und Unternehmensangaben ergänzt wurde.

In die Befragung sind 88 Unternehmen aus Bayern und 246 Unternehmen jeweils mit Automobilgeschäft aus anderen Bundesländern einbezogen. Der Fragebogen ist kaskadenförmig aufgebaut. Zunächst haben die Unternehmen angegeben, ob sie Umsätze im Automotive-Geschäft haben und wie hoch diese sind. Die Unternehmen mit Automotive-Geschäft haben dann sehr detailliert angegeben, wie sich diese Umsätze auf die folgenden fünf Bereiche verteilen:

- Konventionelle Antriebstechnik
- Elektrische Antriebstechnik
- Automatisierung
- Vernetzung
- Sonstige Systeme

Die ersten vier Systeme spiegeln die Bereiche wieder, die vom Strukturwandel der Elektrifizierung, Automatisierung und Vernetzung besonders betroffen sind und für die in Modellrechnungen die weltweiten Marktvolumen ermittelt wurden. Berücksichtigt werden müssen allerdings auch die sonstigen Bereiche, die ebenfalls Teil des in Kapitel 6.2 bestimmten Auto-Clusters sind. Darüber hinaus haben die Unternehmen Detailangaben für insgesamt 22 Untergruppen der ersten vier Systeme gemacht. Das sind sehr hohe Informationsforderungen, die an die Grenze der Möglichkeiten einer Unternehmensbefragung gehen.

Empirische Erhebung

Das Modell steht auf drei Säulen:

Größe: Die Größe des Auto-Clusters wurde mithilfe der spezifischen bayerischen Input-Output-Rechnung als Produktionswert bestimmt. Von dem ermittelten Produktionswert wurden 10 Prozent abgezogen, um den Bereich der schweren Nutzfahrzeuge herauszurechnen, die in der Studie nicht berücksichtigt sind.

Gruppen: Der gesamte ermittelte Produktionswert wurde auf drei Gruppen, OEM, große Unternehmen (mehr als 500 Beschäftigte) und KMU, verteilt. Grundlage dafür sind Größenstrukturangaben der bayerischen Industriestatistik ergänzt um Angaben aus dem Unternehmensregister. Die entsprechenden Produktionswerte der OEM sind auf Basis verfügbarer Unternehmensangaben geschätzt. Diese Produktionswerte sind die Umsätze im Pkw-Geschäft (einschließlich leichter Nutzfahrzeuge), die auf einer Produktion in Bayern basieren.

Struktur: Die Verteilung des Automotive-Geschäfts auf die interessierenden 14 Systeme der Referenzfahrzeuge wurde in dem Modell auf Basis von drei Informationsquellen geschätzt:

- **IW-Zukunftspanel:** 1.080 Unternehmen aus den Bereichen Industrie und industriennahe Dienstleistungen haben an einer Befragung im Rahmen des IW Zukunftspanels teilgenommen. Davon haben 427 Unternehmen ein Automotive-Geschäft und gehören den vorab bestimmten cluster-relevanten Branchen an. Davon konnten 330 Fragebögen ausgewertet werden, wovon 84 auf Bayern entfallen. Die Befragung wurde im Zeitraum November 2017 bis Januar 2018 durchgeführt. Die Unternehmen haben angegeben, dass sie rund 16 Prozent ihrer Umsätze dem Automotive-Geschäft zuordnen. Das trifft sehr gut den vergleichbaren Anteil aus der bayerischen IOT, der bezogen auf die befragten Branchen bei knapp 17 Prozent liegt. Ähnlich gut werden die Anteile in Deutschland getroffen. Die Umsatzstrukturen wurden für die Gruppen der kleinen und der großen Unternehmen sowie der OEM getrennt berechnet und mit entsprechenden Gewichten aus der Grundgesamtheit hochgerechnet. Da bei den großen Unternehmen zu wenige bayerische Unternehmen in der Stichprobe sind, wurde diese Gruppe um strukturähnliche Unternehmen aus anderen Bundesländern ergänzt.
 - **Sonderbefragung große Unternehmen:** 15 große bayerische Unternehmen (Tier 1) wurden direkt angesprochen und um die Bearbeitung des Fragebogens gebeten. Vier Unternehmen haben verwertbare Angaben gemacht.
 - **Behandlung der OEM:** Die bayerischen OEM haben den Fragebogen nur teilweise beantwortet, weil es schwierig ist, bei den Endproduzenten den Wertehalt der einzelnen Komponenten anzugeben. Im Gegensatz zu den Zulieferern verkaufen sie diese Komponenten nicht einzeln, sondern nur integriert im Fahrzeug. Diese Struktur kann für einen repräsentativen OEM aus vorliegenden Studien (IKA et al, 2014) unter Berücksichtigung von Angaben aus der bayerischen Input-Output-Tabelle und sowie der spezifischen Produktionsstruktur der OEM aus öffentlichen Quellen (unter anderem Motoren und Getriebe) ermittelt werden.
-

7.2 Ergebnisse für das Basisjahr 2016

Die Tabelle 21 zeigt die errechnete Verteilung des Produktionswerts des bayerischen Auto-Clusters (ohne schwere Nutzfahrzeuge) auf die Systeme, die vom automobilen Strukturwandel betroffen sind. Dabei werden neben dem globalen Marktvolumen (Kapitel 5) die Produktionswerte des bayerischen Auto-Clusters und (wie oben erläutert) die entsprechend adjustierten Produktionswerte ausgewiesen. Des Weiteren werden die Daten getrennt für die direkt betroffenen und die nicht oder nur indirekt betroffenen Systeme dargestellt. Die direkt betroffenen Systeme werden nach den Trends der Fahrzeugelektrifizierung, der Fahrzeugautomatisierung und der Fahrzeugvernetzung (vgl. Kapitel 4 und 5) detailliert ausgewiesen. Die Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse:

- Auf die Systeme im Bereich der Elektrifizierung entfallen in Bayern 27,8 Milliarden Euro, auf die Automatisierung 4,5 Milliarden Euro und auf die Vernetzung 4,9 Milliarden Euro. Das ergibt insgesamt 37,2 Milliarden Euro Marktvolumen.
- Die adjustierten Marktvolumen liegen entsprechend niedriger und addieren sich insgesamt auf 15,4 Milliarden Euro.



Marktvolumen für Bayern im Status quo

- Auf die erfassten Systeme entfallen in Bayern gut 33 Prozent des Marktvolumens. Knapp zwei Drittel entfallen auf die anderen Systeme, die nicht direkt von den drei untersuchten Trends abhängen.
- Damit ist ein Strukturunterschied deutlich. Weltweit liegt der Anteil des Marktvolumens der drei betrachteten Systeme bei nur gut 31 Prozent. Bayern ist damit etwas stärker auf diese trendabhängigen Systeme spezialisiert. Der kommende Strukturwandel trifft Bayern im höheren Ausmaß als im weltweiten Durchschnitt.
- Ein zweiter Unterschied wird bereits bei der Analyse auf dieser hoch aggregierten Ebene deutlich. Das bayerische Auto-Cluster ist relativ zu dem globalen Portfolio stärker auf die Bereiche Automatisierung und Vernetzung konzentriert.

Diese Strukturunterschiede sind auch an den Weltmarktanteilen Bayerns abzulesen. Sie liegen bei den betroffenen Systemen bei 2,6 Prozent und bei den sonstigen Systemen bei 2,4 Prozent. Im Bereich der Automatisierung beträgt der Anteil 4,9 Prozent und bei der Vernetzung 5,6 Prozent.

Tabelle 21

Effekte des Auto-Clusters Bayern auf den Produktionswert

	<i>Bayern</i>		<i>Global</i>	<i>Anteil Bayern</i>
	<i>Marktvolumen</i>	<i>Adjustiertes Marktvolumen¹⁾</i>	<i>Marktvolumen</i>	
				<i>Prozent</i>
				<i>Prozent</i>
				<i>Prozent</i>
Antriebe	27,8	11,5	518,0	2,2
Automatisierung	4,5	1,9	37,8	4,9
Vernetzung	4,9	2,0	36,6	5,6
Betrachtete Systeme	37,2	15,4	592,4	2,6
Sonstige Systeme	75,3	31,1	1.300,0	2,4
Gesamt	112,5	46,5	1.892,4	2,5
Verteilung in Prozent (Gesamt = 100)				
Antriebe	24,7	24,7	27,4	
Automatisierung	4,0	4,0	2,0	
Vernetzung	4,4	4,4	1,9	
Betrachtete Systeme	33,1	33,1	31,3	
Sonstige Systeme	66,9	66,9	68,7	
Gesamt	100,0	100,0	100,0	

¹⁾ Adjustierung zur Korrektur der konzeptionellen Erfassungsunterschiede zwischen dem Bayern-Modell (Produktionswert) nach IOT und dem globalen Marktmodell.

Eigene Berechnungen

Diese globalen Daten erlauben noch keine Schlussfolgerungen, wie die Startbedingungen der bayerischen Automobilindustrie aussehen – also ob sie von dem bevorstehenden Strukturwandel eher profitiert oder nicht. Hier ist insbesondere eine differenzierte Analyse der Antriebssysteme notwendig. Unterschieden wird einerseits zwischen dem konventionellen Verbrennungsmotor einschließlich der damit verbundenen Systeme und andererseits Antrieben mit einer Elektrokomponente (hybrid oder rein batterieelektrisch).

Die Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse. Dabei werden zum einen das gesamte Auto-Cluster und zum anderen nur die betroffenen Systeme betrachtet. Diese differenzierte Sicht zeigt,



Marktvolumen für Bayern im Status quo

dass das Auto-Cluster Bayern im Vergleich zum weltweiten Portfolio weniger stark auf Marktfelder im Bereich der konventionellen Antriebe konzentriert ist:

- 21,4 Prozent des gesamten Marktvolumens des bayerischen Auto-Clusters sind den konventionellen Antriebssystemen rund um den Verbrennungsmotor zuzuordnen. Das weltweite Portfolio zeigt hier mit 25,8 Prozent einen höheren Anteil. Einen besonderen Schwerpunkt hat das bayerische Cluster im Bereich der Getriebe. Bei den Verbrennungsmotoren ist ein unterdurchschnittlicher Anteil festzustellen.
- Die Komponenten rund um die Elektroantriebe (einschließlich Hybridantriebe) umfassen 3,4 Prozent des gesamten Produktionswerts des bayerischen Auto-Clusters. Das sind 1,8 Prozentpunkte mehr als im globalen Vergleich. Bis auf die Komponenten des Verbrennungsmotors von Hybridfahrzeugen und bei Batterien gibt es in Bayern überall leicht höhere Anteile als im globalen Portfolio. Allerdings sind die Unterschiede so gering, dass sie im Bereich der Unschärfe der Messmethoden liegen. Man sollte sie deshalb nicht überinterpretieren.
- Deutlich stärker ist Bayern auf die Automatisierung und Vernetzung spezialisiert. Hier sind die Anteile mehr als doppelt so hoch wie im Weltmarktportfolio.



Tabelle 22

Verteilung der Marktvolumen nach Segmenten 2016

Systeme	Bayern		Global	
	Gesamt = 100		Betroffene Systeme = 100	
Konventionelle Antriebe	21,4	25,8	64,5	82,4
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	8,8	11,9	26,5	38,1
Abgas- und Effizienztechnologien	1,9	4,6	5,7	14,6
Thermomanagement	0,7	1,5	2,1	4,7
Getriebe	6,8	4,8	20,6	15,4
Leistungselektronik und Nebenaggregate	3,2	3,0	9,6	9,6
Antriebe mit Elektrokomponente¹⁾	3,4	1,6	10,2	5,1
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	0,2	0,3	0,7	1,0
Abgas- und Effizienztechnologien	0,0	0,1	0,1	0,3
Thermomanagement	0,8	0,1	2,6	0,3
Getriebe	0,2	0,1	0,5	0,4
Elektrische Antriebe	0,7	0,1	2,2	0,5
Batterie	0,1	0,6	0,3	1,8
Ladetechnik	0,7	0,1	2,3	0,3
Leistungselektronik und Nebenaggregate	0,5	0,1	1,5	0,3



Fortsetzung Tabelle 22

Systeme	Bayern	Global	Bayern	Global
	Gesamt = 100		Betroffene Systeme = 100	
Automatisierung	4,0	2,0	12,0	6,4
Datenverarbeitung	2,3	0,9	7,1	3,0
Umfelderfassung/Aktorik	1,6	1,1	5,0	3,4
Vernetzung	4,4	1,9	13,3	6,2
Kommunikationssystem	2,4	0,6	7,1	2,0
Multimedia- und Fahrerinformationssysteme	2,0	1,3	6,2	4,1
Betrachtete Systeme	33,1	31,3	100,0	100,0
Sonstige Systeme	66,9	68,7		
Auto gesamt	100,0	100,0		

1) Einschließlich Hybridantriebe
Eigene Berechnungen

Es lässt sich festhalten, dass Bayern von den drei technologischen Trends insgesamt etwas stärker betroffen ist als der weltweite Durchschnitt. Die Umsatzanteile in diesen betroffenen Systemen sind mit 33 Prozent um knapp zwei Prozentpunkte höher als im globalen Portfolio. Werden diese Unterschiede ausgeblendet und nur die direkt betroffenen Systeme untersucht, gibt es deutlichere Strukturunterschiede zwischen dem bayerischen und dem globalen Portfolio. Das zeigen die beiden letzten Spalten der Tabelle 22:

- Bayern ist mit einem Anteil von rund 64,5 Prozent deutlich weniger auf die konventionellen Antriebstechnologien konzentriert als das globale Portfolio (82,4 Prozent). Die Ausnahmen bleiben insbesondere die Getriebe.
- Der Anteil im Bereich der elektrischen Antriebe (einschließlich hybrid) liegt mit gut 10,2 Prozent über dem Anteil, den das globale Portfolio aufweist (5,1 Prozent).
- Auch diese Sicht bestätigt, dass die Umsatzanteile in den Bereichen Automatisierung und Vernetzung – wie oben bereits ausgeführt – höher sind als im Weltportfolio.

Fazit: Diese Ausgangsdaten deuten darauf hin, dass Bayern eine gute Ausgangsposition hat, weil die Marktsegmente überdurchschnittlich besetzt sind, die eine überdurchschnittliche Wachstumsaussicht haben.

8 Berechnung bayernspezifischer Szenarien

Gute Aussichten bei den meisten Szenarien für die bayerische Automobilindustrie

In diesem Abschnitt werden mögliche Entwicklungslinien des bayerischen Auto-Clusters bis 2030 skizziert. Dabei werden die Daten zum Status quo (Kapitel 7) genauso genutzt wie die globalen Szenarien aus Kapitel 5. Die zukünftige Entwicklung in Bayern kann nicht mit einem Modell prognostiziert werden. Möglich sind nur annahmenbasierte Szenarien – also „Wenn-dann-Aussagen“. Diese Annahmen werden im Folgenden offengelegt und die Entwicklung der Marktvolumen entsprechend berechnet.

Es sollen insgesamt fünf bayernspezifische Szenarien untersucht werden:

- **Bayern wächst mit dem Markt:** In allen untersuchten Teilsystemen verändern sich die bayerischen Umsätze genau im Durchschnitt der globalen Trends. Der dort ausgewiesene Strukturwandel wird bewältigt.
- **Bayern ist Vorreiter:** Bayern ändert bei gleichen mengenmäßigen Marktanteilen wie im Basisszenario das Produktportfolio schneller als im weltweiten Durchschnitt. Die Anteile der hoch- oder vollautomatisierten rein batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge sollen gegenüber dem Basisszenario „Bayern wächst mit dem Markt“ stark ansteigen.
- **Bayern bleibt stehen:** Bayern ändert die Verteilung der Umsätze des Startjahres 2016 in den Einzelsystemen bis 2030 nicht. Die mengenmäßigen Marktanteile bleiben konstant, steigen also nicht wie im Basisszenario an. Dabei können die potenziell negativen Effekte berechnet werden, wenn Bayern den weltweiten Trends nicht folgen würde.
- **Bayern verliert Marktanteile:** Bayern kann die Startvorteile nicht umsetzen und verliert Marktanteile. Sie sollen von 2,5 Prozent (2016) auf 1,5 Prozent (2030) fallen.
- **Bayern im MaaS-Szenario:** Die weltweite Produktion von Fahrzeugen sinkt von 100 Millionen Einheiten (2000) auf nur noch 90 Millionen Einheiten (2030). Gleichzeitig verschiebt sich die Struktur stärker in Richtung hoch- oder vollautomatisierte Elektrofahrzeuge¹⁴.

Die Szenarien Bayern-1 bis Bayern-4 setzen an dem globalen Basisszenario an, das insgesamt die wahrscheinlichste Zukunftsentwicklung beschreibt. Es gibt vier wesentliche Trends, die kurz in Erinnerung gerufen werden sollen:

- Der Fahrzeugmarkt wächst bis 2030 weltweit von 90 auf 116 Millionen Einheiten.
- Die Fahrzeuge mit reinem Verbrennungsantrieb verlieren Marktanteile von 97 Prozent (2016) auf 40 Prozent (2030).

¹⁴ In der globalen Betrachtung (Kapitel 5.4) wurde dieses Szenario nur für das Jahr 2030 gerechnet. Im bayernspezifischen Teil wird zusätzlich eine gleitende Anpassung von 2000 bis zur Zielstruktur 2030 unterstellt. Damit kann auch das MaaS-Szenario in der gleichen Systematik wie die anderen bayerischen Szenarien dargestellt werden.



Berechnung bayernspezifischer Szenarien

- Der Anteil der hochautomatisierten Fahrzeuge (Level 3 und höher) steigt von fast 0 (2016) auf 29 Prozent (2030).
- Der Anteil der nicht vernetzten Fahrzeuge fällt von 69 Prozent heute auf nur noch ein Prozent 2030.

Vor diesem Hintergrund wird analysiert, was das unter bestimmten Annahmen für Bayern bedeutet.

8.1 Bayern wächst mit dem Markt

In diesem Szenario wird angenommen, dass das bayerische Auto-Cluster bei allen betrachteten Systemen aus Tabelle 22 wie der Weltmarkt wächst. Tabelle 23 zeigt die adjustierten Marktvolumen für die direkt oder indirekt betroffenen Systeme:

- Das Marktvolumen des bayerischen Auto-Clusters erhöht sich von 46,5 Milliarden Euro (2016) auf 92,2 Milliarden Euro. Das entspricht einer Wachstumsrate von fünf Prozent pro Jahr. Das ist deutlich mehr als das durchschnittliche Wachstum des Produktionswerts der bayerischen Wirtschaft der letzten zehn Jahre (2,5 Prozent). In diesem Szenario würde die Bedeutung der Automobilindustrie daher wachsen. Der Strukturwandel könnten entlang eines dynamischen Wachstumspfad organisiert werden.
- Bei den direkt von dem Wandel hin zu hochautomatisierten und vernetzten Elektrofahrzeugen betroffenen Systemen ist ein Anstieg von 15,4 Milliarden Euro (2016) auf 52,0 Milliarden Euro (2030) zu erwarten. Das ist ein Plus von gut neun Prozent pro Jahr.
- Bayern kann seinen Weltmarktanteil von 2,5 Prozent (2016) auf 3,3 Prozent (2030) ausbauen. Bei den direkt betroffenen Systemen wäre ein Anstieg von 2,6 Prozent (2016) auf 4,5 Prozent (2030) zu erwarten.

Möglich wird das in diesem Szenario durch den positiven Struktureffekt. Die Unternehmen haben in den Feldern überdurchschnittlich hohe Marktanteile, in denen hohe Wachstumsraten erwartet werden. Dort, wo schwach wachsende oder schrumpfende Märkte erwartet werden, sind die bayerischen Unternehmen des Auto-Clusters heute weniger stark vertreten. Dieser Strukturvorteil summiert sich in diesem Szenario von 2016 bis 2030 gemessen an den adjustierten Marktvolumen auf rund 148 Milliarden Euro.



Tabelle 23

Entwicklung der Marktvolumen und Marktanteile¹⁾

Systeme	2016	2020	2025	2030
Globaler Markt (in Milliarden Euro)				
Betrachtete Systeme	592,4	790,9	1.053,1	1.170,3
Sonstige Systeme	1.300,0	1.446,2	1.596,7	1.678,2
Auto gesamt	1.892,4	2.237,1	2.649,8	2.848,5
Bayern adjustierte Marktvolumen (in Milliarden Euro)				
Betrachtete Systeme	15,4	24,5	39,5	52,0
Sonstige Systeme	31,1	34,7	38,3	40,2
Auto gesamt	46,5	59,2	77,8	92,2
Weltmarktanteil Bayern (in Prozent)				
Betrachtete Systeme	2,6	3,1	3,8	4,4
Sonstige Systeme	2,4	2,4	2,4	2,4
Auto gesamt	2,5	2,6	2,9	3,3
Bayern bei hypothetisch gleicher Struktur wie Weltmarkt (in Milliarden Euro)				
Betrachtete Systeme	14,6	19,4	25,9	28,8
Sonstige Systeme	32,0	35,6	39,3	41,3
Auto gesamt	46,5	55,0	65,2	70,0
Struktureffekt	0,0	4,3	12,8	22,5

¹⁾ Globales Basisszenario; Bayern wächst in allen Systemen mit dem Weltmarkt.

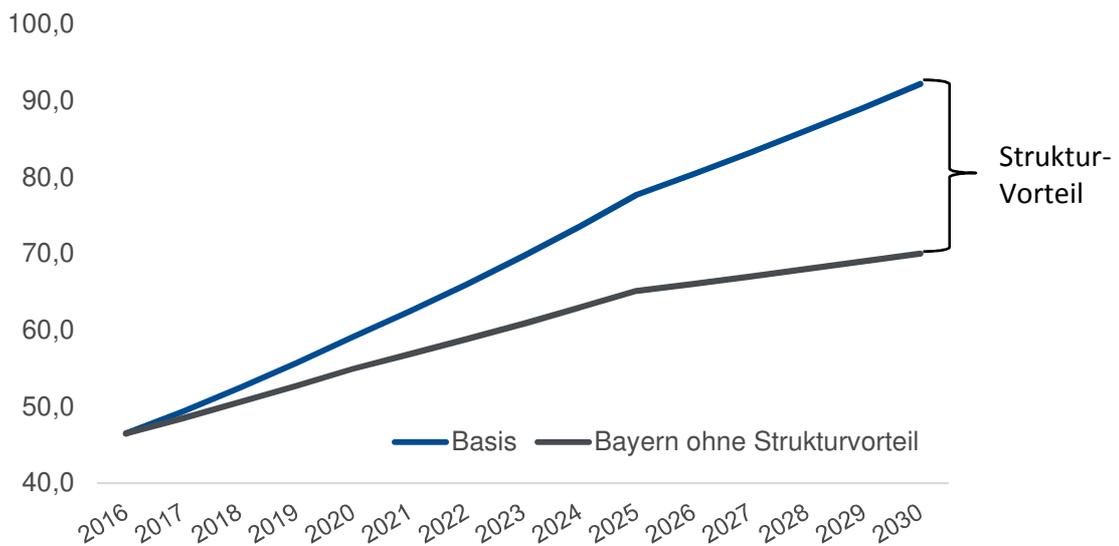
Eigene Berechnungen

Abbildung 24 zeigt das Ergebnis dieses Ausgangsszenarios im Überblick. Abgetragen sind die prognostizierten adjustierten Marktvolumen¹⁵ von 2016 bis 2030, wobei die Daten zwischen den Eckjahren 2016, 2020, 2025 und 2030 interpoliert sind:

- Die obere Linie zeigt das Gesamtszenario mit einem Anstieg von 46,5 Milliarden Euro (2016) auf knapp 92,2 Milliarden Euro (2030). Über den gesamten Zeitraum von 2016 bis 2030 addieren sich die Marktwerte auf insgesamt 1.044 Milliarden Euro.
- Die untere Kurve zeigt die Marktwerte, wenn das bayerische Auto-Cluster im Basisjahr die gleiche Struktur wie der weltweite Durchschnitt gehabt hätte. Die aufgehende Schere verdeutlicht, wie wichtig dieser positive Struktureffekt für Bayern ist. Der adjustierten Marktwerte von 2016 bis 2030 addieren sich auf 899 Milliarden Euro. Das sind rund 145 Milliarden Euro oder 13,9 Prozent weniger als im Basisszenario. Genau das ist der Gegenwert des Strukturvorteils des bayerischen Auto-Clusters¹⁶.

Abbildung 24

Entwicklung des Marktpotenzials im Basisszenario Bayern¹⁾



¹⁾ Adjustierte Marktwerte; Basisszenario Bayern und Struktureffekt; Angaben in Milliarden Euro
 Basisszenario: Globales Basisszenario und Bayern wächst in allen Systemen im weltweiten Durchschnitt
 Struktureffekt: Bayern hat bei der Verteilung der Marktvolumen im Basisjahr 2016 hypothetisch bei allen Systemen die gleiche Struktur wie weltweit.
 Eigene Darstellung

¹⁵ Der Verläufe sind deckungsgleich und nur im Niveau verschoben, wenn anstatt der adjustierten Marktvolumen die Produktionswerte abgetragen werden. Alle Daten müssen dazu mit dem Faktor 2,412 multipliziert.

¹⁶ Eine ähnliche Studie (IW Consult / Fraunhofer, 2017) für das Saarland zeigte ein genau umgekehrtes Ergebnis. Das Saarland hat eine ungünstige Struktur. Die Automobilwirtschaft ist in den Systemen stark, in denen die erwarteten globalen Wachstumsraten niedrig sind, und ist dort schwach, wo mit einem hohen weltweiten Wachstum zu rechnen ist. Der Struktureffekt beträgt -12 Prozent.

Tabelle 24 zeigt die Entwicklung der adjustierten Marktvolumen in detaillierter Sicht¹⁷. Dort ist bezogen auf die einzelnen Systeme genau die Dynamik abgebildet, wie sie im globalen Basisszenario (Kapitel 5.3) berechnet ist:

- Es gibt enorme Strukturverschiebungen hin zu Elektroantrieben, automatisiertem und vernetztem Fahren. Die konventionellen Verbrennungsantriebe erleiden hingegen Einbußen, die durch die Zuwächse in den anderen Bereichen weit überkompensiert werden.
- Bei den konventionellen Antrieben geht das adjustierte Marktvolumen von rund 9,9 Milliarden Euro auf 6 Milliarden zurück. Besonders hart betroffen sind die Motoren einschließlich Kraftstoffsystemen (-1,9 Milliarden Euro) und Getrieben (Getriebe - 1,5 Milliarden Euro). Leichte Zuwächse sind bei den Abgas- und Effizienztechnologien zu erwarten.
- Im Bereich der Antriebe mit einer Elektrokomponente (Elektro und hybrid) steigen die Marktvolumen von 1,6 Milliarden Euro (2016) auf 28,7 Milliarden Euro (2030). Die größten absoluten Zuwächse sind im Bereich des Thermomanagements (+8,3 Milliarden Euro) und bei der Ladetechnik (+7,0 Milliarden Euro) zu verzeichnen. Bei Verbrennungsmotoren für Hybridfahrzeuge (einschließlich Kraftstoffsystemen) ist mit einem Wachstum von 0,1 Milliarden Euro (2016) auf 1,6 Milliarden Euro (2030) zu rechnen. Damit können die Einbußen bei konventionellen Verbrennungsmotoren rechnerisch kompensiert werden. Das erleichtert den Strukturwandel, denn ein Übergang von den konventionellen Antrieben auf Hybridantriebe müsste leichter fallen als ein direkter Wechsel zu reinen Elektroantrieben. Bei den Batterien liegen die adjustierten Marktvolumen im Jahr 2030 bei 0,7 Milliarden Euro. Das ist ein Zuwachs von nur 0,6 Milliarden Euro. Global betrachtet sind dort sehr hohe Zuwächse zu erwarten (+137 Milliarden Euro). Davon profitiert Bayern aufgrund der Startposition nur unterdurchschnittlich.
- Bei der Automatisierung ist eine Zunahme von 1,9 Milliarden Euro (2016) auf 10,2 Milliarden Euro (2030) zu erwarten. Besonders expansiv sind die Systeme der Umfelderkennung und Atorik.
- Im Bereich der Vernetzung wächst das adjustierte Marktvolumen von 2,0 Milliarden Euro (2016) auf 7,1 Milliarden Euro.
- Die sonstigen nicht direkt trendabhängigen Systeme wachsen annahmegemäß mit der Zahl der weltweit produzierten Fahrzeuge. Für Bayern bedeutet das einen Zuwachs von 31,1 Milliarden Euro (2016) auf 40,2 Milliarden Euro.

¹⁷ In dieser Struktur sind die Daten zur Berechnung der bayerischen Marktvolumen (vgl. Kapitel 7.2) erhoben.



Tabelle 24

Entwicklung adjustierter Marktvolumen in Bayern 2016 bis 2030¹⁾

Systeme	2016	2020	2025	2030
Konventionelle Antriebe	9,9	9,8	8,5	6,0
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	4,1	3,9	3,2	2,1
Abgas- und Effizienztechnologien	0,9	1,2	1,4	1,2
Thermomanagement	0,3	0,3	0,3	0,2
Getriebe	3,2	3,0	2,5	1,7
Leistungselektronik und Nebenaggregate	1,5	1,4	1,2	0,8
Antriebe mit Elektrokomponente²⁾	1,6	7,5	17,9	28,7
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	0,1	0,5	1,1	1,6
Abgas- und Effizienztechnologien	0,0	0,1	0,3	0,5
Thermomanagement	0,4	2,2	5,3	8,7
Getriebe	0,1	0,4	0,9	1,5
Elektrische Antriebe	0,3	1,3	2,9	4,0
Batterie	0,0	0,2	0,5	0,7
Ladetechnik	0,3	1,4	4,2	7,4
Leistungselektronik und Nebenaggregate	0,2	1,3	2,8	4,3
Automatisierung	1,9	3,4	7,1	10,2
Datenverarbeitung	1,1	2,1	4,0	4,8
Umfelderfassung/Aktorik	0,8	1,4	3,1	5,5
Vernetzung	2,0	3,8	6,0	7,1
Kommunikationssystem	1,1	1,9	3,2	3,4
Multimedia- und Fahrerinformationssysteme	0,9	1,8	2,8	3,7
Betrachtete Systeme	15,4	24,5	39,5	52,0
Sonstige Systeme	31,1	34,7	38,3	40,2
Auto gesamt	46,5	59,2	77,8	92,2

1) In Milliarden Euro; Bayern wächst in allen Systemen wie das globale Basisszenario. 2) Einschließlich Hybridantriebe

Eigene Berechnungen



Berechnung bayernspezifischer Szenarien

Dieses unterschiedliche Wachstum in den Systemen bedingt massive Strukturverschiebungen in dem Portfolio des bayerischen Auto-Clusters (Tabelle 25):

- Der Anteil bei den konventionellen Antrieben fällt von 21,4 Prozent (2016) auf nur noch 6,5 Prozent (2030).
- Die Anteile bei den Komponenten von Elektro- und Hybridantrieben steigen rasant von 3,4 Prozent (2016) auf fast 31,1 Prozent (2030).
- Auch die Anteile im Marktfeld der Automatisierung steigen – von 4,0 Prozent (2016) auf 11,1 Prozent (2030). Etwas weniger entwickelt sich das Marktfeld der Vernetzung. Hier steigen die Marktanteile von 4,4 Prozent (2016) auf nur 7,7 Prozent (2030).
- Die von den Trends der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung direkt abhängigen Systeme erfahren einen deutlichen Bedeutungszuwachs. Ihr Anteil am Marktvolumen steigt von einem Drittel heute auf fast 57 Prozent (2030)¹⁸.

¹⁸ Dieses Ergebnis ist auch davon abhängig, dass die sonstigen, nicht direkt von den Trends abhängigen Systeme nur mit der weltweit wachsenden Zahl der produzierten Fahrzeuge wachsen sollen. Das ist eine eher konservative Annahme.

Tabelle 25

 Struktur der Marktvolumen in Bayern 2016 bis 2030¹⁾

Systeme	2016	2020	2025	2030
Konventionelle Antriebe	21,4	16,5	10,9	6,5
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	8,8	6,5	4,1	2,3
Abgas- und Effizienztechnologien	1,9	2,0	1,8	1,3
Thermomanagement	0,7	0,5	0,3	0,2
Getriebe	6,8	5,1	3,2	1,8
Leistungselektronik und Nebenaggregate	3,2	2,4	1,5	0,9
Antriebe mit Elektrokomponente²⁾	3,4	12,7	23,1	31,1
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	0,2	0,9	1,4	1,8
Abgas- und Effizienztechnologien	0,0	0,2	0,4	0,6
Thermomanagement	0,8	3,7	6,8	9,5
Getriebe	0,2	0,7	1,2	1,6
Elektrische Antriebe	0,7	2,2	3,7	4,4
Batterie	0,1	0,3	0,6	0,7
Ladetechnik	0,7	2,4	5,3	8,0
Leistungselektronik und Nebenaggregate	0,5	2,2	3,6	4,7
Automatisierung	4,0	5,8	9,1	11,1
Datenverarbeitung	2,3	3,5	5,1	5,2
Umfelderfassung/Aktorik	1,6	2,3	3,9	5,9
Vernetzung	4,4	6,4	7,7	7,7
Kommunikationssystem	2,4	3,3	4,1	3,7
Multimedia- und Fahrerinformationssysteme	2,0	3,1	3,6	4,0
Betrachtete Systeme	33,1	41,4	50,8	56,4
Sonstige Systeme	66,9	58,6	49,2	43,6
Auto gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Angaben in Prozent; Bayern wächst in allen Systemen wie das globale Basisszenario. ²⁾ Einschließlich Hybridantriebe Eigene Berechnungen



Berechnung bayernspezifischer Szenarien

Obwohl im Szenario „Bayern wächst mit dem Markt“ die Marktwerte aller einbezogenen Systeme in Bayern wie im globalen Basisszenario prognostiziert wachsen, bedeutet das nicht, dass es keine Unterschiede in den absoluten Ausprägungen gäbe. Das beleuchtet die Tabelle 26. Zur besseren Vergleichbarkeit sind Daten für Bayern als adjustierte Marktvolumen dargestellt.

- Weltweit und in Bayern wachsen die trendabhängigen Systeme in absoluten Größen am stärksten. Das liegt an dem hohen Gewicht im Gesamtportfolio, das rund zwei Drittel ausmacht.
- Weltweit gibt es davon abgesehen bei den Batterien mit 137 Milliarden Euro die höchsten Zuwächse. Dieses Marktfeld liegt in Bayern nur auf Platz zwölf.
- Verbrennungsmotoren einschließlich Kraftstoffsystemen bleiben stark wachsende Märkte. Allerdings gilt das nur für Hybridfahrzeuge. Der prognostizierte Zuwachs beträgt 103 Milliarden Euro. In Bayern liegt dieser Bereich nur auf Platz neun.
- In Bayern sind besonders hohe Zuwächse in Spezialmärkten, wie Thermomanagement, Ladetechnik, Leistungselektronik für Antriebe mit Elektrokomponente und insbesondere im Bereich Umfelderkennung/Aktorik zu erwarten. Das zeigen die hohen Ränge in der letzten Spalte der Tabelle 26.
- Sowohl global als auch in Bayern liegen die Systeme im Bereich des Verbrennerantriebs mit sinkenden Marktvolumen am Ende dieser Skala.

Natürlich liegt die Ursache für diese unterschiedlichen Entwicklungen der absoluten Zuwächse in der unterschiedlichen Struktur des globalen und des bayerischen Portfolios im Ausgangsjahr 2016.



Tabelle 26

Zuwächse an Marktvolumen zwischen 2016 und 2030¹⁾

Systeme	Bereich	Global		Bayern
		Mrd. Euro	Mrd. Euro	Rang
Sonstige Systeme	Nicht trend-abhängige Systeme	378,2	9,1	1
Batterie	Elektro/Hybrid	136,6	0,6	12
Umfelderfassung/Aktorik	Automatisierung	107,7	4,7	4
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	Elektro/Hybrid	102,8	1,5	10
Multimediasysteme	Vernetzung	71,2	2,7	8
Abgas- und Effizienztechnologien	Elektro/Hybrid	48,9	0,5	13
Getriebe	Elektro/Hybrid	47,8	1,4	11
Datenverarbeitung	Automatisierung	44,8	3,7	7
Thermomanagement	Elektro/Hybrid	43,3	8,3	2
Ladetechnik	Elektro/Hybrid	38,0	7,0	3
Abgas- und Effizienztechnologien	Konventioneller Antrieb	33,9	0,3	14
Leistungselektronik und Nebenaggregate	Elektro/Hybrid	32,7	4,1	5
Elektrische Antriebe	Elektro/Hybrid	29,8	3,7	6
Kommunikationssystem	Vernetzung	25,0	2,3	9
Thermomanagement	Konventioneller Antrieb	-12,9	-0,2	15
Leistungselektronik und Nebenaggregate	Konventioneller Antrieb	-22,1	-0,7	16
Getriebe	Konventioneller Antrieb	-42,4	-1,5	17
Verbrennungsmotoren und Kraftstoffsysteme	Konventioneller Antrieb	-107,2	-1,9	18

¹⁾ Basisszenario; Bayern adjustierte Marktwerte.

Eigene Berechnungen

Umrechnung auf Referenzfahrzeuge

Diese Marktvolumen für die einzelnen Systeme lassen sich in Marktwerten von Referenzfahrzeugen ausdrücken. Dazu müssen die entsprechenden Stückzahlen ermittelt und mit den Preisen multipliziert werden, die in dem globalen Szenariomodell hinterlegt sind.¹⁹ Dabei muss als zusätzliche Spezifizierung des Szenarios eingeführt werden, dass die Startverteilung auf die einzelnen Antriebsarten (Konventionell, Hybrid und Elektro), die Automatisierungslevel sowie die Vernetzungsgrade im Startjahr in Bayern dieselbe Struktur wie im globalen Portfolio haben.

Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse. Dargestellt sind die Marktvolumen, die den Produktionswerten aus Kapitel 7 entsprechen. Wie bei den anderen Darstellungen zeigt sich auch hier, dass die Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben deutlich an Marktvolumen verlieren, während die Hybrid- und Elektrofahrzeuge zulegen. Ein sehr starkes Wachstum ist bis 2030 außerdem bei den Fahrzeugen mit dem Automatisierungslevel 3 zu erwarten. Mit Blick auf die Vernetzungstechnologien ist eine etwas dynamischere Entwicklung beim Typ „*Integrated*“ (einschließlich „*Tethered*“) zu erwarten. Der Markt vervierfacht sich bis 2030. Bei dem System „*Embedded*“ beträgt dieser Wachstumsfaktor nur 3,3. Absolut in Marktvolumen gerechnet bleibt diese Technologie aber bedeutender.

Insgesamt steigen die Marktanteile des bayerischen Auto-Clusters in diesem Szenario an. Besonders deutlich fällt dieser Zuwachs bei den Antrieben und im Bereich der Automatisierung aus. Wie bereits in Tabelle 23 ausgeführt, steigt der Weltmarktanteil bei Einbeziehung aller Systeme insgesamt von 2,5 Prozent (2016) auf 3,3 Prozent (2030).

¹⁹ Als zusätzliche Annahme wird unterstellt, dass die Komponenten der trendabhängigen Systeme pro Fahrzeug nicht wie im globalen Modell 6.558 Euro betragen, sondern 7.214 Euro kosten. Mit diesem Zuschlag von 10 Prozent sollen die höheren Kosten in Bayern wenigstens sehr grob berücksichtigt werden.

Tabelle 27

 Verteilung der Marktvolumen nach Referenzfahrzeugen im Basisszenario¹⁾

Systeme	2016	2020	2025	2030
Antriebe				
Konventionell	24,0	23,7	20,6	14,5
Hybrid	2,9	14,3	26,8	38,1
Batterieelektrisch	0,9	3,9	16,6	31,3
Gesamt	27,8	41,8	63,9	84,0
Automatisierung				
Level 0 bis 2	4,5	6,4	8,3	8,6
Level 3	0,0	1,8	8,0	12,8
Level 4 bis 5	0,0	0,1	0,7	3,3
Gesamt	4,5	8,3	17,1	24,7
Vernetzung				
Embedded	3,7	5,9	9,7	12,3
Tethered	1,2	3,3	4,8	4,8
Gesamt	4,9	9,2	14,5	17,1
Trendabhängige Systeme	37,2	59,3	95,5	125,8
Sonstige Systeme	75,3	83,8	92,5	97,2
Gesamt	112,5	143,1	188,0	223,0
Nachrichtlich:				
Weltmarktanteile²⁾				Angaben in Prozent
Antriebe	2,2	2,7	3,4	4,1
Automatisierung	4,9	4,6	4,6	5,4
Vernetzung	5,6	5,5	5,5	5,3
Gesamt	2,5	2,6	2,9	3,3

¹⁾ In Milliarden Euro; Szenario „Bayern wächst mit dem Markt“.

²⁾ Bezogen auf die adjustierten Marktvolumen in Bayern. Eigene Berechnungen

Berechnung bayernspezifischer Szenarien

Diese Daten verdeutlichen den enormen Strukturwandel, den die Automobilindustrie in den nächsten Jahren zu bewältigen hat. Mit den Szenarien kann nicht bewertet werden, ob und inwieweit das bayerische Auto-Cluster diesen Wandel schafft. Es kann nur quantifiziert werden, was es für die Umsätze oder für die Wertschöpfung bedeuten würde, wenn der Wandel sich unter den gesetzten Annahmen vollziehen würde. Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass die Voraussetzungen für Bayern nicht schlecht sind.

Abschließend soll noch auf ein Ergebnis hingewiesen werden, das sich aus der Logik des Szenarios „Bayern wächst mit dem Markt“ herleiten lässt. In Bayern erfolgt der Wandel zu hybriden und batterieelektrischen Fahrzeugen schneller als im globalen Weltszenario. Im Jahr 2030 werden etwa 37 Prozent der Marktvolumen dem Bereich der Fahrzeuge mit rein batterieelektrischen Antrieben zuzurechnen sein (Tabelle 28) – weltweit sind es nur gut 23 Prozent. Reine, konventionelle Antriebe werden nur noch Umsatzanteile von 17 Prozent haben. Das ist deutlich weniger als im Weltportfolio (39,8 Prozent). Wiederum ist das eine Konsequenz der unterschiedlichen Struktur der Ausgangsportfolios im Startjahr 2016.

Tabelle 28

 Verteilung der Marktvolumen nach Antriebsarten im Basisszenario¹⁾

	2016	2030	2016	2030
	Global		Bayern	
Konventionell ²⁾	94,2	39,8	86,3	17,3
Hybrid	4,3	36,9	10,3	45,4
BEV	1,5	23,3	3,4	37,3
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Angaben in Prozent; Szenario „Bayern wächst mit dem Markt“.

²⁾ Einschließlich Start-Stopp-Automatik.

Eigene Berechnungen



8.2 Bayern ist Vorreiter

In diesem Szenario wird unterstellt, dass Bayern den Wechsel hin zu batterieelektrisch betriebenen hochautomatisierten Fahrzeugen schneller schafft als andere Wettbewerber. Folgende Annahmen kennzeichnen das Szenario:

- Die Produktion von konventionellen Antrieben läuft bis 2030 sukzessive aus. Dafür steigen die Anteile von rein batterieelektrischen Fahrzeugen im bayerischen Portfolio an und erreichen 2030 rund 51 Prozent²⁰. Im bayerischen Basisszenario lag dieser Anteil bei gut einem Drittel. Zur Vereinfachung bleiben die Anteile der Hybridantriebe unverändert.
- Fahrzeuge mit den Automatisierungsleveln 1 und 2 werden zugunsten höherwertiger Automatisierungsgrade ersetzt. Im Jahr 2030 soll der Anteil der Level-1-Fahrzeuge auf ein Viertel des Basisszenarios „Bayern wächst mit dem Markt“ fallen. Bei Level 2 soll der Anteil auf die Hälfte schrumpfen.
- Bei der Vernetzung werden keine Änderungen vorgenommen.

²⁰ Die Anteile an den Marktvolumen steigen auf 56 Prozent, weil unterstellt ist, dass die Produktionskosten in Bayern um 10 Prozent über dem Weltmarktniveau liegen.

Tabelle 29

 Marktvolumen im Szenario „Bayern ist Vorreiter“⁽¹⁾

Systeme	2016	2020	2025	2030
Antriebe				
Konventionell	24,0	23,3	17,7	0,0
Hybrid	2,9	14,3	26,8	38,1
Batterieelektrisch	0,9	4,5	20,7	47,5
Gesamt	27,8	42,1	65,2	85,6
Automatisierung				
Level 0 bis 2	4,5	6,0	6,0	3,3
Level 3	0,0	5,1	18,9	23,7
Level 4 bis 5	0,0	0,4	2,9	12,3
Gesamt	4,5	11,5	27,8	39,3
Vernetzung				
Embedded	3,7	5,9	9,7	12,3
Tethered	1,2	3,3	4,8	4,8
Gesamt	4,9	9,2	14,5	17,1
Trendabhängige Systeme	37,2	62,7	107,5	142,0
Sonstige Systeme	75,3	83,8	92,5	97,2
Gesamt	112,5	146,5	199,9	239,2
Nachrichtlich:				
Weltmarktanteile²⁾	Angaben in Prozent			
Antriebe	2,2	2,7	3,4	4,2
Automatisierung	4,9	6,3	7,5	8,5
Vernetzung	5,6	5,5	5,5	5,3
Gesamt	2,5	2,7	3,1	3,5

¹⁾ In Milliarden Euro. ²⁾ Bezogen auf die adjustierten Marktvolumen in Bayern.

Eigene Berechnungen

Tabelle 29 zeigt die Ergebnisse. Bei den Antrieben ändern sich die Marktvolumen kaum, obwohl sich die Produktionsstruktur sehr stark verändert hat. Im Jahr 2030 liegen die Marktvolumen bei 85,6 Milliarden Euro – im Basisszenario waren es mit 84,0 Milliarden Euro kaum weniger. Das Ergebnis klingt sehr überraschend. Der Grund liegt darin, dass sich die Produktionskosten im Jahr 2030 für einen Verbrennungsmotor (inklusive Getriebe und allen Nebensystemen) kaum noch von einem batterieelektrischen Antriebssystem unterscheiden. Das ist ein wesentliches Ergebnis des globalen Modells aus Kapitel 5. Durch technischen Fortschritt, aber auch durch Losgrößeneffekte²¹ nähern sich die Kosten der alternativen Antriebssysteme an. War ein Elektroantrieb 2016 noch mehr als doppelt so teuer wie ein klassischer Verbrenner, wird er im Jahr 2030 nur noch zehn Prozent teurer sein. Die sinkenden Kosten und damit (zumindest der Tendenz nach) auch die sinkenden Preise für die Aggregate wirken dämpfend auf die Umsätze. Gleichzeitig sind diese Kostenreduzierungen aber auch eine entscheidende Voraussetzung, dass der Wandel hin zur Elektromobilität nachfrageseitig gelingen kann. Bei Stückkosten wie im Jahr 2016 wäre das nicht zu erwarten. Die Elektrofahrzeuge wären in der Herstellung schlicht zu teuer, um im Jahr 2030 wirklich einen Marktanteil von 20 Prozent oder mehr zu haben.

Bei der Automatisierung ist das anders. Hier fallen die Preise auf den einzelnen Stufen zwar auch, eine Verschiebung der Anteile in Richtung Level 3 bis 5 ist aber mit höheren Kosten je System verbunden. Deshalb steigen die Marktvolumen der bayerischen Anbieter in diesem Szenario deutlich an. Sie liegen im Jahr 2030 bei der gewählten beispielhaften Spezifikation mit 39,3 Milliarden Euro deutlich über dem Niveau des Basisszenarios (24,7 Milliarden Euro). Die Marktanteile steigen entsprechend an.

Aus diesem Szenario erfolgen zwei wichtige Ableitungen:

- Für das bayerische Auto-Cluster gibt es eine klare Botschaft: Ein schnellerer Wandel hin zu batterieelektrischen Fahrzeugen ist ohne Kostenerhöhungen möglich. Hinter dieser Vorreiterrolle steckt eine noch höhere Anforderung an den Strukturwandel als im Basisszenario. Eine Erhöhung der bayerischen Produktionsanteile bei reinen Elektroantrieben von 33 Prozent im Basisszenario auf 51 Prozent im Jahr 2030 im Szenario „Vorreiter Bayern“ erfordert einen deutlich höheren Weltmarktanteil. Im Basisszenario waren es bei BEV-Fahrzeugen 6,6 Prozent (2030) – jetzt müssten es 9,1 Prozent (2030) sein. Dieser immense Anstieg verdeutlicht die Herausforderung dieses Szenarios. Mit dem Modell kann nicht bestimmt werden, ob dieser radikale Strukturwandel nachfrage- und marktseitig gelingen kann.
- Beim Strukturwandel hin zu höheren Automatisierungsgraden würde sich das für das bayerische Auto-Cluster auch mit Blick auf steigende Marktvolumen lohnen. Gerade in diesen Segmenten könnten die Startvorteile genutzt werden.

Insgesamt wäre eine Entwicklung nach Maßgabe dieses Szenarios sehr vorteilhaft für Bayern, obwohl bis 2030 nicht mit merklich wachsenden Marktvolumen zu rechnen wäre. Der

²¹ Sinkende Durchschnittskosten durch steigende Produktionsmengen.

Vorteil liegt darin, dass die bayerische Automobilindustrie für den Wandel nach 2030 deutlich besser aufgestellt wäre, weil die vorliegenden Prognosen davon ausgehen, dass der Trend zur Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung anhält.

8.3 Bayern bleibt stehen

Das Szenario „Bayern wächst mit dem Weltmarkt“ hat gezeigt, dass unter diesen Bedingungen der bevorstehende Strukturwandel für Bayern insgesamt positiv ist. Allerdings muss der damit verbundene grundlegende Wandel auch wirklich bewältigt werden. Mit dem vorliegenden Modell kann nicht berechnet werden, ob das gelingt. Es können aber die Kosten einer Nicht-Anpassung abgeschätzt werden. In dem Szenario „Bayern bleibt stehen“ wird unter sonst gleichen Bedingungen unterstellt, dass die Unternehmen des bayerischen Auto-Clusters ihre Strukturen nicht anpassen und in jedem Jahr bis 2030 das Referenzfahrzeug des Jahres 2016 bauen – also den Wandel weg vom Verbrennerantrieb, hin zu höheren Automatisierungsleveln und Vernetzungsgraden nicht mitmachen²². Darüber hinaus wird unterstellt, dass die Marktanteile bei den einzelnen Referenzfahrzeugen in den Bereichen Antriebe und Automatisierung des Jahres 2016 konstant bleiben. Damit steigen die Mengen nur noch entsprechend der globalen Wachstumsraten. Weiterhin wird zur Vereinfachung angenommen, dass sich bei der Vernetzung und den „sonstigen Systemen“ gegenüber dem Basisszenario nichts ändert. Damit wird der Strukturvorteil des wachstumsgünstigen Startportfolios weitgehend aufgehoben. Die Tabelle 30 zeigt die Ergebnisse:

- Im Bereich der Antriebe ist im Jahr 2030 mit einem Marktvolumen von 44 Milliarden Euro zu rechnen. Das sind fast 41 Milliarden Euro weniger als im Basisszenario.
- Bei der Automatisierung ist im Jahr 2030 mit einem Volumen von elf Milliarden Euro zu rechnen. Das sind fast 14 Milliarden Euro weniger als im Szenario „Bayern wächst mit dem Weltmarkt“.
- Insgesamt addieren sich die Marktvolumen von 2016 bis 2030 auf 169 Milliarden Euro – im Basisszenario sind es knapp 224 Milliarden Euro.

Die Marktanteile fallen entsprechend. Bei den Antrieben wären es 2030 nur noch 2,2 Prozent anstatt 4,1 Prozent wie im Szenario „Bayern wächst mit dem Markt“. Bei den Komponenten im Bereich der Automatisierung gibt es 2030 einen Rückgang von 5,4 Prozent auf nur noch 2,4 Prozent. Insgesamt betrachtet, hätten die bayerischen Unternehmen des Auto-Clusters in diesem Szenario 2030 einen Marktanteil von 2,5 Prozent gegenüber 3,3 Prozent im Basisszenario.

²² Konkret wird damit für alle Jahre bis 2030 die Struktur konserviert, wie sie in der ersten Spalte Tabelle 27.

Tabelle 30

 Marktvolumen im Szenario „Bayern bleibt stehen“¹⁾

Systeme	2016	2020	2025	2030
Antriebe				
Konventionell	24,0	28,9	35,0	40,0
Hybrid	2,9	3,1	3,2	3,2
Batterieelektrisch	0,9	0,9	0,9	0,8
Gesamt	27,8	32,9	39,1	44,0
Automatisierung				
Level 0 bis 2	4,5	7,2	9,9	11,0
Level 3	0,0	0,0	0,0	0,0
Level 4 bis 5	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	4,5	7,2	9,9	11,0
Vernetzung				
Embedded	3,7	5,9	9,7	12,3
Tethered	1,2	3,3	4,8	4,8
Gesamt	4,9	9,2	14,5	17,1
Trendabhängige Systeme	37,2	49,3	63,5	72,2
Sonstige Systeme	75,3	83,8	92,5	97,2
Gesamt	112,5	133,0	156,0	169,4
Nachrichtlich:				
Weltmarktanteile²⁾	Angaben in Prozent			
Antriebe	2,2	2,1	2,0	2,2
Automatisierung	4,9	3,9	2,7	2,4
Vernetzung	5,6	5,5	5,5	5,3
Gesamt	2,5	2,5	2,4	2,5

¹⁾ In Milliarden Euro. ²⁾ Bezogen auf die adjustierten Marktvolumen in Bayern.

Eigene Berechnungen

Dieses Szenario wäre sehr negativ und ist faktisch keine Alternative:

- Die Marktvolumen würden sinken. Die dafür notwendigen kompensatorischen Erhöhungen der Marktanteile bei Antrieben mit konventionellem Verbrennungsantrieb und bei der Ausstattung der Fahrzeuge mit Automatisierungslevel 1 wären sehr hoch und nur schwer erreichbar. Die Marktanteile bei diesen Systemen müssten gegenüber dem Basisszenario bis zum Jahr 2030 in etwa verdoppelt werden.
- Die implizit unterstellte Annahme, dass sich bei der Entwicklung der nicht direkt betroffenen Systeme nichts ändert, ist ebenfalls wenig realistisch. Auch für diese Zulieferer würden die Märkte schrumpfen. Sie können ihre Marktanteile nur halten, wenn sie die modernsten Fahrzeuge anbieten – also die Trends bei der Elektrifizierung, der Automatisierung und Vernetzung mitgehen.
- Das Auto-Cluster würde in diesem Szenario pro Jahr um 3,0 Prozent wachsen. Das entspräche immer noch einem Wachstum, der leicht über dem langfristigen bayerischen Trend (+2,5 Prozent) läge. Die Automobilindustrie könnte zwar immer Bedeutungsgewinne realisieren, die aber deutlich kleiner wären als in dem Szenario „Bayern wächst mit dem Markt“.
- Das wichtigste Argument ist aber, dass bei diesem Szenario das bayerische Auto-Cluster eine nicht zukunftsfähige Struktur hätte, denn der Wandel zu Elektrofahrzeugen, höheren Automatisierungs- und Vernetzungsgraden wird weitergehen. Die wirklich negativen Auswirkungen würden sich erst in den Jahren nach 2030 zeigen.

Das Szenario „Bayern bleibt stehen“ soll kein Zukunftsleitbild sein, sondern im Gegenteil zeigen, wie hoch die Kosten eines verweigeren Strukturwandels wären.

8.4 Bayern verliert Marktanteile

In diesem Szenario wird das Bild weiter eingetrübt und eine wirklich schwache Entwicklung des bayerischen Auto-Clusters simuliert. Der Marktanteil soll (gemessen an den Marktvolumen) von 2,5 Prozent (2016) um einen Prozentpunkt kontinuierlich auf nur 1,5 Prozent (2030) sinken. Damit verbunden wäre ein erheblicher Rückgang der realisierbaren Geschäftsvolumen. Die entsprechenden Marktvolumen würden 2030 nur noch bei knapp 104 Milliarden Euro und unterhalb des Niveaus von 2016 (112,5 Milliarden Euro) liegen. Das Auto-Cluster Bayern würde nicht nur relativ an Bedeutung verlieren, sondern absolut schrumpfen. Über den gesamten Zeitraum von 2016 bis 2030 wären die Marktvolumen um ein Drittel niedriger als im Basisszenario „Bayern wächst mit dem Weltmarkt“.

8.5 Bayern im MaaS-Szenario

Diesem Szenario liegt nicht das globale Basisszenario (Kapitel 5.3) zugrunde, sondern es wird an dem alternativen Szenario „Mobility as a Service (MaaS)“ angeknüpft. In Kapitel 5.4 ist dieses Szenario beschrieben und für das Jahr 2030 berechnet. Zwei wesentliche Annahmen liegen zugrunde:

Berechnung bayernspezifischer Szenarien

- Es gibt 2030 weltweit einen Markt für 22 Millionen hoch- oder vollautomatisierte Fahrzeuge mit Batterieantrieb, die teilweise Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben und niedrigeren Automatisierungsleveln verdrängen.
- Im Jahr 2030 werden anstatt 116 Millionen Fahrzeugen wie im Basisszenario nur noch 90 Millionen Einheiten weltweit produziert. Der Grund dafür ist eine stärkere Durchdringung von Carsharing mit entsprechend höheren Substitutionsraten.
- Dadurch verringern sich die Marktvolumen im Jahr 2030 in den direkt trendabhängigen Systemen von 1.170 Milliarden Euro im Basisszenario auf nur noch 955 Milliarden Euro.

Diese Entwicklung wird auf Bayern übertragen und zusätzlich unterstellt, dass dieser Prozess bereits im Jahr 2020 beginnt und gleitend in die Strukturen 2030 übergeht. Dabei wird angenommen, dass die Fahrzeugproduktion weltweit wie im Basisszenario von 90 Millionen (2016) auf 100 Millionen (2020) steigt und danach abfällt. 2025 sollen es 95 Millionen und 2030 noch 90 Millionen Fahrzeuge sein. Die Tabelle 31 zeigt die Detailstrukturen für die Referenzfahrzeuge. Diese Änderungen werden auf das bayerische Basisszenario übertragen:

- Die Zahl der produzierten Fahrzeuge wird bei Antrieben, Automatisierung und Vernetzung 2020 um 14 Prozent und 2030 um 22 Prozent gegenüber dem Basisszenario reduziert. Die gleiche Anpassung erfolgt auch bei den Marktvolumen in den sonstigen Bereichen, die nicht direkt von den untersuchten Trends betroffen sind.
- Der Wandel hin zu mehr rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen sowie Fahrzeugen mit den Automatisierungsleveln 4 und 5 ist in Analogie zu dem globalen Szenario modelliert. Grundlage für die Anpassung ist jeweils das bayerische Basisszenario.

Die prognostizierten Marktvolumen fallen in diesem Szenario deutlich niedriger aus als im Basisszenario. Im Jahr 2030 ist mit einem Volumen von gut 178 Milliarden Euro zu rechnen, im bayerischen Basisszenario waren es 223 Milliarden Euro. Das ist ein Minus von 20 Prozent. Über den gesamten Zeitraum betrachtet, sind die Einbußen nicht ganz so stark (-9,1 Prozent), weil der Wandel hin zu weniger, aber batterieelektrisch betriebenen und stärker automatisierten Fahrzeugen erst ab 2030 beginnt. Für Bayern wäre dieses Szenario nicht vorteilhaft. Die Verluste der weltweit sinkenden Nachfrage nach Fahrzeugen können durch Gewinne etwa durch eine Verschiebung in höhere Automatisierungsgrade nicht kompensiert werden. Die Marktanteile verschieben sich in diesem MaaS-Szenario kaum, weil der unterstellte Wandel auf Bayern nahezu eins zu eins übertragen wird. Aber selbst in diesem Szenario würde das bayerische Auto-Cluster nicht an Bedeutung verlieren. Die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate der Marktvolumen liegt mit 3,3 Prozent über dem langfristigen Wachstumstrend des Produktionswerts der bayerischen Wirtschaft (+2,5 Prozent p. a.).



Tabelle 31

Marktvolumen im Szenario „Mobility as a Service“⁽¹⁾

Systeme	2016	2020	2025	2030
Antriebe				
Konventionell	24,0	23,7	17,7	5,6
Hybrid	2,9	14,3	23,1	29,5
Batterieelektrisch	0,9	3,9	14,2	30,6
Gesamt	27,8	41,8	54,9	65,7
Automatisierung				
Level 0 bis 2	4,5	6,4	5,1	5,3
Level 3	0	1,8	8,2	5,8
Level 4 bis 5	0	0,1	7,6	13,0
Gesamt	4,5	8,3	20,9	24,1
Vernetzung				
Embedded	3,7	5,9	8,4	9,5
Tethered	1,2	3,3	4,1	3,7
Gesamt	4,9	9,2	12,4	13,2
Trendabhängige Systeme	37,2	59,3	88,3	103,1
Sonstige Systeme	75,3	83,8	79,5	75,3
Gesamt	112,5	143,1	167,8	178,4
Nachrichtlich: Weltmarktanteile²⁾				
	Angaben in Prozent			
Antriebe	2,2	2,7	3,2	4,1
Automatisierung	4,9	4,6	4,1	5,4
Vernetzung	5,6	5,5	5,5	5,3
Gesamt	2,5	2,7	2,9	3,3

¹⁾ In Milliarden Euro. ²⁾ Bezogen auf die adjustierten Marktvolumen in Bayern.

Eigene Berechnungen

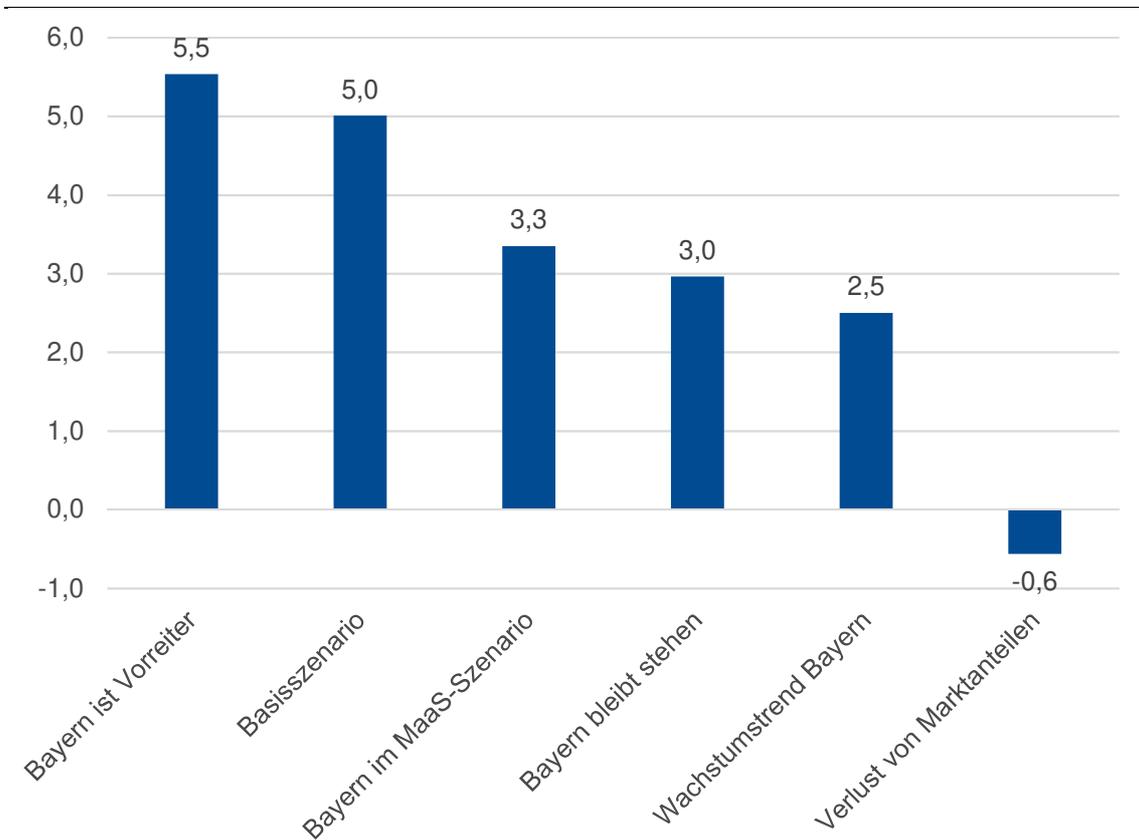


8.6 Szenarien im Überblick

Die Abbildung 25 gibt einen knappen Überblick über die Wachstumsimplikationen der verschiedenen Szenarien. Zusätzlich ist der langfristige Wachstumstrend des Produktionswerts der bayerischen Wirtschaft als Benchmark eingezeichnet (2,5 Prozent p. a. nominal):

- Im Basisszenario sowie in den Szenarien Vorreiter und MaaS wird die Bedeutung des Auto-Clusters Bayern weiter zunehmen. Die jährlichen Wachstumsraten liegen über der Benchmark-Linie von 2,5 Prozent.
- Sinken die Marktanteile von 2016 bis 2030 um einen Prozentpunkt, werden die Marktvolumen schrumpfen, und die Anteile des Auto-Clusters am bayerischen Produktionswert werden entsprechend abnehmen.

Abbildung 25

Vergleich Wachstumsraten verschiedener Szenarien für Bayern¹⁾

¹⁾ Wachstumsrate der Marktvolumen 2030 gegenüber 2016 in Prozent pro Jahr

Vorreiter: Bayern hat den Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge bis 2030 gegenüber dem Basisszenario verdoppelt. Der Anteil der Fahrzeuge mit Autolevel 4 oder 5 steigt von 6,2 Prozent im Basisszenario auf knapp 23 Prozent.

Basisszenario: Globales Basisszenario und Bayern wächst in allen Systemen im weltweiten Durchschnitt

MaaS: Stärkere Verschiebung ab 2020 in Richtung hoch- oder vollautomatisierter Fahrzeuge bei Rückgang der weltweit produzierten Fahrzeuge von 100 Millionen Einheiten (2000) auf 90 Millionen (2030). Bayern wächst in allen Komponenten der Referenzfahrzeuge wie der Weltmarkt.

Wachstumstrend Bayern: Langfristige Wachstumsrate des Produktionswerts (2,5 Prozent pro Jahr ; Mittelwert der Jahre 2008 bis 2016).

Bayern bleibt stehen: Bayern behält bis 2030 die Struktur sowie die Marktanteile des Startjahres 2016 konstant bei.

Verlust an Marktanteilen: Der bayerische Marktanteil sinkt von 2,5 Prozent (2016) um einen Prozentpunkt auf 1,5 Prozent (2030).

Eigene Darstellung

9 Ergebnisse nach Unternehmenstypen

Durchgängig positive Struktureffekte für fast alle Unternehmenstypen

In den vorangegangenen Kapiteln 7 und 8 wurden die Marktvolumen und die Auswirkungen verschiedener Szenarien für das gesamte Auto-Cluster Bayern untersucht. In diesem Abschnitt werden verschiedene Unternehmenstypen differenziert betrachtet. Dabei wird nach fünf Kriterien unterschieden:

- Unternehmensgröße
- Branchen- und Größenklassen
- Stellung in der Wertschöpfungskette
- Konzentration auf das Automobilgeschäft
- Konzentration auf konventionelle Antriebe

Um eine Überfrachtung zu vermeiden, werden nur die Auswirkungen des Basisszenarios „Bayern wächst mit dem Markt“ untersucht. Einbezogen ist nur die Zuliefererindustrie, nicht die OEM. In Kapitel 0 werden bundesdeutsche Durchschnittsdaten verwendet, weil bei der notwendigen Auffächerung der Typen der bayerische Datensatz zu wenige Fälle hat.

9.1 Blick in den Mittelstand

Auf die klein- und mittelständischen Unternehmen entfällt ein Anteil von rund 21 Prozent des Auto-Clusters Bayern. Das entspricht im Jahr 2016 einem Volumen von 23,7 Milliarden Euro. Erfasst sind dabei die Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten (KMU-Definition).

Der Mittelstand im Auto-Cluster Bayern hat eine etwas andere Struktur als die großen Unternehmen. Auch unterscheiden sich die KMU in Bayern von dem bundesdeutschen Durchschnitt (Tabelle 32):

- Die mittelständischen Unternehmen sind stärker als die größeren auf Fahrzeugteile (zum Beispiel Karosserie, Fahrwerk, Interieur, Exterieur) spezialisiert, die außerhalb der direkt trendabhängigen Systeme liegen. Der Anteil liegt bei den KMU in Bayern bei zwei Dritteln (große Unternehmen: rund 57 Prozent). Bundesweit ist dieser Anteil bei den KMU mit fast 80 Prozent sogar noch deutlich höher. Daraus folgt, dass der Mittelstand von dem Strukturwandel hin zur Fahrzeugelektrifizierung, Fahrzeugautomatisierung und Fahrzeugvernetzung direkt weniger betroffen ist als größere Unternehmen.
- Das Portfolio der KMU in Bayern und in Deutschland ist etwas stärker auf die Systeme der Elektromobilität ausgerichtet. Die Anteile am gesamten Marktvolumen sind höher als bei den größeren Unternehmen und bei den KMU in Deutschland. Noch deutlicher



Ergebnisse nach Unternehmenstypen

sind die Unterschiede aber bei der Automatisierung. Mit einem Anteil am Produktionswert von 9,3 Prozent (große Unternehmen in Bayern 4,1 Prozent) haben die bayerischen KMU dort einen ausgesprochenen Schwerpunkt.

Insgesamt ist das eine sehr wachstumsgünstige Struktur. Der bayerische Mittelstand im Auto-Cluster ist dort stark (Automatisierung und Antriebe mit Elektrokomponente), wo weltweit mit hohen Wachstumsraten zu rechnen ist. Sowohl für KMU als auch für Großunternehmen steigen deshalb die Marktvolumen in dem Basisszenario „Bayern wächst mit dem Weltmarkt“ deutlich an (Abbildung 26):

- Die Produktionswerte der KMU erhöhen sich von 23,7 Milliarden Euro (2016) auf 58,0 Milliarden Euro. Das bedeutet einen Zuwachs von 6,6 Prozent pro Jahr. Bei den größeren Unternehmen ist die Dynamik etwas schwächer. Dort beträgt die prognostizierte Wachstumsrate nur 5,4 Prozent.
- Der Struktureffekt ist bei beiden Größenklassen positiv, bei den KMU mit 23,6 Prozent²³ noch etwas stärker ausgeprägt als bei den größeren Unternehmen (17,4 Prozent). Die Unternehmen beider Größenklassen haben eine Startposition, die sich begünstigt.

²³ Differenz zwischen den kumulierten Produktionswerten im Basisszenario und dem um den Struktureffekt korrigierten Produktionswert in Prozent des Werts im Basisszenario.



Tabelle 32

Struktur der Marktvolumen nach Unternehmensgröße¹⁾

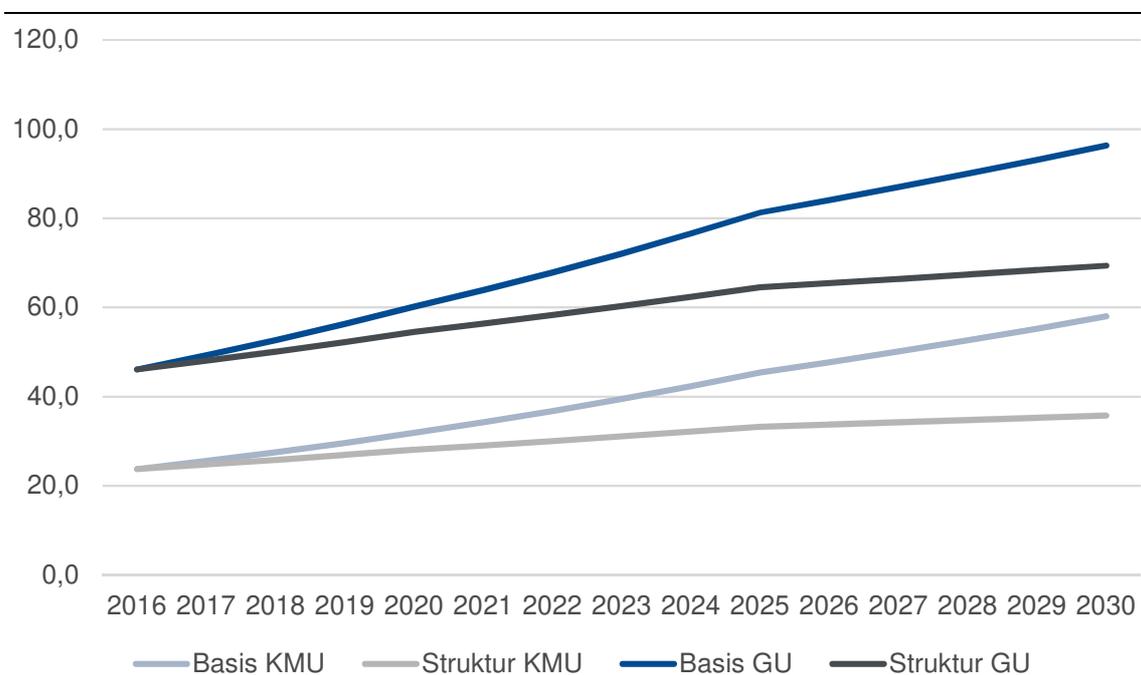
	<i>Groß Bayern</i>	<i>KMU Bayern²⁾</i>	<i>KMU D²⁾</i>
Konventionelle Antriebe	27,1	16,1	12,6
Motoren und Kraftstoffsysteme	12,7	2,8	1,8
Abgas- und Effizienztechnologien	1,4	2,5	3,2
Thermomanagement	0,7	1,1	0,3
Getriebe	9,5	6,8	4,3
Leistungselektronik u. Nebenaggregate	2,7	3,0	3,1
Antriebe mit Elektrokomponente³⁾	3,6	5,2	2,5
Motoren und Kraftstoffsysteme	0,3	0,1	0,0
Abgas- und Effizienztechnologien	0,0	0,1	0,1
Thermomanagement	0,6	0,6	0,3
Getriebe	0,3	0,1	0,1
Elektrische Antriebe	0,8	1,9	1,0
Batterie	0,1	0,2	0,5
Ladetechnik	1,0	1,6	0,4
Leistungselektronik u. Nebenaggregate	0,4	0,6	0,2
Automatisierung	4,1	9,3	3,9
Datenverarbeitung	0,6	4,7	0,1
Umfelderfassung/Aktorik	3,5	4,7	3,8
Vernetzung	8,0	2,8	1,7
Kommunikationssystem	3,2	2,5	1,2
Multimedia- und Fahrerinformationssys.	4,8	0,3	0,4
Betrachtete Systeme	42,8	33,4	20,6
Sonstige Systeme	57,2	66,6	79,4
Gesamt	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Angaben in Prozent; Daten für 2016; Zulieferer, keine OEM. ²⁾ Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten. ³⁾ Einschließlich Hybridantriebe

Die Abbildung 26 zeigt die Entwicklung der Marktvolumen (Produktionswerte der kleineren und größeren Zuliefererunternehmen. Dabei ist das Szenario „Bayern wächst wie der Weltmarkt“ durchgerechnet, das heißt die Unternehmen wachsen in allen Systemen wie in dem globalen Szenario unterstellt. Sowohl bei den KMU als auch bei den größeren Zuliefererunternehmen liegen die Verläufe des Basisszenarios über den Kurven, die hypothetisch unterstellen, dass im Jahr 2016 die Struktur des Portfolios der bayerischen Unternehmen dem des Weltmarkts entspräche. Die wachsenden Abstände der beiden Kurvenverläufe zeigen die Strukturvorteile der bayerischen Zulieferer an.

Abbildung 26

Vergleich des Basisszenarios und Struktureffekt nach Unternehmensgröße¹⁾



¹⁾ In Milliarden Euro, Angaben für Bayern.

KMU: Unternehmen mit bis 499 Beschäftigten; GU: Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigten
 Basisszenario: Globales Basisszenario und Bayern wächst in allen Systemen im weltweiten Durchschnitt
 Struktureffekt: Bayern hat im Startjahr 2016 die gleiche Struktur und wächst in allen Systemen mit dem Weltmarkt.

Eigene Darstellung

9.2 Sonstige Unternehmenstypen

In diesem Abschnitt werden verschiedene Unternehmenstypen betrachtet, um Strukturunterschiede der Zuliefererindustrie hervorzuheben. Dargestellt sind bundesdeutsche Mittelwerte. Bei jedem Typ sind die Anteile der jeweiligen Untergruppe an dem Produktionswert des Auto-Clusters Bayern, das jährliche Wachstum zwischen 2016 und 2030 sowie der Struktureffekt dargestellt: Zwei Befunde sind hervorzuheben:

- Bei fast allen betrachteten Typen ist der Struktureffekt positiv. Das Auto-Cluster ist also durchgängig in den Feldern besonders präsent, wo mit hohen zukünftigen Wachstumsraten zu rechnen ist.
- Negativ ist dieser Struktureffekt bei der Gruppe von Unternehmen, die sehr stark im Bereich konventioneller Antriebe aktiv sind. In der Gruppe mit einem mindestens um 50 Prozent höheren Wert als der Durchschnitt beträgt der Struktureffekt -9,4 Prozent. Auf diese Gruppe entfallen immerhin elf Prozent des gesamten Produktionswerts des Auto-Clusters Bayern. Ungünstig ist die Ausgangsstruktur auch bei dem größeren Mittelstand mit 250 bis 499 Beschäftigten (-7,1 Prozent).
- Relativ gering ist der Struktureffekt in der Gruppe Tier 1 und bei Unternehmen, die stark auf das Automobilgeschäft (Umsatzanteil größer 50 Prozent) konzentriert sind.

Tabelle 33

Kerndaten Basisszenario des Automobilssektors nach Unternehmenstypen

	<i>Anteil¹⁾</i>	<i>Wachstum²⁾</i>	<i>Struktureffekt</i>
Stellung in der Wertschöpfungskette			
Tier 1	63,5	4,6	11,5
Tier 2	11,1	7,7	32,1
Tier 3	5,5	5,8	18,5
Tier 4	19,9	5,4	16,8
Unternehmensgröße			
> 500	65,2	5,6	18,4
250-499	18,8	2,2	-7,1
50-249	9,5	6,2	23,7
<50	6,5	6,4	25,4
Konzentration auf Automobilgeschäft			
bis 10 %	0,4	6,4	21,7
bis 20 %	3,5	10,6	46,0
bis 50 %	10,9	7,3	28,6
ab 50 %	85,2	4,6	12,4
Konzentration auf konventionelle Antriebe			
0 bis 15 %	37,6	5,4	15,1
15 bis 50 %	51,3	5,7	18,6
50+ %	11,1	1,7	-9,4
Auto-Cluster gesamt			
Gesamt	100,0	5,2	16,5

¹⁾ In Prozent; Anteil am Auto-Cluster.

²⁾ In Prozent, Jährliches Wachstum 2016 bis 2030.

Eigene Berechnungen

10 Bewertungen und Schlussfolgerungen

Automobiler Strukturwandel muss trotz Startvorteile proaktiv gestaltet werden

Die bisherige Analyse hat zwei zentrale Ergebnisse:

- Der weltweite Strukturwandel in der Automobilindustrie wird entlang eines dynamischen Wachstumspfad erfolgen. Die Strukturen ändern sich, und die Marktvolumen wachsen.
- Bayern ist für den Strukturwandel gut gerüstet. Die Unternehmen des Auto-Clusters sind heute gerade dort stark, wo hohe Wachstumsraten erwartet werden. Bayern hat heute einen Startvorteil durch eine wachstumsgünstige Struktur.

Im folgenden Kapitel sollen diesen beiden grundlegenden Aussagen nochmals kritisch bewertet werden. Zunächst wird die globale Ebene beleuchtet (Kapitel 10.1). Anschließend werden die Faktoren identifiziert, die für Bayern eher förderlich (Kapitel 10.2) oder eher bedrohlich (Kapitel 10.3) sind. Das Schlusskapitel endet mit einem kurzen Fazit (Kapitel 10.4).

10.1 Warum es auch anders laufen könnte

Das globale Basisszenario bewertet implizit eine Vielzahl von strukturbestimmenden, wachstumsfördernden oder -hemmenden Faktoren und fasst alle Aspekte zu einer Gesamtbewertung zusammen. Dieses Szenario hat alles im allem die größte Eintrittswahrscheinlichkeit und steckt deshalb einen gut begründeten Orientierungsrahmen ab. Da gerade dieses Szenario sehr positiv ist, sollen einige Bedrohungsfaktoren nochmals explizit genannt werden.

Nachfrage und Mobilitätsverhalten: Die Szenarien gehen alle davon aus, dass die Konsumenten die hochautomatisierten und vernetzten Elektrofahrzeuge kaufen werden und gleichzeitig ihr Mobilitätsverhalten ändern. Dafür gibt es Indizien in Form von Experteneinschätzungen und Befragungsergebnissen. Zumindest in Deutschland und Europa werden batterieelektrische Fahrzeuge solange skeptisch betrachtet, wie die Reichweiten der Fahrzeuge unter 500 Kilometer bleiben und eine effiziente Ladeinfrastruktur nicht vorhanden ist. Bisher haben sich Elektrofahrzeuge nur bei hoher Subventionierung (Norwegen) oder staatlicher Industriepolitik (China) in größerem Umfang etabliert. Gelingt der Strukturwandel auf der Marktseite ohne solche massiven Eingriffe nicht, sind auch die errechneten Kostendegressionseffekte auf der Produktionsseite für alternative Antriebe nicht realisierbar. Ein negativer Teufelskreis könnte die Folge sein. Die Unternehmen des Auto-Clusters sehen in der Nachfrageentwicklung und der Technologie die wichtigsten Treiber im Strukturwandel.

Bei den großen Unternehmen, die 80 Prozent des Auto-Clusters ausmachen, wird der Nachfrageentwicklung die höchste Relevanz beigemessen.

Kasten: Maßgebliche Treiber aus der Sicht der Automobilindustrie

Relevanz der Treiber; Skala von -100 (keine Relevanz) bis +100 (hohe Relevanz)

	Gesamt	KMU	GU
Technologie	52,6	52,5	67,5
Wettbewerb	32,4	32,3	42,6
Kunden	49,7	49,5	70,9
Regulierung	3,7	3,5	38,6

Quelle: Befragungen IW Consult (2018)

Regulierung: Staatliche Regulierungen zur Reduktion von Emissionen sind wichtige Parameter für den Wandel in der Automobilindustrie. Wird die Regulierung verschärft, könnte dies zu einer noch schnelleren Ersetzung der Fahrzeuge mit Verbrennungsantrieb führen. Auch industriepolitische Ansätze zur Beschleunigung des Wandels hin zur Elektromobilität insbesondere in China spielen eine wichtige Rolle. Das alternative Szenario „Mobility as a Service“ zeigt die Konsequenzen dieser Entwicklung in einer mittleren Variante. Die Anzahl der produzierten Fahrzeuge ist in diesem Szenario 2030 mit 90 Millionen Einheiten gegenüber heute nicht höher. Im Vergleich zum Basisszenario sinken die Marktvolumen signifikant. Extremere Varianten mit sinkenden Produktionszahlen sind vorstellbar. Für die deutsche und bayerische Automobilindustrie würde dies bei global schrumpfenden Märkten den Anpassungszeitraum im Strukturwandel verkürzen. Die Unternehmen des bayerischen Auto-Clusters insgesamt sehen allerdings in der Regulierung keinen besonders wichtigen Treiber. Anders sieht das für Unternehmen aus, die sehr stark von konventionellen Antriebsaggregaten abhängen. Für sie ist die Regulierung der bedeutendste Treiber.

Rohstoffe: Alle Szenarien kommen zu der Bewertung, dass die Elektrifizierung der Fahrzeuge über Batterien erfolgt. Der Brennstoffzelle werden zumindest bis 2030 keine großen Marktchancen eingeräumt. Das zeigt auch das alternative Szenario „Brennstoffzelle“, das für das Jahr 2030 unter günstigsten Rahmenbedingungen einen Marktanteil von nur zwei Prozent erlangt. Mit der Batterie setzt man auf eine Technologie, die die Rohstoffe Lithium und Kobalt sowie Seltene Erden benötigt. Die weltweite Versorgung mit diesen Rohstoffen ist kritisch. Dabei geht es weniger um die generellen Vorkommen und Reserven, sondern um extrem hohe Abhängigkeiten von einzelnen Ländern (Lithium in Bolivien, Kobalt aus dem Kongo und Seltene Erden aus China). Der Zugang zu Rohstoffen zu wettbewerbsfähigen Preisen ist einer der kritischsten Punkte auf dem Weg zur Elektromobilität. Schon alleine deshalb ist die Erforschung alternativer Batterietechnologien und Antriebsarten zur Verringerung der Abhängigkeiten notwendig.

Energie und Infrastruktur: Sehr kritisch hinterfragt werden muss, ob es weltweit gelingt, die für die Elektromobilität notwendigen Mengen emissionsarmer Energie und die dazugehörige Ladeinfrastruktur bereitzustellen. Gelöst sind diese Probleme nicht, wenn auch

Experten optimistisch sind. Hennig Kagermann, Leiter der Nationalen Plattform Elektromobilität, sagt, „die Probleme, die wir derzeit haben – Reichweite, Kosten und Ladedauer – werden in den nächsten fünf Jahren gelöst“ (Kagermann, 2018). Es bleibt offen, ob diese Ziele weltweit erreicht werden und wie der Staat seinen Infrastrukturaufgaben nachkommen wird.

Überforderungen im Strukturwandel: Die Unternehmen stehen vor einem sehr komplexen Strukturwandel, der überfordern könnte. Es müssen gleichzeitig die bestehenden Märkte gepflegt und neue aufgebaut werden. In beiden Märkten sind Forschung und Entwicklung sowie Investitionen notwendig. Diese Doppelbelastungen könnten den Wandel insgesamt bremsen. Darüber hinaus werden die Mobilitätsmärkte komplexer: Elektrofahrzeuge und Carsharing-Modelle für städtische Regionen, Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb in Chemieregionen, die über entsprechende Angebotskapazitäten verfügen, oder Fahrzeuge mit einem konventionellen Verbrennungsmotor für Mobilitätsbedarfe mit hohen Reichweiten. Diese Entwicklungen würden zu einer stärkeren Ausdifferenzierung der Fahrzeugpalette führen, die mit kleineren Losgrößen und damit höheren Produktionskosten einherginge. Auch müssen sich dafür die notwendigen Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle erst entwickeln. Das kostet Zeit und könnte die ambitionierten Zeitpläne des Wandels hin zur automatisierten und vernetzten Elektromobilität gefährden.

Unsicherheiten für die Zeit nach 2030: Ein großes Hindernis ist die Unsicherheit des technologischen Wandels nach 2030. Bis zu diesem Zeitpunkt sind die Analysen eindeutig. Die Brennstoffzelle, alternative Kraftstoffe²⁴ oder völlig neue Batterietechnologien werden bis dahin nicht zur Verfügung stehen. Die Brennstoffzelle ist in absehbarer Zeit noch zu teuer, es gibt keine industriellen Verfahren für die Produktion in großen Stückzahlen, der Aufbau einer Wasserstofftankstelleninfrastruktur ist sehr teuer, und es gibt nach wie vor Akzeptanzprobleme bei den Nachfragern etwa mit Blick auf Brand- und Explosionsgefahren. Den eFuels wird nach einer Studie der Deutschen Energie-Agentur (dena, 2017) eine hohe Bedeutung für die Erreichung der EU-Klimaschutzziele des Verkehrssektors bis zum Jahr 2050 zugeschrieben. Danach wird der Endenergiebedarf aller Verkehrsträger zu mehr als 70 Prozent durch eFuels gedeckt werden. Vorbehalte bestehen heute hinsichtlich der Energieeffizienz, der Kosten und der Akzeptanz der Nachfrager. Allerdings wird sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der angewandten Forschung sehr intensiv an der Lösung dieser technologischen Probleme gearbeitet. Die Aussichten für marktreife Lösungen in zehn bis 15 Jahren sind durchaus gut. Genau das aber könnte heute Aufmerksamkeit auslösen: Wenn die Unternehmen die Erwartung haben, dass es in zehn Jahren bessere Lösungen gibt, werden sie heute zurückhaltender bei der Umstellung ihrer Fahrzeugflotte auf alternative Antriebe agieren, als sie es ohne diese Perspektive täten. Das kann den Strukturwandel bremsen. Es gibt aber noch eine potenziell negative Konsequenz zu bedenken. Die Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb könnte scheitern, obwohl sich diese Technologie als technologisch überlegen erweisen könnte. Der Grund sind Pfadabhängigkeiten. Erfolgt ein Wandel zu batterieelektrischen Fahrzeugen mit dem Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur, werden diese wie eine Markteintrittsbarriere für

²⁴ Dazu zählen vor allem synthetische Kraftstoffe wie eFuels, die mittels Strom aus erneuerbaren Energien (Power-to-Gas oder Power-to-Liquid) und einer Kohlenstoffquelle (z. B. CO₂) produziert werden.

neue Lösungen wirken. Die Ökonomen sprechen hier von Lock-in-Effekten. Eine Wasserstoffinfrastruktur kann nur langsam aufgebaut werden. Die Marktanteile und die Stückzahlen werden niedrig und die Durchschnittskosten entsprechend hoch sein. Genau das schützt die etablierten Technologien.

10.2 Was hilft Bayern?

Die Szenarien haben gezeigt, dass das bayerische Auto-Cluster eine gute Zukunftsperspektive hat, wenn es gelingt, in den einzelnen Segmenten mit dem Tempo des Weltmarkts zu wachsen. Für diese Zuversicht gibt es gute Gründe.

Unternehmen sind verhalten optimistisch

In der Befragung zur Erfassung der automobilen Umsätze und Absatzstrukturen wurden auch die Zukunftsbewertungen mit Blick auf die maßgeblichen Trends abgefragt. Es gibt vier wesentliche Befunde:

- Insgesamt herrscht ein relativ hohes Maß an Unsicherheit. Zwei Fünftel der Unternehmen geben an, dass sie ihre mittelfristige Umsatzentwicklung in den nächsten fünf Jahren nicht einschätzen können.
- Bei den Unternehmen, die sich diese Einschätzung zutrauen, gibt es deutlich häufiger positive als negative Erwartungen.
- Dabei gibt es keine großen Unterschiede zwischen den bundesweiten und bayernspezifischen Ergebnissen.
- Die größeren Unternehmen mit mindestens 500 Beschäftigten sehen die Umsatzentwicklungen in den Bereichen Fahrzeugelektrifizierung und -automatisierung sowie im Leichtbau deutlich positiver als die KMU.

Tabelle 34

 Umsatzerwartungen der Unternehmen des Auto-Clusters¹⁾

	<i>Gesamt</i>	<i>KMU</i>	<i>GU</i>
Fahrzeugelektrifizierung	2,1	1,9	26,2
Fahrzeugautomatisierung	3,5	3,4	16,5
Fahrzeugvernetzung	11,6	11,5	12,9
Innovative Mobilitätslösungen	18,7	18,7	20,5
Leichtbau	-5,9	-6,1	23,1
Anteil „weiß nicht“ in Prozent	<i>Gesamt</i>	<i>KMU</i>	<i>GU</i>
Fahrzeugelektrifizierung	36,7	36,6	45,3
Fahrzeugautomatisierung	36,9	36,8	56,3
Fahrzeugvernetzung	42,8	17,5	40,3
Innovative Mobilitätslösungen	40,9	40,8	57,6
Leichtbau	40,3	40,2	46,6

¹⁾ Skala von -100 (stark schrumpfen) bis +100 (stark wachsen).

Quelle: Befragungen IW Consult (2018)

Die Befragung zeigt auch, dass es keine wesentlichen Abweichungen zwischen der Einschätzung der mittel- und langfristigen Perspektive gibt. Die Umsatzerwartungen werden in der Zehn-Jahres-Sicht ähnlich bewertet wie für die kommenden fünf Jahre.

Insgesamt ist der Befund ein starker Hinweis darauf, dass die Unternehmen zuversichtlich sind, den bevorstehenden Strukturwandel erfolgreich zu bewältigen. Das ist ein wesentliches Argument für eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit des positiven Szenarios „Bayern wächst mit dem Weltmarkt“.

Durchgehend positiver Struktureffekt

Die Analyse der Szenarien hat gezeigt, dass das bayerische Auto-Cluster durchgängig einen positiven Struktureffekt hat. Das gilt für die OEM, für große und für kleine Zulieferer. Die Unternehmen haben bereits heute dort überdurchschnittlich hohe Marktanteile, wo weltweit mit hohen Wachstumsraten zu rechnen ist (Elektromobilität, Automatisierung und Vernetzung). Das bayerische Auto-Cluster hat dagegen nur unterdurchschnittliche Marktanteile in den konventionellen Antriebstechnologien, wo die Wachstumsaussichten weniger gut sind. Diese durchgehend gute Startposition ist ein weiterer wesentlicher Grund für eine optimistische Zukunftsbewertung.

Hohe industrielle Wettbewerbsfähigkeit

Die Automobilindustrie in Bayern ist in eine starke industriell geprägte Wirtschaftsstruktur eingebettet. Bayern ist durch eine international hohe Wettbewerbsfähigkeit gekennzeichnet. Untersuchungen zeigen, dass Bayern weltweit zu den Top-Industriestandorten zählt. Wesentliche Faktoren dafür sind: Internationalität, Forschung und Entwicklung, Innovationen sowie eine intensive Vernetzung zwischen Industrie und Wissenschaft. Diese Erfolgsfaktoren sind notwendig für eine erfolgreiche Bewältigung des automobilen Strukturwandels. Diese Stärke zeigt sich auch in den Patentaktivitäten im Bereich des autonomen Fahrens. Unter den Herstellern halten die deutschen OEM weltweit fast 45 Prozent aller Patente. Bei den Zulieferern sind es sogar 73 Prozent (IW, 2017). Dieser Befund wird in einer Ifo-Untersuchung (Ifo, 2017) bestätigt. Deutschland hält im Zeitraum 2010 bis 2015 weltweit den größten Anteil bei Patenten im Bereich Verbrennungsmotoren, Elektro- und Hybridfahrzeugen. Bayern hat an diesen Patenten in Deutschland überdurchschnittlich hohe Anteile. In den Bereichen Brennstoffzelle, Batterien oder Akkumulatoren sind hingegen andere Länder führend, wie zum Beispiel Japan und die USA.

Erfahrung in der Automobilindustrie

Ein sehr wichtiges Argument für eine zuversichtliche Bewertung der Zukunftschancen ist die hohe Kompetenz der deutschen und bayerischen Automobilindustrie insgesamt. Mit BMW und Audi sind zwei sehr erfolgreiche bayerische OEM Weltmarktführer bei anspruchsvollen Oberklassefahrzeugen. Dies wird flankiert durch eine Vielzahl von Zulieferern auf der Tier-1-Ebene (zum Beispiel Schaeffler, Brose, Leoni, Bosch-Rexroth, Knorr-Bremse), die in ihren Segmenten international führend sind. Es kommt hinzu, dass auch in Bayern rund zwei Drittel der Marktvolumen auf Systeme und Komponenten entfallen, die nicht direkt von der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung oder -vernetzung betroffen sind. In diesen Bereichen wird es zwar auch Anpassungen geben, die aber nicht so gravierend sind. Auch hier haben die bayerischen Unternehmen in den letzten Jahrzehnten ihre hohe Wettbewerbsfähigkeit unter Beweis gestellt, und es gibt gute Gründe, dass das in Zukunft so bleibt. Dieses nur indirekt vom Strukturwandel betroffene Zwei-Drittel-Segment des Auto-Clusters wird in Zukunft stabilisierend wirken. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die deutsche und bayerische Automobilindustrie es immer wieder schafft, ihr Produktportfolio grundlegend zu erneuern. Im Jahr 2016 entfielen 10,8 Prozent der Umsätze auf Marktneuheiten, also auf Produkte, die nicht älter als drei Jahre sind. Gesamtwirtschaftlich liegt dieser Anteil bei nur 2,9 Prozent (ZEW, 2017).

10.3 Was bedroht Bayern?

Es gibt eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass dem bayerischen Auto-Cluster der bevorstehende Strukturwandel gelingt. Ein Selbstläufer ist das aber nicht. Das zeigt eine Reihe bedrohender Faktoren.

Marktumfeld

Die Unternehmen des Auto-Clusters bewerten bundesweit ihr gegenwärtiges Marktumfeld kritischer als andere. Das zeigen die vorliegenden Befragungsergebnisse:

Tabelle 35

 Einschätzung des Marktumfelds¹⁾

	<i>Andere</i>	<i>Auto-Cluster</i>
Günstig	26,6	22,9
Eher günstig	49,4	48,0
Eher ungünstig	20,3	25,8
Ungünstig	3,0	3,4
Keine Angabe	0,7	0,0
Gesamt	100,0	100,0

¹⁾ In Prozent; Skala von -100 (stark negativ) bis +100 (stark positiv).

Quelle: Befragungen IW Consult (2018)

Besonders negativ bewerten das Marktumfeld diejenigen Unternehmen, die sehr stark in konventionellen Antriebstechnologien engagiert sind. Die Schwierigkeit der Aufgabe und Unsicherheiten im Bereich der Regulierungen einschließlich drohender Fahrverbote trüben das Bild etwas ein.

Neue Wettbewerber

Die größte Bedrohung für die etablierten Unternehmen der Automobilindustrie ist die Radikalität des Wandels. Bisherige Erfolgsfaktoren und technologische Vorsprünge werden teilweise entwertet. Neue Konkurrenten haben neue und bessere Chancen. Die neuen Felder Elektrifizierung, Automatisierung und Vernetzung sind mit Blick auf Markt- und Technologieführerschaft viel offener als etablierte Märkte. Das genau ist derzeit beobachtbar. Die chinesischen Produzenten arbeiten intensiv am „Elektroauto der Zukunft“. Experten bescheinigen ihnen hohe technologische Reifegrade und Marktchancen. Das gilt aber auch für Anbieter wie Tesla, Volvo, Nio oder Byton, die sich ganz oder weitgehend auf Fahrzeuge mit Elektroantrieben konzentrieren. Die bayerischen und deutschen Unternehmen sind derzeit keine Marktführer bei batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen. Sie gehören hier zu einer größeren Zahl von Wettbewerbern und müssen sich dort erst behaupten. Deshalb sollten auch die festgestellten Strukturvorteile der bayerischen Automobilindustrie kritisch hinterfragt werden. Dieser Befund gilt im Vergleich zum weltweiten Durchschnitt, aber nicht relativ zu einzelnen starken Wettbewerbern wie China oder den USA. Dazu gibt es keine verlässlichen Informationen.

Auslandsproduktion

Die bayerische Industrie ist auch deshalb stark, weil der weitaus größte Teil der Produktion (etwa 70 bis 80 Prozent) noch in Bayern erfolgt. Der Strukturwandel und die damit verbundene Reorganisation der internationalen Produktionsnetze könnten das ändern:

Bewertungen und Schlussfolgerungen

- Die Nachfrage nach Fahrzeugen, insbesondere Elektroautos, wächst in China stärker als in Europa oder anderen etablierten Märkten. Es gibt eine Tendenz, dass die Produktion stärker in die Regionen der Nachfrage verlagert wird. Das gefährdet potenziell die Produktion in Bayern.
- Nicht-tarifäre Handelshemmnisse und insbesondere Local-Content-Auflagen verstärken diesen Verlagerungsdruck. Auch hier steht China im Fokus.
- Die neuen Technologien ermöglichen erhebliche Änderungen in den Produktionsanlagen und damit verbundenen Wertschöpfungsketten. Dadurch rückt die Überprüfung der regionalen Produktionsstruktur stärker in den Mittelpunkt der Unternehmensstrategien und zieht neue Standortentscheidungen nach sich. Heutige Vorteile könnten weniger stark gewichtet werden, und Nachteile, etwa bei den Kosten, könnten zu einer stärkeren Internationalisierung der Produktion führen.

Das bedeutet nicht zwangsläufig, dass Bayern automobiler Produktionskapazitäten verliert. Das heißt nur, dass diese Frage eine höhere Relevanz bekommt und zur Gefahr werden könnte.

Schwächen in der Kerntechnologie Batterie

Bayern und Deutschland sind in den relevanten Zukunftsfeldern des automobilen Strukturwandels zwar gut aufgestellt. Es bleibt aber eine zentrale Schwäche im Bereich Batterien. Es gibt derzeit keine Zellfertigung in Deutschland, sondern lediglich Batteriemontagen. Ein wesentliches Vorprodukt batteriebetriebener Elektrofahrzeuge muss importiert werden. Natürlich ist das Argument richtig, dass die Lithium-Ionen-Batterie eine weitgehend ausgereifte Technologie ist und die Skalenvorteile der heutigen Produzenten kaum aufgeholt werden können. Trotzdem ist das Fehlen einer eigenen Zellfertigung eine Achillesferse und unterscheidet sich fundamental von herkömmlichen kostengetriebenen Internationalisierungsstrategien in der deutschen Automobilwirtschaft. Davon unbenommen ist, dass deutsche und bayerische Wissenschaftler und Unternehmen intensiv an technologisch besseren Lösungen arbeiten und dort durchaus zu der Weltspitze gehören.

Infrastrukturelle Voraussetzungen

Ohne eine sichere Energieversorgung und den Aufbau einer Ladeinfrastruktur kann die Wende hin zur Elektromobilität nicht gelingen. Deutschland steht hier am Anfang. Schätzungen zufolge werden acht Millionen Ladeeinheiten benötigt.²⁵ Ein zu zögerlicher Ausbau dieser Infrastruktur würde die Attraktivität des deutschen Binnenmarkts für Automobilhersteller reduzieren und insgesamt die Chancen für einen erfolgreichen Strukturwandel mindern.

Regulierung

Die Regulierung vor allem im Bereich der Emissionen und Verwendungseinschränkungen für bestimmte Fahrzeuge sind wichtige Rahmenbedingungen für die Automobilindustrie. Eine Gefahr besteht sowohl in überzogenen, aber auch zukünftig unklaren Regelungen. Zu ambitionierte Pläne bei der Emissionsreduzierung verkürzen die Anpassungszeiten für die

²⁵ Dahinter stehen Schätzungen, dass vier Ladesäulen à 10 kW pro 1.000 Einwohner, zwei Ladesäulen à 150 kW pro Tankstelle und 16 Ladesäulen à 350 kW pro Autobahntankstelle benötigt werden.

Automobilindustrie und reduzieren die Vermarktungschancen der bestehenden Fahrzeuge, deren Erlöse für die Finanzierung der Entwicklung der neuen Technologien benötigt werden.

10.4 Fazit

Insgesamt können die Bewertungen zu zwei Schlussfolgerungen zusammengefasst werden:

- Der bevorstehende Strukturwandel hin zu hochautomatisierten und vernetzten Elektrofahrzeugen wird sich bis 2030 in wachsenden Märkten vollziehen. Es entsteht mehr Neues, als Altes wegbricht. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass die Branche nach 2030 nochmals einen grundlegenden Wandel durchlaufen muss. Insgesamt ist das globale Basisszenario die Zukunftsbeschreibung mit der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit. Das extreme Szenario „Mobility as a Service“ mit insgesamt weltweit stagnierenden Produktionszahlen für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge hat derzeit nur eine hohe Realisierungswahrscheinlichkeit bei sehr extremen regulatorischen Randbedingungen.
- Bayern hat Startvorteile, weil die Unternehmen in den Marktsegmenten überdurchschnittlich stark vertreten sind, die eine gute Wachstumsperspektive haben. Das gilt für die Systeme des Elektroantriebs genauso wie für die Automatisierung und die Vernetzung. Der größte Vorteil liegt in der automobilen Kompetenz und der hohen technologischen Wettbewerbsfähigkeit. Risiken liegen in der Gefahr, dass sich neue starke Wettbewerber insbesondere aus China etablieren, die relativ zu der heutigen Situation höhere Marktanteile gewinnen könnten. Eine weitere kritische Entwicklung könnte darin liegen, dass im Zuge der technologischen Umstrukturierungen auch die derzeitigen regionalen Produktionsstrukturen angepasst werden und die bayerischen Unternehmen stärker als bisher im Ausland produzieren.

Alles in allem kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass das bayerische Auto-Cluster eine gute Zukunftsperspektive hat und den bevorstehenden Strukturwandel erfolgreich bewältigen wird.



Literaturverzeichnis

American Chemistry Council (November 2017):

Plastics and Polymer Composites in Light Vehicles. Abgerufen am 18. April 2018 von <https://plastics-car.com/lightvehiclereport>

ap, Reuters, & dpa (26. Juli 2017)

SPIEGEL ONLINE. Abgerufen am 23. August 2017 von Großbritannien will Verbrennungsmotoren ab 2040 verbieten: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/grossbritannien-diesel-und-benzinautos-sollen-ab-2040-verbieten-sein-a-1159715.html>

Arval (2. August 2017)

Leasing mit Kilometervertrag so beliebt wie nie. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.arval.de/de/leasing-mit-kilometervertrag>

Audi (September 2017)

Der neue Audi A8 – hochautomatisiertes Fahren auf Level 3. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.audi-mediacycenter.com/de/per-autopilot-richtung-zukunft-die-audi-vision-vom-autonomen-fahren-9305/der-neue-audi-a8-hochautomatisiertes-fahren-auf-level-3-9307>

Audi (März 2018)

Geschäftsbericht 2017 – traction. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.audi-mediacycenter.com/de/publikationen/unternehmen/geschaeftsbericht-2017-traction-578>

Automobilwoche (März 2018a)

eCall wird in Europa Pflicht: Die wichtigsten Fragen und Antworten. Abgerufen am 12. April 2018 von https://www.automobilwoche.de/article/20180328/AGENTURMELDUNGEN/303289908/1334/ecall-wird-in-europa-pflicht-die-wichtigsten-fragen-und-antworten?utm_source=mailchimp&utm_medium=newsletter&utm_campaign=digitaldrive

Automobilwoche (März 2018b)

Auf den Straßen von Milton Keynes: Neue Technologie für „kollaboratives Parken“ im Test. Abgerufen am 12. April 2018 von https://www.automobilwoche.de/article/20180329/AGENTURMELDUNGEN/303279972/1334/auf-den-strassen-von-milton-keynes-neue-technologie--fuer-kollaboratives-parken-im-test?utm_source=mailchimp&utm_medium=newsletter&utm_campaign=nachrichten

Automotive Council UK (Dezember 2017)

Lightweight Vehicle and Powertrain Structures Roadmap. Abgerufen am 22. März 2018 von http://www.apcuk.co.uk/wp-content/uploads/2017/12/LW_Full_Pack.pdf

Automotive Megatrends Ltd. (Q4 2017)

ACE – the partnership that changes mobility? Automotive Megatrends Magazine, S. 12 – 15. Abgerufen am 17. April 2018 von <https://automotivemegatrends.com/>

Automotive News (3. März 2018)

Automakers still figuring out if 5G is worth it. Abgerufen am 12. April 2018 von <http://www.autonews.com/article/20180303/OEM06/180309707/cellular-network-5g-adoption-cars>



Literaturverzeichnis

Automotive News Europe (13. März 2018)

Suppliers race to gain foothold in lucrative, untapped cybersecurity sector. Abgerufen am 12. April 2018 von <http://europe.autonews.com/article/20180313/ANE/180219934/suppliers-race-to-gain-foothold-in-lucrative-untapped-cybersecurity>

Bauer, W., Rothfuss, F., Dungs, J., Herrmann, F., Cacilo, A., Schmidt, S., Borrmann, D. (25. Juni 2015)

Strukturstudie BWe mobil 2015. Stuttgart: e-mobil BW GmbH. Von http://www.e-mobilbw.de/de/service/publikationen.html?file=files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF/14524_Strukturstudie_RZ_WebPDF.pdf abgerufen

bcc Research (Januar 2013)

Lightweight Materials in Transportation. Abgerufen am 18. April 2018 von <https://www.bccresearch.com/market-research/advanced-materials/lightweight-materials-transportation-avm056c.html>

BCG (Februar 2016)

What's ahead of Car Sharing. Von BCG – The Boston Consulting Group: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/automotive-whats-ahead-car-sharing-new-mobility-its-impact-vehicle-sales/> abgerufen

Becker, H., Ciari, F., Brignoni, M., & Axhausen, K. (Juli 2015)

Impacts of a new free-floating car-sharing system in Basel. Von IVT, ETH Zürich: <http://webarchiv.ethz.ch/ivt/vpl/publications/reports/ab1109.pdf> abgerufen

BfDI (September 2017)

Datenschutz-Grundverordnung. Abgerufen am 12. April 2018 von https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Publikationen/Infobroschueren/INFO6.pdf?__blob=publicationFile&v=41

BMVI (20. Juni 2017)

Pressemitteilung. Abgerufen am 9. August 2017 von Ethik-Kommission zum automatisierten Fahren legt Bericht vor: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2017/084-dobrindt-bericht-der-ethik-kommission.html>

BMW (Mai 2017)

Automatisiertes Fahren bei der BMW Group. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0271369DE/automatisiertes-fahren-bei-der-bmw-group?language=de>

BMWi (August 2017)

Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA 2017, Fokus auf den Leichtbau. Abgerufen am 18. April 2018 von http://www.gaccmidwest.org/fileadmin/ahk_chicago/2017_EVENTS/2017_GAB_Auto-Leichtbau/Automotive_ZMA_2017_FINAL.pdf

Bundesregierung (2017)

Automatisiertes Fahren auf dem Weg. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2017/01/2017-01-25-automatisiertes-fahren.html>



Literaturverzeichnis

Burkert, A. (27. Mai 2015)

Herausforderungen an eine Multimaterial-Leichtbauweise. Abgerufen am 7. August 2017 von Springer-Professional: <https://www.springerprofessional.de/leichtbau/automobilproduktion/herausforderungen-an-eine-multimaterial-leichtbauweise/6559196>

BVDW (19. März 2018)

Wem „gehören“ die Daten im Connected Car? Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.bvdw.org/themen/publikationen/detail/artikel/wem-gehoren-die-daten-im-connected-car/>

Cacilo, A., & Haag, M. (2017)

Wirkungen der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung auf Wertschöpfung und Beschäftigung. Hans-Böckler-Stiftung.

Cacilo, A., Schmidt, S., Wittlinger, P., Herrmann, F., Bauer, W., Sawade, O., Scholz, V. (18. November 2015)

Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – industriepolitische Schlussfolgerungen. Von Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi): <https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/ueber-uns/presse-und-medien/1671-riesenchance-automatisiertes-fahren.html> abgerufen

Carsharing-News (Januar 2017)

Carsharing Varianten. Abgerufen am 8. August 2017 von Carsharing-News: <http://www.carsharing-news.de/carsharing-varianten/>

CosmosDirekt (28. März 2018)

Statussymbol Auto? 41 Prozent der Deutschen glauben, dass das Auto in zehn Jahren weniger als Prestigeobjekt wahrgenommen wird. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.cosmosdirekt.de/veroeffentlichungen/statussymbol-235276/>

cst & dpa (11. Juli 2016)

SPIEGEL ONLINE. Abgerufen am 23. August 2017 von Kommt ein Fahrverbot für Dieselautos?: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/fahrverbot-fuer-dieselautos-was-sie-wissen-sollten-die-fakten-a-1102417.html>

Daimler (2018)

„Wir machen autonomes Fahren sicher“. Interview zu den Fortschritten in der Entwicklung. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.daimler.com/innovation/case/autonomous/interview-hafner.html>
Daimler (Februar 2018)

Mobilität der Zukunft. Bosch und Daimler kooperieren beim vollautomatisierten und fahrerlosen Fahren. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://www.daimler.com/innovation/case/autonomous/bosch-kooperation.html>



Literaturverzeichnis

Daliah, R. (30. Juni 2017)

Lux Research. Abgerufen am 23. August 2017 von Ripple Effects of Dieselgate Continue to Negatively Impact Diesel's Outlook: http://blog.luxresearchinc.com/blog/2017/06/ripple-effects-of-dieselgate-continue-to-negatively-impact-diesels-outlook/?utm_campaign=Lux%20Spotlight%20-%20July%202%2C%202017&utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=53778854&_hsenc=p2ANqtz-_MazGleq

DB (2017)

Erste autonome Buslinie Deutschlands. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.deutschebahn.com/resource/blob/259942/8fb8c5c6fb64a1efd2d52486b84ca166/Faktenblatt-autonomer-Bus-data.pdf>

dena (2017)

Dena-Leitstudie Integrierte Energiewende

Desmond, K. (2016)

Innovators in Battery Technology: Profiles of 95 Influential Electrochemists. Jefferson, North Carolina: McFarland & Company, Inc., Publishers.

Eisele, I. (23. März 2017)

Deutsche Welle. Abgerufen am 23. August 2017 von Das Auto: Vom Statussymbol zum Nutzgegenstand: <http://www.dw.com/de/das-auto-vom-statussymbol-zum-nutzgegenstand/a-38045277>

e-mobil BW & DLR (2017)

Automatisiertes Fahren im Personen- und Güterverkehr. Abgerufen am 11. April 2018 von https://www.e-mobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF/PDF_2017/Studie_AutomatisiertesFahren.pdf

EU (Mai 2015)

Verordnung (EU) 2015/758 des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2015 über Anforderungen für die Typgenehmigung zur Einführung des auf dem 112-Notruf basierenden bordeigenen e-Call-Systems in Fahrzeugen. Abgerufen am 16. Februar 2018 von <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0758&from=DE>

Europäische Kommission (2017)

Proposal for post-2020 CO2 targets for cars and vans. Abgerufen am 12. April 2018 von https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/proposal_en

Evans, G. (9. November 2017)

Could an e-mobility tipping point accelerate the transition to autonomy? Motorworld Region Stuttgart. everis. (2015). Connected Car Report. Von http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/e17r5k-datap1/everis_documents_downloads/everis+connected+car+report.pdf abgerufen

everis (2015)

Connected Car Report. Von http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/e17r5k-datap1/everis_documents_downloads/everis+connected+car+report.pdf abgerufen



F.A.Z. (2. Juli 2016)

Städten drohen Diesel-Fahrverbote. Abgerufen am 23. August 2017 von <http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/staedten-drohen-diesel-fahrverbote-14319194.html>

fka (2017)

Monetizing automotive data. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.fka.de/images/publikationen/2017/data-as-product-SE17.pdf>

FOREL (März 2018)

Ressourceneffizienter Leichtbau für die Mobilität: Wandel – Prognose – Transfer. Abgerufen am 18. April 2018 von <http://plattform-forel.de/oc9/index.php/s/DDO8IF6f6lkzBeh>

Fournier, G. & Donada, C. (2016)

Future Business Models and Shapers for the Automotive Mobility? In Nationale und internationale Trends in der Mobilität (S. 27–41). Wiesbaden: Springer Gabler.

Fraunhofer IAO & Horváth & Partners (April 2016)

The Value of Time – Nutzerbezogene Service-Potenziale durch autonomes Fahren. Von <http://www.muse.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/muse/de/documents/studie-value-of-time.pdf> abgerufen

Fraunhofer IPA (Dezember 2016)

Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau. Abgerufen am 18. April 2018 von http://www.leichtbau-bw.de/fileadmin/user_upload/PDF/Studien/Leichtbau_BW_IPA_Leichtbau_im_Maschinenbau.pdf

Friedrich, H. E. (2017)

Leichtbau in der Fahrzeugtechnik. Stuttgart: Springer Vieweg.

Frost & Sullivan (Juli 2016)

Automotive Over-the-air Updates. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://cds.frost.com/p/18359/#!/ppt/c?id=MC2F-01-00-00-00>

Frost & Sullivan (März 2017)

Global Autonomous Driving Market Outlook, 2017. Abgerufen am 18. April 2018 von <https://cds.frost.com/p/18359/#!/ppt/c?id=MCCA-01-00-00-00>

Frost & Sullivan (Mai 2017)

2017 Global Automotive Industry Outlook. Von <https://ww2.frost.com/> abgerufen

Frost & Sullivan (August 2017)

Global Key Automakers' Autonomous, Connected, and Electrification Strategies, Forecast to 2025. Abgerufen am 17. April 2018 von <https://cds.frost.com/p/18359/#!/ppt/c?id=K16B-01-00-00-00>



Literaturverzeichnis

Frost & Sullivan (September 2017)

Global Electric Passenger Car Sales Database, Forecast to 2025. Abgerufen am 22. März 2018 von <https://cds.frost.com/p/18359#!/nts/c?id=MD4D-01-00-00-00>

Frost & Sullivan (September 2017)

Manufacturing Technologies Empowering Automotive Lightweighting. Abgerufen am 18. April 2018 von <https://cds.frost.com/p/18359#!/ppt/c?id=D7E3-01-00-00-00>

Frost & Sullivan (November 2017)

Global Executive Analysis of the Fuel Cell Passenger Car Market, Forecast to 2030. Abgerufen am 22. März 2018 von <https://cds.frost.com/p/18359#!/ppt/c?id=MD50-01-00-00-00>

Frost & Sullivan (Januar 2018)

Automotive OEMs Passenger Car and Light Duty Truck Lightweighting Strategies, Forecast to 2025. Abgerufen am 2018. April 2018 von <https://cds.frost.com/p/18359#!/ppt/c?id=MD5E-01-00-00-00>

Götz, S. (2. August 2017)

Zeit online. Abgerufen am 23. August 2017 von Elektromobilität – Keinen Bock auf E-Autos: <http://www.zeit.de/wirtschaft/2017-08/elektromobilitaet-benzin-diesel-kritik>

GSMA (Februar 2013)

Connecting Cars: The Technology Roadmap. Von https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2013/02/GSMA_mAutomotive_TechnologyRoadmap_v2.pdf abgerufen

Handelsblatt (6. April 2018)

BMW startet Test mit Auto-Flatrate. Abgerufen am 12. April 2018 von <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/abo-modell-in-den-usa-bmw-startet-test-mit-auto-flatrate/21149512.html>

heise (Januar 2017)

Hochautomatisiertes Fahren: Ein Zwischenstandsbericht. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://www.heise.de/autos/artikel/Hochautomatisiertes-Fahren-Ein-Zwischenstandsbericht-3607672.html>

Humphries, M. (Juli 2017)

France to Ban All Gas and Diesel Vehicles by 2040. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.entrepreneur.com/article/296929>

icct (Januar 2018)

The European Commission regulatory proposal for post-2020 CO2 targets for cars and vans: A summary and evaluation. Abgerufen am 18. April 2018 von https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EU-CO2-proposal_briefing_20180109.pdf

Ifo (2017)

Auswirkungen eines Zulassungsverbots für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennermotor, München, 2017



Literaturverzeichnis

IHS Markit (Oktober 2017)

Global Light Vehicle Sales Summary. Abgerufen am 15. Februar 2018 von https://ihsmarkit.com/pdf/Automotive-LV-Sales-sample-Oct-2017_144792110915583632.pdf

IKA et al (2014)

Modellierung der zukünftigen elektromobilen Wertschöpfungskette und Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Stärkung des Elektromobilitätsstandortes NRW (EM 1006 –eVchain.NRW), Gemeinschaftlicher Abschlussbericht, September 2014.

innoZ (März 2017)

Pilotbetrieb mit autonomen Shuttles auf dem Berliner EUREF-Campus. Abgerufen am 11. April 2018 von https://www.innoz.de/sites/default/files/hunsicker_et_al_-_pilotbetrieb_mit_autonomen_shuttles_auf_dem_berliner_euref-campus.pdf

intellicar (2018a)

Uber und Lyft hängen Yellow Cabs in New York ab. Abgerufen am 12. April 2018 von <http://intellicar.de/startupmonitor/uber-und-lyft-haengen-yellow-cabs-in-new-york-ab/>

intellicar (2018b)

BMW und Daimler gründen gemeinsames Mobilitätsunternehmen für Drive Now, Car2Go und mehr. Abgerufen am 13. April 2018 von <http://intellicar.de/news-and-markets/bmw-und-daimler-gruenden-gemeinsames-mobilitaetsunternehmen-fuer-drive-now-car2go-und-mehr/>

IW & IW Consult (Hrsg.) (2017)

Wohlstand in der digitalen Welt, erster IW-Strukturbericht

IW Consult (2018)

IW-Zukunftspanel, Welle 29, Köln.

IW Consult / Fraunhofer (2017)

Zukunftsstudie Autoland Saarland, Perspektiven des automobilen Strukturwandels, Köln/Stuttgart, November 2017.

Johanning, V. & Mildner, R. (2015)

Car IT kompakt: Das Auto der Zukunft – Vernetzt und autonom fahren. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Kagermann (2018)

in F.A.Z 10.04.2018, Kagermann für Aufbau von Batteriezellen-Produktion in Europa.

Kampker, A., Vallée, D. & Schnettler, A. (2013)

Elektromobilität – Grundlagen einer Zukunftstechnologie. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

KBA (März 2018)

Pressemitteilung Nr. 6/2018 – Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2018. Abgerufen am 12. April 2018 von https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/Fahrzeugbestand/pm6_fz_bestand_pm_komplett.html?nn=1837800



KIT (2018)

Szenario 2050: Lithium und Kobalt könnten knapp werden. Abgerufen am 12. April 2018 von https://www.kit.edu/kit/pi_2018_027_szenario-2050-lithium-und-kobalt-konnten-knapp-werden.php

KPMG (Januar 2015)

Global Automotive Executive Survey. Abgerufen am 22. März 2018 von <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2015/04/global-automotive-executive-survey-2015.pdf>

Kraus, T., Kühnel, M. & Witten, E. (2016)

Composites-Marktbericht 2016: Marktentwicklungen, Trends, Ausblicke und Herausforderungen. Abgerufen am 17. April 2018 von https://www.carbon-composites.eu/media/2448/marktbericht_2016_ccevak.pdf

Leichtbau BW - a. (2014)

Wertschöpfungspotenziale im Leichtbau und deren Bedeutung für Baden-Württemberg. Abgerufen am 18. April 2018 von http://www.leichtbau-bw.de/fileadmin/user_upload/Downloads/RZ_LeichtbauBW_Studie_WSK_Web.pdf

Leichtbau BW - b. (2014)

Württemberg. Abgerufen am 18. April 2018 von http://www.leichtbau-bw.de/fileadmin/user_upload/PDF/RZ_LeichtbauBW_Studie_Trends_Zukunftsmärkte_Web.pdf

Leichtbau BW (2015)

Additive Manufacturing im Leichtbau – strategische und betriebswirtschaftliche Herausforderungen und Perspektiven. Stuttgart.

Lemmer, K. (2016)

Neue autoMobilität. Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft. Von acatech Studie: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech_Studie_Neue-autoMobilitaet_WEB.PDF abgerufen

Maul, M., Becker, G. & Ulrich, B. (Februar 2018)

Serviceorientierte EE-Zonenarchitektur Schlüsselement für neue Marktsegmente. ATZelektronik, S. 36–41. Von <https://doi.org/10.1007/s35658-017-0105-3> abgerufen

Maxwill, P. (11. Juni 2012)

Spiegel Online. Abgerufen am 28. Juli 2017 von Elektroauto-Revolution 1912: <http://www.spiegel.de/einstages/elektroauto-revolution-vor-100-jahren-a-947600.html>

McKinsey (Februar 2012)

Lightweight, heavy impact. Abgerufen am 18. April 2018 von https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/automotive%20and%20assembly/pdfs/lightweight_heavy_impact.ashx



Literaturverzeichnis

McKinsey (September 2014)

Connected car, automotive value chain unbound. Von https://www.mckinsey.de/files/mck_connected_car_report.pdf abgerufen

McKinsey (September 2015)

Competing for the connected customer – perspectives on the opportunities created by car connectivity and automation. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-carmakers-can-compete-for-the-connected-consumer>

McKinsey (2016a)

Automotive revolution – perspective towards 2030. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry>

McKinsey (2016b)

Monetizing car data - New service business opportunities to create new customer benefits. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/Monetizing%20car%20data/Monetizing-car-data.ashx>

McKinsey (Oktober 2017)

The automotive revolution is speeding up. Abgerufen am 17. April 2018 von <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-automotive-revolution-is-speeding-up>

McKinsey & Bloomberg (Oktober 2016)

An integrated perspective on the future of mobility. Von https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2016/10/BNEF_McKinsey_The-Future-of-Mobility_11-10-16.pdf abgerufen

Mercedes-Benz (2018)

Leasen, finanzieren & versichern. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.mercedes-benz.de/pas-sengercars/buy/finance-leasing-insurance/stage.module.html>

Network World (7. Dezember 2016)

Just one autonomous car will use 4,000 GB of data/day. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.networkworld.com/article/3147892/internet/one-autonomous-car-will-use-4000-gb-of-dataday.html>

NTT Data (2015)

Connected Car Report. Von https://emea.nttdata.com/fileadmin/web_data/country/de/documents/Manufacturing/Studien/2015_Connected_Car_Report_NTT_DATA_ENG.pdf abgerufen

OECD/IEA (Juni 2017)

Global EV Outlook 2017 – Two million and counting. Von <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf> abgerufen



Ptolemus (März 2017)

The Autonomous Vehicle Global Study 2017. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://www.ptolemus.com/autonomous-vehicle-global-study-2017/>

PwC (September 2017a)

The 2017 Strategy& Digital Auto Report. Abgerufen am 16. Februar 2018 von <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/2017-Strategyand-Digital-Auto-Report.pdf>

PwC (September 2017b)

easycy – Die fünf Dimensionen der Transformation der Automobilindustrie. Abgerufen am 22. März 2018 von https://www.pwc.de/de/automobilindustrie/pwc_automotive_easycy-studie.pdf

quoted (13. April 2016)

Abgerufen am 12. April 2018 von Ride-sharing vs. Ridehailing: What's the Difference?

Reuß, L. (9. August 2017)

AUTO Zeitung. Abgerufen am 23. August 2017 von Fahrverbote könnten 2018 in Kraft treten: <http://www.autozeitung.de/grossstaedte-diesel-fahrverbot-131634.html>

Reuters (Oktober 2017)

Toyota to test self-driving, talking cars by about 2020. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://www.reuters.com/article/us-toyota-strategy/toyota-to-test-self-driving-talking-cars-by-about-2020-idUSKBN1CL14Y>

Riegler, S., Juschten, M., Hössinger, R., Gerike, R., Rößger, L., Schlag, B. & Manz, W. (2016)

Carsharing 2025 - Nische oder Mainstream? Von ifmo: https://www.ifmo.de/files/publications_content/2016/ifmo_2016_Carsharing_2025_de.pdf abgerufen

Schiller, T., Scheidl, J. & Pottebaum, T. (Juni 2017)

Car Sharing in Europe. Von Deloitte: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/consumer-industrial-products/CIP-Automotive-Car-Sharing-in-Europe.pdf> abgerufen

Spath, D., Rothfuss, F., Herrmann, F., Voigt, S., Brand, M., Fischer, S., Loleit, M. (2011)

Strukturstudie BWe mobil 2011. Stuttgart: e-mobil BW GmbH. Von http://www.e-mobilbw.de/de/service/publikationen.html?file=files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF/StrukturStudie2011_online-version.pdf abgerufen

Schäfer (Juli 2017)

Rechtliche Rahmenbedingungen verhindern autonomes Fahren. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/sicherheit-fahrbezogener-daten/rechtliche-rahmenbedingungen-verhindern-autonomes-fahren/13294192>

Spulber, A., Dennis, E., Wallace, R. & Schultz, M. (August 2016)



Literaturverzeichnis

The Impact of New Mobility Services on the Automotive Industry. Von CARgroup:
<http://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/02/The-Impact-of-New-Mobility-Services-on-the-Automotive-Industry.pdf> abgerufen

Statistisches Bundesamt (2017)

Verschiedene statistische Veröffentlichungen u. a. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Industriestatistik, Produktionsstatistik

t3n (Juli 2017)

Audi A8 soll „erstes Serienautomobil der Welt“ mit Level-3-Automation sein. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://t3n.de/news/audi-a8-level-3-autonomes-fahren-837581/>

Tagesschau (März 2018)

Tödlicher Unfall mit autonomem Auto – Polizei entlastet Uber. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.tagesschau.de/ausland/uber-171.html>

The verge (Januar 2018)

GM will make an autonomous car without steering wheel or pedals by 2019. Abgerufen am 19. Februar 2018 von <https://www.theverge.com/2018/1/12/16880978/gm-autonomous-car-2019-detroit-auto-show-2018>

vbw (Juli 2017)

Datenschutz, IT-Sicherheit und Haftung bei automatisierten Systemen. Von vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Planung-und-Koordination/2017/Downloads/04.07.2017_Automatisierte-Systeme_v5_ChV-Finale-Version-zum-Druck.pdf abgerufen

VDA (September 2015)

Automatisierung – Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. Abgerufen am 16. Februar 2018 von <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/automatisierung.html>

VDA (2018) a

Automatisiertes Fahren. Abgerufen am 16. Februar 2018 von [Automatisiertes Fahren: https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html](https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html)

VDA (2018) b

Automatisierungsgrade des automatisierten Fahrens. Abgerufen am 11. April 2018 von <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/technische-perspektive.html>

VDMA (März 2018)

Antrieb im Wandel. Abgerufen am 22. März 2018 von <https://www.vdma.org/v2viewer/-/v2article/render/25082760>

Volkswagen (2018)



Literaturverzeichnis

MirrorLink. Spiegeln Sie Ihr Smartphone in Ihren Volkswagen. Abgerufen am 12. April 2018 von http://page.volkswagen-carnet.com/de_de/dienste-und-pakete/app-connect/mirrorlink.html

Volvo Car Corporation (2018)

Care by Volvo. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.volvocars.com/de/beratung-und-kauf/ueberblick/care-by-volvo>

VTPI (Februar 2018)

Autonomous Vehicle Implementation Predictions.
<https://www.vtpi.org/avip.pdf>

Weiss, M., Dekker, P., Moro, A., Scholz, H. & Patel, M. K. (Dezember 2015)

On the electrification of road transportation – A review of the environmental, economic, and social performance of electric two-wheelers. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920915001315>

WELT (2017a)

Brennstoffzellen-Fahrzeuge. Abgerufen am 22. März 2018 von <https://www.welt.de/motor/news/article170306483/Brennstoffzellen-Fahrzeuge.html>

WELT (2017b)

Vernetzt Fahren – die Systeme der Großen im Vergleich. Abgerufen am 13. April 2018 von <https://www.welt.de/motor/article164866413/Vernetzt-Fahren-die-Systeme-der-Grossen-im-Vergleich.html>

WIRED (27. März 2018)

BMW und Lexus bieten Autos im Abo an. Abgerufen am 12. April 2018 von <https://www.wired.de/collection/business/bmw-und-lexus-bieten-autos-im-abo-an>

Zeit Online (2017)

Wann darf der Computer ans Steuer? Abgerufen am 11. April 2018 von <http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-03/autonomes-fahren-bundestag-gesetz-computergesteuerte-autos-faq>

ZEW (2017)

ZEW-Innovationsreport

ZSW (Februar 2018)

Presseinformation 04/2018: Zahl der Elektroautos steigt weltweit von zwei auf über drei Millionen. Abgerufen am 12. April 2018 von https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Pressemitteilungen/2018/pi04-2018-ZSW-WeltweiteZahlenElektroautos.pdf

Abkürzungsverzeichnis

BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug (Battery Electric Vehicle)
BL	Bundesländer
BWS	Bruttowertschöpfung
CFK	Karbonfaserverstärkter Kunststoff
CPU	Zentrale Verarbeitungseinheit (Central Processing Unit)
ESC	Elektronische Stabilitätskontrolle (Electronic Stability Control)
EU	Europäische Union
FCEV	Brennstoffzellenfahrzeug (Fuel Cell Electric Vehicle)
FHEV	Full Hybrid Electric Vehicle
FuE	Forschung und Entwicklung
GPS	Global Positioning System
HEV	Hybridelektrofahrzeug/Parallelhybridfahrzeug (Hybrid Electric Vehicle)
HMI	Benutzerschnittstelle (Human Machine Interface)
HS	hochfester Stahl
ICE	Verbrennungsmotor (Internal Combustion Engine)
IOT	Input-Output-Tabelle
IT	Informationstechnologien (Information Technologies)
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
Lidar	Light Detection and Ranging
MaaS	Mobilitätsdienstleistungen (Mobility as a Service)
MHEV	Mild Hybrid Electric Vehicle
MPa	Megapascal
NACE	Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OEM	Erstausrüster (Original Equipment Manufacturer)
PHEV	Plug-in-Hybrid (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
Pkw	Personenkraftwagen
REX	Reichweitenverlängerung/Serieller Hybrid (Range Extender)



[Abkürzungsverzeichnis](#)

TCU	Telematics Control Unit
USB	Universal Serial Bus
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
WLAN	Wireless Local Area Network



Ansprechpartner / Impressum

Christine Völzow

Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-251

Telefax 089-551 78-249

christine.voelzow@vbw-bayern.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich grundsätzlich sowohl auf die weibliche als auch auf die männliche Form. Zur besseren Lesbarkeit wurde meist auf die zusätzliche Bezeichnung in weiblicher Form verzichtet.

Herausgeber

bayme

Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro e. V.

vbm

Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie e. V.

vbw

Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5

80333 München

www.baymevbm.de www.vbw-bayern.de

Autoren

IW Consult GmbH

Dr. Karl Lichtblau

Manuel Fritsch

Edgar Schmitz

Fraunhofer IAO

Dr. Florian Herrmann

Carolina Sachs

Sonja Stöffler