

Zukunftsfähige Lieferketten und neue Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie

Zukunftsfähige Lieferketten und neue Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie

Herausgeber

e-mobil ^{BW}
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen
und Automotive Baden-Württemberg

Autoren

 **Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

 **IMU Institut**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Management Summary	6
1 Einleitung und Zielsetzung	10
2 Die Automobilindustrie und der Maschinenbau – Internationalisierung der zwei Schlüsselindustrien Baden-Württembergs	14
2.1 Export und Import Baden-Württembergs	19
Exkurs: Der „Brexit“ – Beeinträchtigung des Handels und der Automobilindustrie	27
2.2 Auslandsproduktion baden-württembergischer Hersteller	31
3 Auswirkungen der Covid-19-Pandemie	42
3.1 Wirtschaftsleistung, Wertschöpfung und Produktion	42
3.2 Konsumausgaben, Umsatz und Marktnachfrage	45
3.3 Importe und Exporte	50
3.4 Beschäftigung	51
Exkurs: Besonderheiten der Covid-19-Pandemie und Vergleich mit anderen Krisen	55
4 Bewältigung der Covid-19-Pandemie	62
4.1 Konkrete Ursachen für Störungen im Produktionsablauf	64
4.2 Resultierende Effekte und Wirkung der Störungen	66
4.3 Umgang mit Störungen und Maßnahmen zur Bewältigung (kurzfristig-operativ)	68
4.4 Konsequenzen und strategische Optionen für zukünftige Störungen (langfristig-strategisch)	71
4.5 Zwischenfazit und Handlungsoptionen	75
Exkurs: Die „Halbleiterkrise“ als Folge der Covid-19-Pandemie	77
5 Wertschöpfungsstrategien im Rahmen der Transformation	88
5.1 Technologische Treiber der Transformation und kritische Komponenten	89
5.2 Fallstudie: Produktionskette „Batteriesystem“ und kritische Ressourcen	93
5.3 Veränderungen bei Plattformstrategien	106
5.4 Veränderungen bei Produktstrategien	108
5.5 Veränderungen bei Produktionsstrategien	108
5.6 Fallbeispiele: Veränderungen bei Wertschöpfungsaktivitäten ausgewählter Automobilhersteller im Rahmen der Transformation	112
5.6.1 Volkswagen AG	112
5.6.2 Audi AG	117
5.6.3 Porsche AG	121

5.6.4	BMW AG	124
5.6.5	Mercedes-Benz Group AG	127
5.6.6	Groupe Renault	131
5.6.7	Tesla Inc.	135
5.6.8	Ford Motor Company	137
5.6.9	Toyota Motor Corporation	141
5.6.10	BYD Co. Ltd.	144
5.7	Zusammenführung und Vergleich ausgewählter Automobilhersteller	146
5.7.1	Vergleich von Unternehmens-, Innovations-, Produkt- und Plattformstrategien	147
5.7.2	Vergleich von Wertschöpfungsnetzwerken auf Modellebene	152
5.8	Zwischenfazit und Auswirkungen auf die Automobil- und Zuliefererindustrie	158
6	Veränderung von Lieferantenbeziehungen und Lieferketten	164
6.1	Das Management von Lieferketten	164
6.2	Zuliefererstrukturen in der Automobilindustrie	166
6.3	Lieferbeziehungen im Wandel	172
6.4	Produktionsstandorte im Wandel	179
6.5	Zwischenfazit	186
7	Optionen für smarte und zukunftsfähige Lieferketten	190
7.1	Rahmenbedingungen und Kriterien zur Bewertung resilienter Lieferketten	190
7.2	Unternehmerische Maßnahmen und Optionen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und Zukunftsfähigkeit von Lieferketten	194
7.3	Zwischenfazit und Perspektiven der Lieferketten	197
8	Fazit und industriepolitische Implikationen	200
8.1	Zusammenfassung	201
8.2	Industriepolitische Herausforderungen	202
	Literaturverzeichnis	208
	Abbildungsverzeichnis	230
	Tabellenverzeichnis	233
	Abkürzungsverzeichnis	234
	Anhänge	238

Vorwort

Die internationalen Wertschöpfungs- und Produktionsnetzwerke der Automobilindustrie sind innovations- und preisgetrieben. Die Nutzung regionaler Unterschiede bei Produktionskosten ermöglicht im internationalen Wettbewerb Kostenvorteile, kann aber auch die Ursache für Störungen in der Lieferkette sein. Sichtbar wurde dies während der Coronakrise und der damit verbundenen Shutdown- und Lockdown-Maßnahmen ebenso wie zuletzt durch den Ukraine-Krieg. Neben den Kostenvorteilen stellen aber auch widerstandsfähige Wertschöpfungsnetzwerke einen Wettbewerbsvorteil dar.

Auch die baden-württembergische Automobilindustrie verzeichnet aktuell Produktionsrückgänge aufgrund nicht verfügbarer Bauteile. Dieses Problem stellt sich neben den Fahrzeugherstellern auch der Zulieferindustrie sowie dem Maschinen- und Anlagenbau. Technologisch neue Bedarfe wie die zunehmende Digitalisierung und die Elektrifizierung erhöhen die Herausforderungen zu der bereits bestehenden schwierigen Beschaffung von Rohstoffen und Vorprodukten. Lösungselemente sind eine stärkere Resilienz der Wertschöpfungsketten an den unterschiedlichen internationalen Standorten sowie veränderte Beschaffungs-, Produktions-, Produkt- und Plattformstrategien. Ziel ist es, Lieferketten kostengünstig und krisensicher zu gestalten.

Mit dieser Studie wollen wir aufzeigen, wie sich die Lieferbeziehungen zwischen Herstellern und Zulieferern der Automobilindustrie und der Anlagen- und Maschinenbauindustrie in verschiedenen Dimensionen verändern und dabei speziell baden-württembergischen Unternehmen Handlungsoptionen und -anreize aufzeigen. Es gilt im internationalen Wettbewerb eigene Positionen in der Lieferkette zu stärken und damit Wertschöpfungsanteile am Standort Baden-Württemberg positiv und zukunftsfähig zu gestalten.



Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut MdL
Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Baden-Württemberg



Franz Loogen
Geschäftsführer, e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg

Management Summary

Automobilindustrie und Maschinenbau als Rückgrat der Industrie

Mit jeweils 30% bzw. 20% des Umsatzes und 20% bzw. 25% der Beschäftigten sind die Automobilindustrie und der Maschinenbau zentrale Industriebranchen in Baden-Württemberg. Nicht nur aufgrund hoher Exportquoten (Automobilindustrie >70%; Maschinenbau >60%) sind beide Branchen stark vom Ausland abhängig. Gleichzeitig baut vor allem die Automobilindustrie ihre Produktion in den Weltmarktregionen – vor allem in Asien – deutlich aus, der Anteil der in Deutschland gefertigten Pkw betrug 2020 im Durchschnitt aller deutschen Hersteller nur noch 26%; bei Mercedes-Benz waren es 36%, bei Audi 29%, bei Volkswagen 13% und bei Porsche 69%.

Auswirkungen und Bewältigung der Covid-19-Pandemie

Mit der weltweiten Ausbreitung der Covid-19-Pandemie im Frühjahr 2020 brach die Produktion der deutschen Automobilindustrie beispiellos ein. Im Gegensatz zu früheren Krisen wirkte sich die Pandemie weltweit und über fast alle Branchen hinweg aus, mit teilweise gleichzeitigen Angebots- und Nachfrageeinbrüchen. Nach einer kurzfristigen Erholung im Sommer/Herbst 2020 behinderte die mangelnde Verfügbarkeit von Halbleitern – als mittelfristige Krisenfolge – die Produktion erneut. Weltweit ging die Pkw-Produktion um 17% zurück, in Deutschland um 24%. Insbesondere die „Halbleiterkrise“, knappe Rohstoffe und Beeinträchtigungen der globalen Lieferketten störten die Produktion auch 2021 und bis ins Jahr 2022 – eine schnelle Erholung ist nicht in Sicht. Während anfangs kurzfristige Unterbrechungen der Lieferketten beispielsweise aufgrund von Produktionsstopps in einzelnen Ländern oder bei einzelnen Zulieferern und vor allem Maßnahmen zum Infektionsschutz an den baden-württembergischen Standorten anstanden, verschärfen sich nach zwei Pandemiejahren

Engpässe bei knappen Materialien und Vorprodukten wie den Halbleitern. Die Unternehmen haben ihre Beschaffungsstrategien immer wieder angepasst, beispielsweise mit dem Ausbau der Lagerhaltung oder mit Dual/Multiple Sourcing. Bei Fertigstellung der Studie Anfang 2022 zeichnete sich aber keine grundsätzliche Abkehr von der internationalen Arbeitsteilung und damit von globalen Lieferketten ab. Mit dem Ausbruch des Krieges zwischen Russland und der Ukraine im Februar 2022 werden hier vielleicht neue Bewertungen nötig.

Wertschöpfungsstrategien im Rahmen der Transformation

In der Transformation zeichnen sich langfristige Veränderungen der Wertschöpfungsketten ab, die weit über die Krisenfolgen der Covid-19-Pandemie hinausgehen. Die Automobilhersteller richten sich aktuell auf eine deutlich steigende Zahl batterieelektrischer Pkw ein. Damit verschieben sich Wertschöpfungsstrukturen: Zum einen integrieren die OEM vermehrt bisher an Zulieferer ausgelagerte Tätigkeiten, um ihre eigenen Wertschöpfungsanteile – und damit auch die Beschäftigung bei sich – erhöhen oder (in Teilen) sichern zu können. Zum anderen verlagern sich Wertschöpfungsströme bei kritischen Materialien und neuen Komponenten des Antriebsstrangs deutlich hin zu asiatischen Unternehmen und Regionen. Insbesondere beim Batteriesystem (v. a. den Batteriezellen) entstehen hohe strategische Abhängigkeiten von asiatischen (v. a. chinesischen) Herstellern. Ohne den Aufbau eigener Entwicklungs- und Produktionskompetenzen bei Batterien und Zellchemien in Europa wächst daher bei einem steigenden Anteil von Elektrofahrzeugen auch die Abhängigkeit von China, das wird am Beispiel der Volkswagen-Modelle Golf 8 und ID.3 sowie der Mercedes-Benz-Modelle S-Klasse und EQS gezeigt. Den Spagat zwischen individualisierten Fahrzeugen und effizienter Produktion hoher Stückzahlen lösen die OEM durch die Entwicklung von Plattformen auf, die



für mehrere Fahrzeugmodelle genutzt werden. Außerdem steigt die Bedeutung der Software für den Fahrzeugwert. Bei der Produktion lassen sich stückzahlabhängig zwei Strategien unterscheiden: So setzt Volkswagen als exemplarischer Volumenhersteller auf die Umstellung kompletter Standorte für die Produktion von Elektrofahrzeugen, während beispielsweise Mercedes-Benz auf eine Produktion setzt, in der eine breitere Modellspanne einschließlich unterschiedlicher Antriebskonzepte in zunehmend flexibleren Linien gebaut wird. Die OEM sind vor allem mit der Komplexität der Variantenvielfalt und dem Wandel zur Elektromobilität bei anhaltendem Kostendruck beschäftigt. Die Herausforderungen für Unternehmen der Zuliefererindustrie liegen dagegen in der Internationalisierung der Branche, im Wegfall von bisherigen Wertschöpfungsanteilen durch den Wandel zur Elektromobilität und dem von den OEM an sie weitergegebenen Kostendruck. Zudem fordern OEM entlang der gesamten Wertschöpfungskette die CO₂-Neutralität auch in der Produktion.

Veränderungen von Lieferantenbeziehungen und Lieferketten

Das strategische Lieferkettenmanagement ist in der gesamten Automobilindustrie zu einem Erfolgsfaktor für die jeweiligen OEM geworden. Dabei werden – ausgehend von den Automobilherstellern – zunehmend eigenständige Produktionsnetzwerke „local-for-local“ in den drei Weltregionen Europa, (Nord-)Amerika und vor allem Asien aufgebaut. Erfolgreiches Lieferkettenmanagement basiert neben dem Warentransport auch auf zuverlässigen Informationsflüssen, die mit digitalen Technologien weiter ausgebaut werden sollen, aber auch Risiken bei der Datensicherheit beinhalten. Ökologische Standards wie die CO₂-Neutralität sowie die Einhaltung von Menschenrechten und sozialen Standards gewinnen als Kriterien für Beschaffungsaufträge größere Bedeutung. Entsprechende Verpflichtungen sind erstmals im deutschen Lieferketten-

sorgfaltspflichtengesetz geregelt, eine europäische Regelung soll folgen. Trotzdem bleiben Preise bzw. die Beschaffungskosten weiterhin zentrale Vergabekriterien.

Optionen für smarte und zukunftsfähige Lieferketten

Das Schlagwort der „resilienten Lieferketten“ hat in der Covid-19-Pandemie hohe Aufmerksamkeit erfahren. Resilienz kann vor allem durch Redundanz (bzw. Puffer) und eine höhere Flexibilität erreicht werden. Der Ausbau der Redundanz beispielsweise durch Lageraufbau, höhere Produktionskapazitäten oder stärkeres Multiple Sourcing widerspricht allerdings den seit langem verfolgten Unternehmensstrategien der Produktions- und Kostenoptimierung. Unternehmen erhöhen dagegen seit längerem ihre Flexibilität, beispielsweise durch flexiblere Maschinen in der Produktion, „Korridor-Verträge“ bei Zulieferern oder agile Arbeitsweisen. Nicht zuletzt trägt auch eine immer wieder optimierte Kostenstruktur zur Widerstandsfähigkeit von Unternehmen bei. Kurzfristige Anpassungen zur Erhöhung der Resilienz sind in einer akuten Krise schwierig. Die Steigerung der Resilienz kann jedoch systematischer bei unternehmerischen Entscheidungen berücksichtigt werden, um im Krisenfall besser reagieren zu können. In Folge der Pandemie ist bislang jedoch keine grundlegende Abkehr von bisherigen Beschaffungsstrategien erkennbar.

Industriepolitische Herausforderungen

Eine elementare Herausforderung sowohl für die baden-württembergischen Unternehmen als auch für die Politik ist der Erhalt der Fahrzeugproduktion in Baden-Württemberg, von der vor allem kleine und mittelgroße Zulieferer abhängen. Zentral sind dabei die vier Handlungsfelder der Dekarbonisierung, der Digitalisierung, der Gestaltung resilienterer Lieferketten mit europäischer Standortperspektive sowie die sich fortsetzende Internationalisierung.

01

Einleitung und Zielsetzung



01

Einleitung und Zielsetzung

Der Ausbruch der Coronapandemie und die damit verbundenen Shutdown- und Lockdown-Maßnahmen haben sich gravierend auf die globalen Wertschöpfungs- und Produktionsnetzwerke in der Automobilindustrie ausgewirkt. Sowohl Angebot als auch Nachfrage sind in Folge beispiellos eingebrochen. Drastische Produktionsrückgänge hatten auch die stark von internationaler Arbeitsteilung abhängige baden-württembergische Automobilindustrie und der Maschinenbau zu verzeichnen. Hier wurde deutlich, dass widerstandsfähige Wertschöpfungsnetzwerke und Fähigkeiten zum flexiblen, schnellen Wiederanlauf der Produktion einen Wettbewerbsvorteil darstellen können.

In der preis- und innovationsgetriebenen Automobilindustrie ist der IT-gestützte B2B-Einkauf (B2B – Business to Business) global. Als Reaktion darauf nimmt die Komplexität der Lieferketten stetig zu. Gerade der internationale Wettbewerb und die Nutzung regionaler Unterschiede in den Produktionskosten erbringen Kostenvorteile, machen sie aber dadurch anfälliger für Störungen. Das gilt neben den Automobilherstellern (OEM – Original Equipment Manufacturers) gleichermaßen für die Automobilzuliefererindustrie, die Vorprodukte und Komponenten liefern, und für die Teile des Maschinen- und Anlagenbaus, die sich zu Ausrüstern der Automobilindustrie spezialisiert haben.

Deutlich werden die Schwächen dieser Einkaufsstrategien in Stör- oder Krisenfällen: Schon im Anschluss an das Seebeben in Japan 2011 und die Reaktorunfälle in Fukushima zeigte sich, wie regionale Krisen zu weltweiten Lieferengpässen in den globalen Wertschöpfungsnetzwerken führen können. Die Coronakrise, die 2020 begann, geht in ihren Folgen aber weit darüber hinaus, da weltweit Produktionsstandorte betroffen und Transportwege eingeschränkt waren und weiterhin sind.

Außerdem fordern weitere Trends die Automobilindustrie heraus: Neben Industrie 4.0, steigenden Umweltaforderungen und Berichtspflichten sind die Auswirkungen der Transforma-

tion des Antriebsstrangs für die Automobilindustrie in Baden-Württemberg zu beobachten. Dies zeigte die Analyse von Veränderungen der Wertschöpfungsstrukturen und -cluster im Rahmen der „Strukturstudie BW[®] mobil 2019“ auf (e-mobil BW, 2019a): Die steigende Anzahl an neuen Fahrzeug- und Antriebskonzepten ließ eine zunehmende Komplexität und einen erhöhten Arbeitsbedarf in den innovationsgetriebenen Wertschöpfungsnetzwerken und Lieferketten vermuten. Dem begegnen OEM mit stetig optimierten Baukastensystemen oder flexiblen Fertigungslinien, um den Kostendruck aus der steigenden Variantenvielfalt mit höchsten Anstrengungen zu beherrschen. Hier ergeben sich bereits erste Auswirkungen auf die Zuliefererindustrie sowie auf den Maschinen- und Anlagenbau. Da jedoch die Produktionsstrategien der OEM unterschiedlich sind und sich Kriterien einer Auftragsvergabe vor dem Hintergrund der Transformation und der ökologischen Anforderungen um zusätzliche Dimensionen (u. a. Innovationsstärke, Umweltschutz, Klimaneutralität) erweitern können, ergibt sich ein Informations- bzw. Analysebedarf auch vor dem Hintergrund der eher mittel- bis langfristigen Transformation der Automobilindustrie.

Ziel der Studie „Zukunftsfähige Lieferketten und neue Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie“ ist es, zukünftige Anforderungen an widerstandsfähige, smarte und zukunftsfähige Wertschöpfungsnetzwerke und Lieferketten durch die Transformation zu untersuchen und Stakeholder für ein Risikomanagement zu sensibilisieren. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Identifikation von Handlungsoptionen für baden-württembergische Unternehmen.

In **Kapitel 1** werden zunächst die Auswirkungen von externen Störungen auf die bestehende Automobilindustrie in Baden-Württemberg und deren Lieferketten am Beispiel Covid-19 beschrieben und Strategien zur Bewältigung aus Unternehmensperspektive dargestellt. Basis dieser Analysen sind 26 leitfadengestützte Experteninterviews, die im Zeitraum Juli 2020 bis August 2021 mit Vertreter:innen baden-württember-

gischer OEM, Zulieferer (Tier 1, Tier 2, Tier 3) sowie Verbänden und Gewerkschaften geführt wurden. Anschließend wird die Transformation der Automobilindustrie zur Elektromobilität betrachtet und der Fokus der Analysen damit auf zusätzliche mittel- bis langfristige Veränderungspotenziale erweitert. Damit verbunden ist die Frage, welche Veränderungen sich bei Produkt-, Plattform-, Produktions- und Standortstrategien wie auf die bestehenden Wertschöpfungsnetzwerke in der Automobilindustrie auswirken. Neben weiteren Expertengesprächen wurden hierfür neben umfangreicher Literatur auch Zulieferer- und Produktionsdatenbanken ausgewertet.

Kapitel 2 fokussiert auf die Darstellung des Status quo der wirtschaftlichen Situation und Rahmenbedingungen der Automobilindustrie und des Maschinenbaus in Baden-Württemberg sowie auf die internationale Verflechtung bei den Warengruppen der „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ und der „Maschinen“. Ein Exkurs befasst sich mit dem „Brexit“ und den daraus entstandenen Einschränkungen des Handels und der Automobilindustrie.

Kapitel 3 stellt die unmittelbaren Auswirkungen der Covid-19-Pandemie und des damit verbundenen Lockdowns anhand unterschiedlicher wirtschaftlicher Indikatoren für die beiden betrachteten Schlüsselbranchen in Deutschland und in Baden-Württemberg dar. Ein Exkurs ordnet die Coronakrise qualitativ und im Vergleich mit weiteren Krisen und deren Auswirkungen ein.

Kapitel 4 beschreibt Maßnahmen und Strategien zur Bewältigung der Covid-19-Krise. Das dritte und das vierte Kapitel stützen sich neben der Auswertung von statistischen Daten und aktueller Literatur auf Expertengespräche mit Vertreter:innen aus Unternehmen und Branchenverbänden. Diese Expertengespräche werden ausgewertet, geclustert und anhand der Themenbereiche „Ursachen der Störung“, „resultierende Effekte und Wirkungen“, „eingeleitete Maßnahmen (kurzfristig-operativ)“ und „strategische Optionen (langfristig-strategisch)“

beschrieben. Ein Exkurs befasst sich mit der „Halbleiterkrise“, die u. a. in direkter Folge der Covid-19-Pandemie entstand und zusätzlich zu unterbrochenen Lieferketten die Pkw-Produktion erheblich behinderte.

Kapitel 5 gibt u. a. einen Überblick über aktuelle Wertschöpfungsstrategien und -aktivitäten der Automobilhersteller. Vertieft dargestellt werden hier Unternehmens-, Innovations-, Produkt-, Plattform-, und Produktionsstrategien für ausgewählte OEM im internationalen Vergleich. Anhand von zwei Fallstudien werden (a) die Produktionskette für Batteriesysteme und (b) die Verlagerung von Wertschöpfungsnetzwerken und -strukturen auf neue Zulieferer im Vergleich von konventionellen, mit Verbrennungsmotor betriebenen Pkw und Elektrofahrzeugmodellen exemplarisch dargestellt.

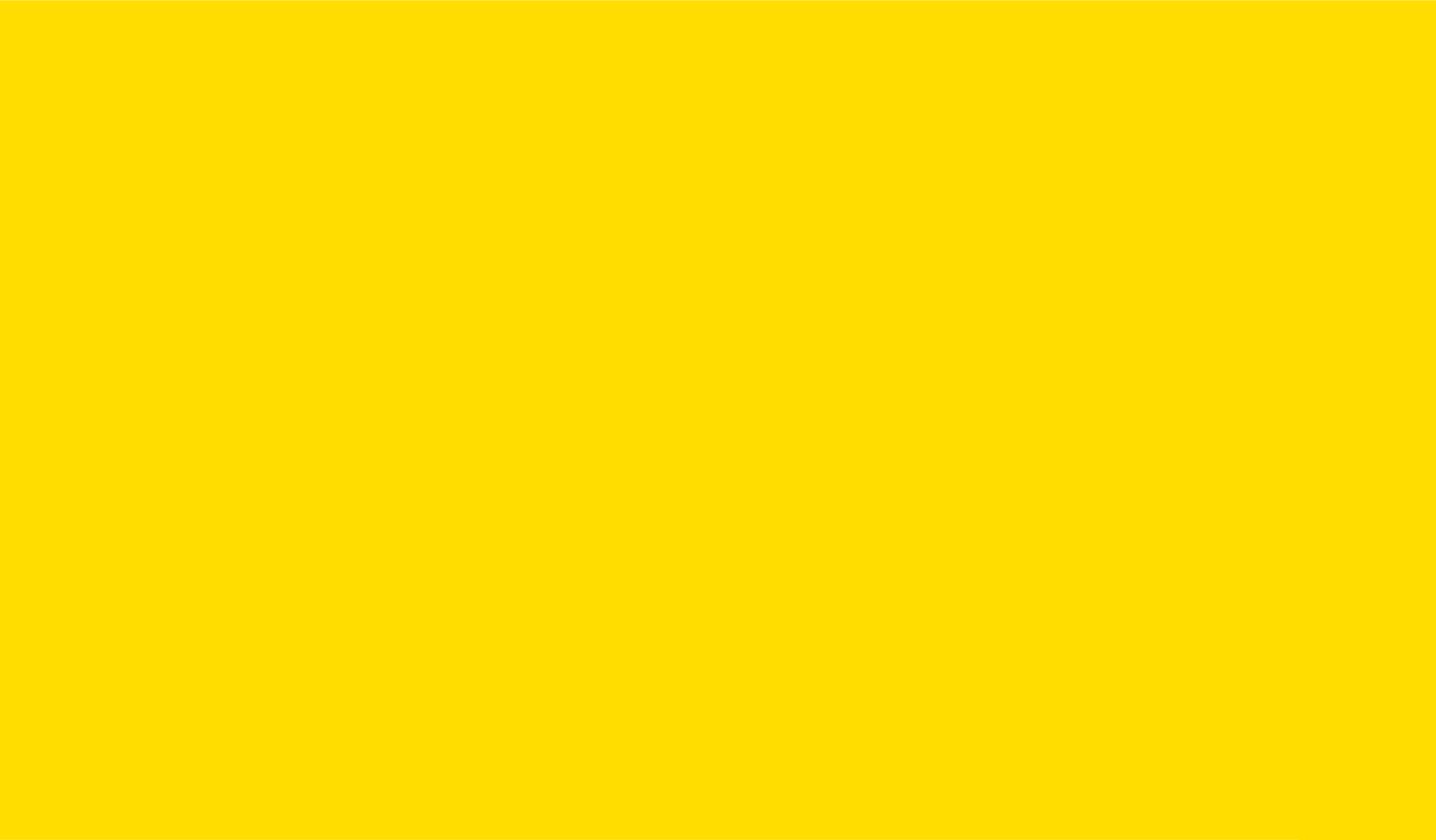
Kapitel 6 stellt dar, wie sich Lieferbeziehungen zwischen Herstellern und Zulieferern in der Automobilindustrie verändern. Das Lieferkettengesetz und die Blockchain-Technologie werden in zwei Infoboxen als aktuelle Einflüsse auf Lieferantenbeziehungen ergänzt.

Kapitel 7 betrachtet die Frage, ob und wie Resilienz in den Lieferketten besser berücksichtigt werden kann und welche Anzeichen sich für zukunftsfähige Lieferketten finden.

Kapitel 8 schließt den Endbericht mit einem Fazit und industriepolitischen Implikationen für Baden-Württemberg ab.

02

**Die Automobilindustrie und der
Maschinenbau – Internationalisierung
der zwei Schlüsselindustrien
Baden-Württembergs**



02

Die Automobilindustrie und der Maschinenbau – Internationalisierung der zwei Schlüsselindustrien Baden-Württembergs

In Kürze

- Die Automobilindustrie und der Maschinenbau sind mit ca. 30 % bzw. 20 % Umsatz- und ca. 20 % bzw. 25 % Beschäftigtenanteil die beiden wichtigsten Industriebranchen Baden-Württembergs.
- Der Grad der internationalen Verflechtung ist in beiden Branchen hoch, mit Exportquoten von ca. 75 % (Fahrzeugindustrie) bzw. 64 % (Maschinenbau) im Jahr 2021 profitieren sie überdurchschnittlich sowohl von internationalen Handelsbeziehungen als auch von der internationalen Arbeitsteilung.
- Vor allem die Automobilindustrie produziert zunehmend im Ausland und baut dort Produktionsstandorte auf, die Pkw-Produktion deutscher Hersteller im Ausland beträgt mittlerweile 74 %.
- Die wichtigsten Exportländer für die Automobilindustrie in Baden-Württemberg sind die USA, China, das Vereinigte Königreich, Südkorea und Frankreich.
- Brüche und Störungen in Handelsbeziehungen – wie exemplarisch am „Brexit“ dargestellt – belasten beide Branchen in hohem Maße.
- Die starke Internationalisierung ist gerade für kleine und mittelgroße Unternehmen eine Herausforderung.

Baden-Württembergs wirtschaftliche Stärke beruht auf dem Verarbeitenden Gewerbe (VG), und hier wiederum insbesondere auf der Automobilindustrie sowie dem Maschinen- und Anlagenbau. Beide Branchen sind eng miteinander verzahnt, denn der Werkzeugmaschinenbau – als Teilbranche des Maschinen- und Anlagenbaus – beliefert gleichermaßen die Automobilhersteller und die Zulieferer der gesamten Wertschöpfungskette. Beide Branchen können jeweils als eigenständige Cluster betrachtet werden, weil von Forschung und Entwicklung (F&E) bis hin zur Produktion – also über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg – Unternehmen in Baden-Württemberg vertreten sind. Auf diese Branchen spezialisierte Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Institute vervollständigen die Cluster.

Branche	Beschäftigte 2020 Anteil an allen Beschäftigten des Verarbeitendes Gewerbe 2020 (Anzahl Beschäftigte 2019)	Umsatz 2020 Anteil am Gesamtumsatz des Verarbeitendes Gewerbe 2020 sowie (Umsatz 2019)	Exportquote
Verarbeitendes Gewerbe (VG)	1.145.662 100 % (1.329.083)	369.314.432 TEUR 100 % (368.883.981 TEUR)	57 %
darunter: Maschinenbau	392.513 26 % (334.856)	71.414.967 TEUR 19 % (79.421.286 TEUR)	64 %
Werkzeugmaschinenbau	39.755 3,5 % (47.717)	ca. 13.500.000 TEUR ca. 3,6 % (12.088.826 TEUR)	ca. 65 %
darunter: Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	221.005 19 % (235.434)	115.356.699 TEUR 31 % (110.137.220 TEUR)	75 %
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	136.350 12 % (147.205)	92.199.402 TEUR 25 % (85.741.407 TEUR)	81 %
Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen	73.620 6,5 % (82.989)	21.025.795 TEUR 5,7 % (22.371.250 TEUR)	ca. 52 %

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021f und 2020a sowie eigene Schätzungen, kursiv gesetzt

Tabelle 1: Beschäftigte, Umsatz und Exportquote für den Maschinen- und den Fahrzeugbau in Baden-Württemberg 2021 und 2019 in Unternehmen mit mehr als 50 Beschäftigten

Der Maschinen- und Anlagenbau sowie die Automobilindustrie sind die beiden wichtigsten Schlüsselbranchen des Verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg. Während die Unternehmen der Automobilindustrie wie Daimler¹, Porsche, Bosch, Mahle und ZF Friedrichshafen weltweit zu den großen bzw. bekannten Unternehmen gehören, ist die starke Bedeutung des Maschinenbaus mit Unternehmen wie Heller, Gehring und Dürr weniger präsent. Diese Branche ist vor allem in der Region Stuttgart konzentriert: Im Landkreis Esslingen zählen etwa 26.000 Beschäftigte, im Rems-Murr-Kreis und im Kreis Ludwigsburg jeweils mehr als 15.000 Beschäftigte dazu (Dispan et al., 2019). Damit bilden diese Kreise auch im bundesdeut-

schen Vergleich bedeutende Zentren des Maschinen- und Anlagenbaus. Die besondere Bedeutung dieser Branche besteht in der engen Verbindung zum Automobilcluster als Ausrüster der OEM und der Zulieferer, für die die Teilbranche des Werkzeugmaschinenbaus die Maschinen liefert.

¹ | Kurz vor Fertigstellung der Studie hat sich die Daimler AG im Februar 2022 in zwei Unternehmen aufgespalten: die Mercedes-Benz AG mit Pkw und Vans sowie die Daimler Truck AG mit Nutzfahrzeugen.

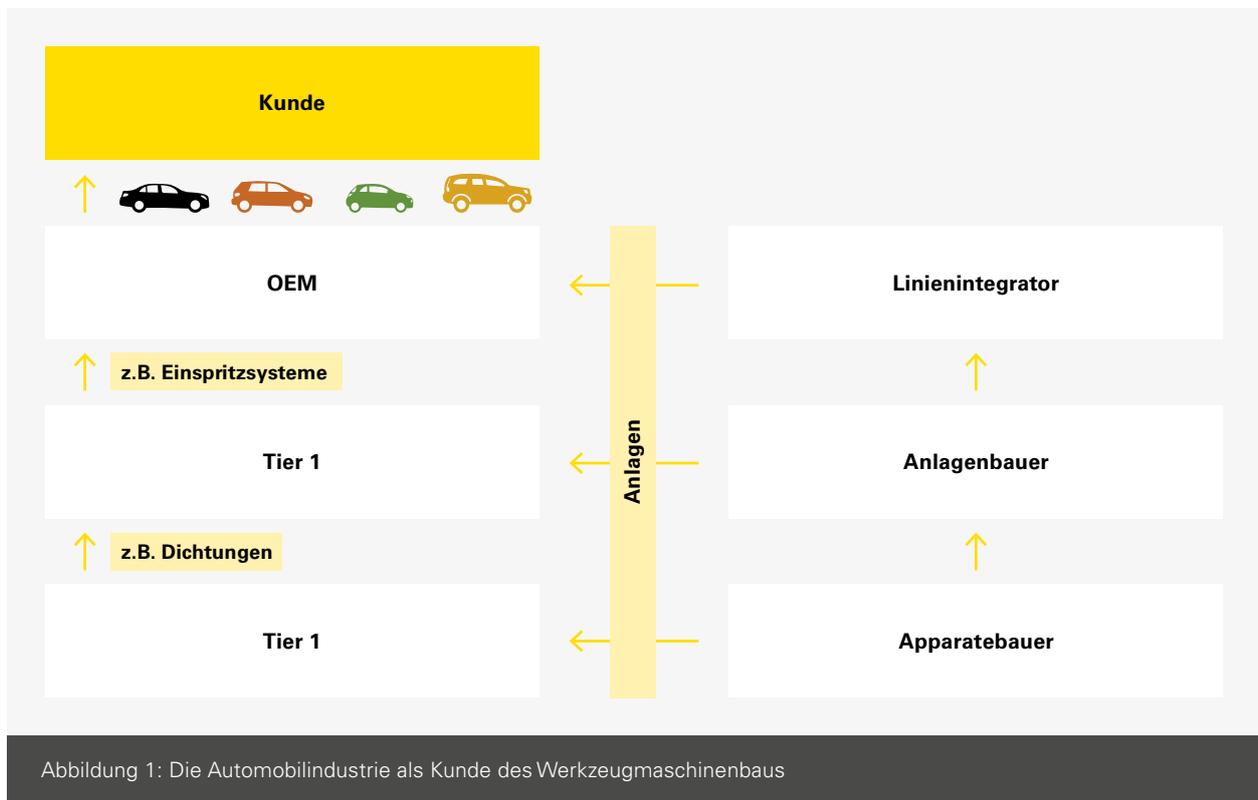


Abbildung 1: Die Automobilindustrie als Kunde des Werkzeugmaschinenbaus

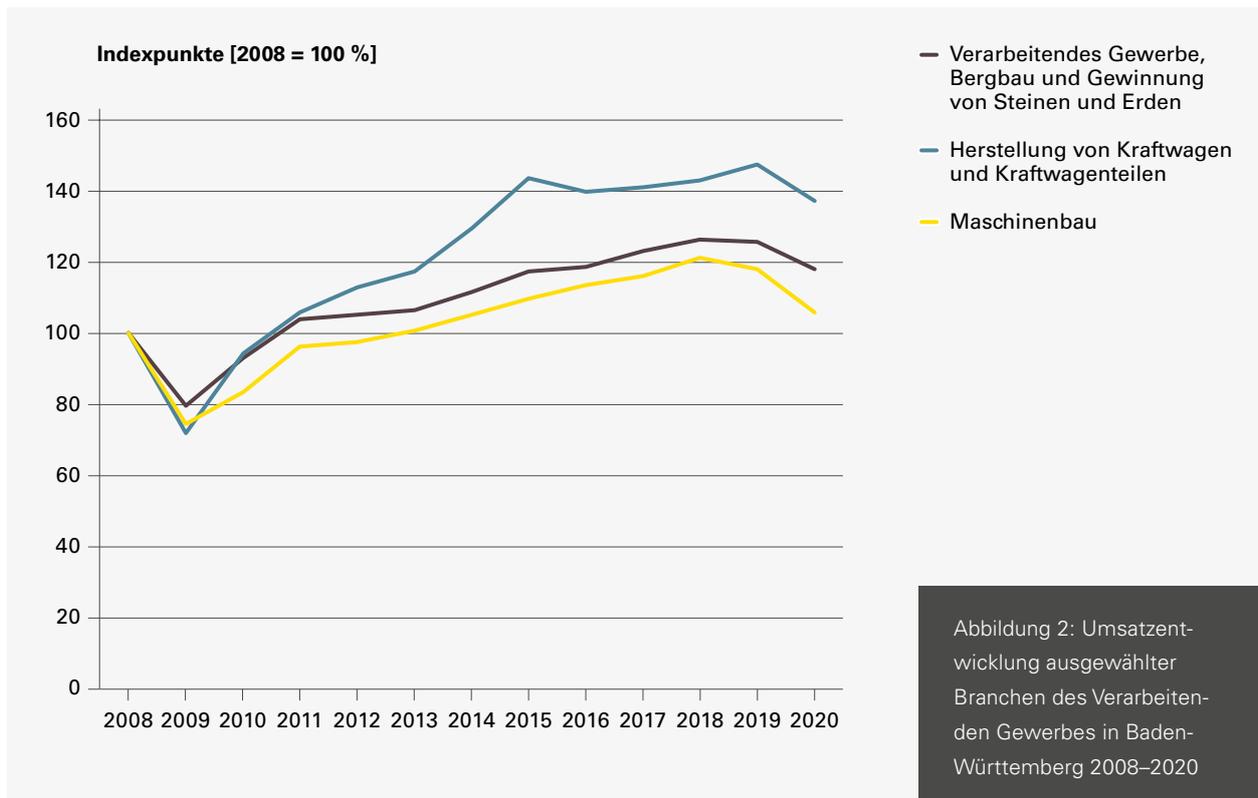
Beide Wirtschaftszweige sind seit der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 jeweils deutlich in Bezug auf Umsatz und Beschäftigung gewachsen: In der Automobilindustrie (29 der WZ 2008)² hat der Umsatz zwischen 2008 und 2019 um insgesamt rund 47 % (bzw. ca. 4 % im Jahresdurchschnitt) zugenommen. Hierzu trugen vor allem die Auslandsumsätze mit einem Zuwachs von rund 66 % (bzw. ca. 4 % im Jahresdurchschnitt) bei (Kuhn, 2020).

Ein Ende dieses Aufschwungs zeichnete sich in beiden Branchen allerdings schon vor Beginn der Covid-19-Pandemie ab: In der Automobilindustrie geht die Produktion seit Mitte 2018 zurück. 2019 überstieg die Anzahl der von deutschen Automobilherstellern in China gefertigten Pkw mit 5,08 Mio. Fahrzeugen erstmals deutlich die Anzahl der in Deutschland produzierten (Heymann, 2020). Mit einer Stückzahl von 4,67 Mio. Pkw lag die inländische Produktion hier auf dem tiefsten Wert

seit 1996 und damit auch niedriger als beispielsweise in der Finanz- und Wirtschaftskrise. Die Zahl der Beschäftigten in Deutschland ist aber trotz dieser Entwicklung bislang weitgehend stabil geblieben (Kuhn, 2020).

Allerdings haben die OEM und Systemzulieferer bereits 2019 Effizienz- bzw. Kostensparprogramme insbesondere für die indirekten Bereiche angekündigt; im Zuge der Covid-19-Pandemie wurden die Forderungen häufig noch einmal verschärft. Auch die Werkzeugmaschinenbauer spüren seit 2018 die Auswirkungen der Transformation zu neuen Antriebskonzepten und -technologien. Ebenso sind die Ausrüster des konventionellen Antriebsstrangs – allerdings zeitversetzt – von Auftragsrückgängen sowie Umsatzverlusten betroffen und müssen sich auf die zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstrangs einstellen (VDW, 2020).

² | Statistisch abgegrenzt wird die „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ (die „29“ der Klassifikation der Wirtschaftszweige in der Ausgabe 2008), die weiter unterteilt wird in die „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren“ (die Automobilhersteller oder OEM, 29.1), die „Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern“ (29.2) und die „Herstellung von Teilen und Zubehör von Kraftwagen“ (die Automobilzuliefererindustrie, 29.3). Synonym wird hierfür oft der Begriff der Automobilindustrie verwendet. Dazu zählen im allgemeinen Verständnis aber auch Unternehmen aus anderen Branchen wie der Gummi- und Kunststoffindustrie, die statistisch anders erfasst werden.



Wie die Automobilindustrie müssen sich auch die baden-württembergischen Maschinenbauer seit Jahren mit einer Verlagerung der Nachfrage in Wachstumsmärkte außerhalb Europas und einem zunehmenden Wettbewerbsdruck durch außereuropäische Maschinenbauer im mittleren Preissegment auseinandersetzen (vgl. Dispan et al., 2019). Auch die Digitalisierung als zunehmende Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien in die Maschinen und deren Vernetzung stellt den Maschinenbau vor ähnliche Herausforderungen wie die Automobilindustrie.

Beide Branchen stehen vor tiefgreifenden Veränderungen: Seit Jahrzehnten hält der Strukturwandel an, in dem in der gesamten Wirtschaft und in einzelnen Branchen eine Zunahme der Dienstleistungsbranchen und -tätigkeiten beobachtet wird. Der Rückgang von Arbeitsplätzen in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Produzierenden Gewerbe steht der deutliche Beschäftigungsaufbau in Dienstleistungsbranchen gegenüber (sektoraler Strukturwandel), zudem nehmen – erkennbar an Verschiebungen der Berufe – auch in den Branchen des Produzierenden Gewerbes die Dienstleistungstätigkeiten zu (funktionaler Strukturwandel). Mit einem Anteil des Produzierenden

Gewerbes von gut 30 % bei den Erwerbstätigen liegt Baden-Württemberg im Bundesvergleich weit vorn, diese erwirtschafteten etwa 39 % der Bruttowertschöpfung (Statistisches Landesamt 2021e und 2021f). Im Gegensatz zu dieser allmählichen Veränderung bezeichnet die Transformation der Automobilindustrie den starken Wandel des Fahrzeugs (CO₂-neutrale Antriebskonzepte, Vernetzung mit anderen Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur sowie die zunehmende Fahrassistenz hin zum autonomen Fahren) und die dafür erforderlichen Anpassungen in den Unternehmen der Automobilindustrie. Mit externen Treibern wie politisch gesetzten Klimazielen ist diese Transformation in einem deutlich kürzeren Zeitraum als der Strukturwandel zu bewältigen und in diesem Sinne disruptiv.

Die internationale Verflechtung des Automobilclusters Baden-Württemberg

Die baden-württembergische Automobilindustrie gilt weltweit als exemplarisches Produktionscluster, dessen Unternehmen strategisch auf Premiumprodukte setzen. Prägende Elemente sind Unternehmenskooperationen, eine Spezialisierung auf hochwertige Prozesse und Produkte im globalen Qualitätswettbewerb und qualifizierte Facharbeit. Im Cluster sind Unternehmen mit ihrer Entwicklung, Fertigung, Montage und Logistik räumlich und arbeitsorganisatorisch eng miteinander verbunden und werden durch Forschungs-, Ausbildungs- und weitere Einrichtungen der Wirtschaftsförderung ergänzt. Vertreten sind alle Segmente der Wertschöpfungskette von der Entwicklung über die Produktion bis zum Vertrieb. Der anhaltende Erfolg beruht auf der Globalisierung und der internationalen Verflechtung der Unternehmen, die in den folgenden Absätzen betrachtet wird.

Der Begriff „Cluster“ bezeichnet die regionale Konzentration und Spezialisierung von Unternehmen einer Branche und geht auf Studien zu erfolgreichen Wirtschaftsregionen von Michael Porter (1991) zurück.

Die baden-württembergische Automobilindustrie und der Maschinenbau sind eng mit dem Ausland verflochten. Das wurde zu Beginn der Covid-19-Pandemie mit Produktionsstopps im Ausland, zeitweiligen Grenzschießungen innerhalb und außerhalb Europas, Einreisebeschränkungen und Transportschwierigkeiten drastisch deutlich. Die Störungen halten an: Aktuell

fehlen Chips unter anderem für die Produktion von elektronischen Komponenten und Fahrzeugen an baden-württembergischen Automobilstandorten und im Maschinenbau (siehe auch Exkurs „Halbleiterkrise“). Weitere Lieferengpässe bestehen bei speziellen Stählen und Kunststoff und könnten sich weiter zuspitzen. Diese Schwierigkeiten betreffen vor allem die Beschaffung von Komponenten und Teilen aus dem Ausland. Denn gerade die Automobilindustrie und der Maschinenbau gehören zu den Wirtschaftszweigen, die stark von importierten Vorleistungen abhängen (Butollo, 2020). Außerdem besteht eine hohe Auslandsabhängigkeit beider Branchen durch den großen Exportanteil. Die Internationalisierungsstrategien von OEM, Automobilzulieferern und dem Maschinenbau – die sich voneinander unterscheiden – werden im Folgenden dargestellt und anhand verfügbarer Daten zum Export, zum Außenhandel sowie zur Beschäftigung und zur Güterproduktion in Europa quantifiziert.

Auslandsaktivitäten der Automobilindustrie und des Maschinenbaus haben sehr früh begonnen: Beispielsweise investierte ein Vorläuferunternehmen der bisherigen Daimler-Benz AG aufgrund steigender Nachfrage schon 1902 im Ausland, deutlich vor anderen Automobilherstellern wie beispielsweise BMW (Biss, 2017). Robert Bosch eröffnete bereits 1898 eine erste Vertretung in Großbritannien und in den folgenden Jahren auch in allen anderen europäischen Staaten (Robert Bosch GmbH, 2020b). Anfangs war der Absatz eigener Produkte im Ausland das Hauptmotiv für Auslandsaktivitäten. Dazu kam später die internationale Arbeitsteilung. Beide Motive überlagern sich mittlerweile und führen zu verschiedenen Formen von Auslandsaktivitäten wie dem Aufbau eigener Auslandsstandorte, Gemeinschaftsunternehmen mit und Vertragsbeziehungen zu ausländischen Unternehmen,

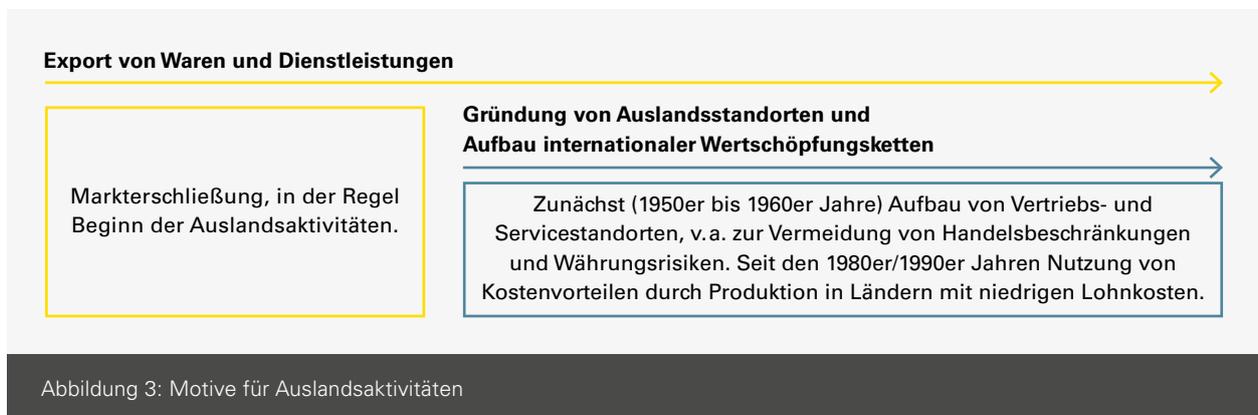


Abbildung 3: Motive für Auslandsaktivitäten

2.1 Export und Import Baden-Württembergs

Das über Jahrzehnte anhaltende Wachstum der deutschen und baden-württembergischen Automobilindustrie³ basierte in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts auf einer Markterweiterung: Vom deutschen Markt in der Nachkriegszeit ging der Absatz zunächst auf den europäischen und in den letzten 20 Jahren auch auf den amerikanischen und den asiatischen Markt über. Vor allem die baden-württembergischen Hersteller und Zulieferer profitierten früh von den hohen Wachstumsraten in Asien und teilweise Südamerika (vgl. Hab und Wagner, 2010). Hohe Exportquoten zeigen die anhaltend hohe Bedeutung des Auslands als Absatzmarkt für Produkte aus Baden-Württemberg: Gerade im Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe insgesamt liegen die Exportquoten der beiden Branchen (in betriebswirtschaftlicher Betrachtung als Anteil am Umsatz) deutlich höher: Während der Exportanteil des Umsatzes im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg 2020 bei 57 % lag, betrug er im Teilbereich der Automobilindustrie (29 der WZ 2008) 71 % und im Teilbereich Maschinenbau 63 %. Bei OEM und Zulieferern unterscheidet sich die Exportabhängigkeit deutlich: Während 78 % des Umsatzes der OEM im Ausland erzielt werden, sind es bei den Zulieferern weniger als 50 %. Zudem setzen die Zulieferer mit ca. 20 % ihrer Produkte einen größeren Anteil in der Eurozone um als die OEM (13 %).

Im langjährigen Vergleich ist der Exportanteil deutlich gestiegen: Während er für das Verarbeitende Gewerbe Baden-Württembergs (hier einschließlich Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden) im Jahr 1995 noch bei rund 32 % lag, ist er bis 2019 auf rund 55 % gestiegen. Auch in den hier betrachteten Schlüsselbranchen lagen die Exportanteile am Umsatz 2010 noch um jeweils etwa fünf Prozentpunkte unter den aktuellen Werten (Verarbeitendes Gewerbe 52 %, Automobilindustrie 66 %, OEM 73 %, Zulieferer 40 %, Maschinenbau 62 %). Das Wachstum des Exports wird als maßgeblicher Beitrag zum baden-württembergischen Wirtschaftswachstum gesehen: Seit 2009 – nach der Finanz- und Wirtschaftskrise – stiegen die Auslandsumsätze bis 2019 um insgesamt knapp 86 %, während die Inlandsumsätze im gleichen Zeitraum nur um rund 33 % zunahmen (vgl. Kuhn, 2020).

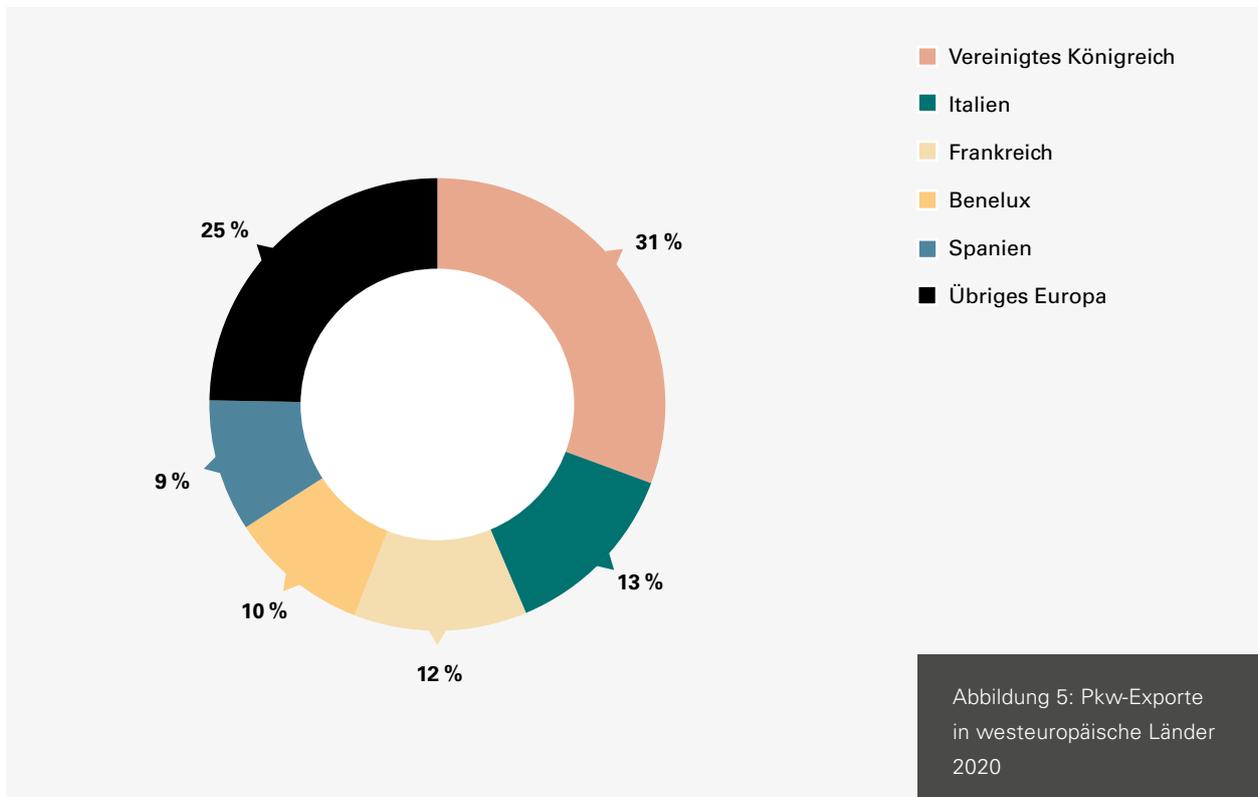
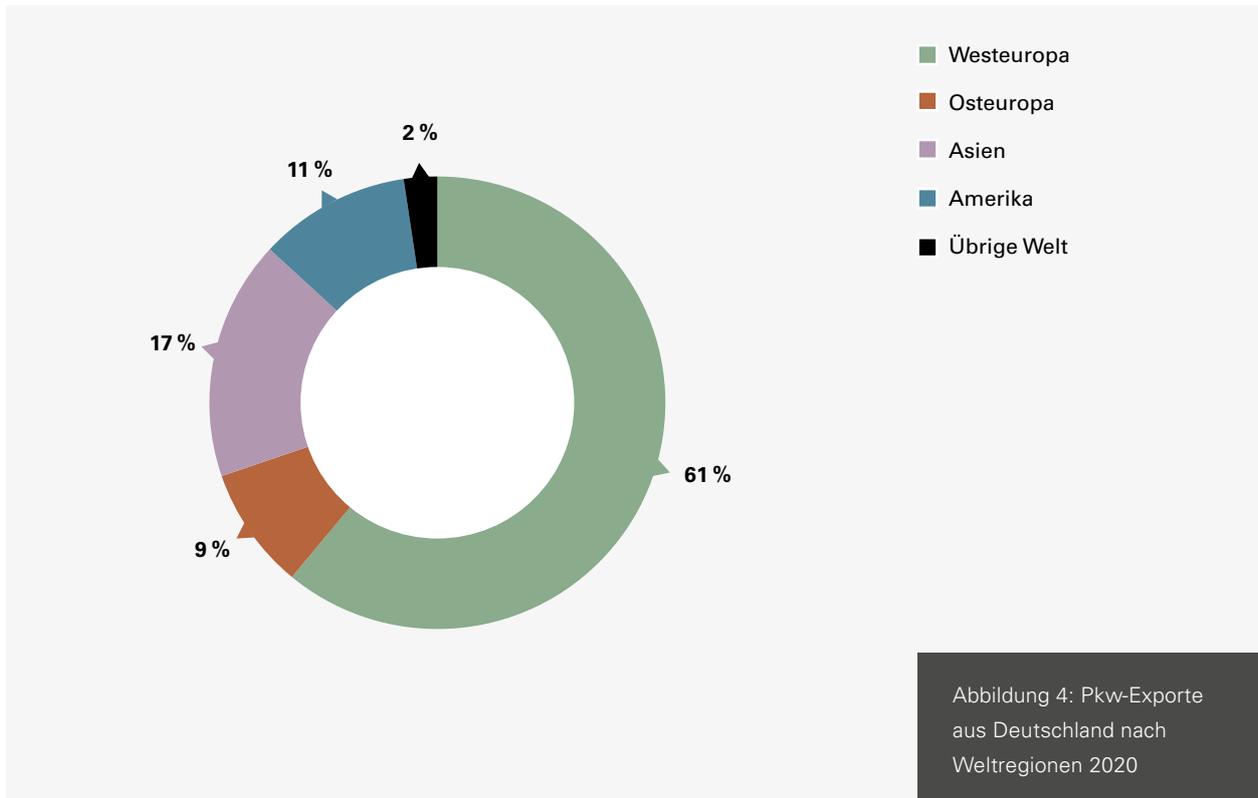
Hauptabnehmer für deutsche OEM sind die westeuropäischen Nachbarländer, etwa die Hälfte der in Deutschland produzierten Pkw wird dorthin exportiert. Größter Abnehmer in Westeuropa ist das Vereinigte Königreich, dann folgen mit ähnlichen Anteilen die Benelux-Länder, Italien und Frankreich. Ein Fünftel geht nach Osteuropa, nach Asien und Amerika werden 17 % beziehungsweise 11 % exportiert.

3 | Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf die Einteilung der Wirtschaftszweige in der amtlichen Statistik (Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008), die nicht die vollständigen Cluster abbildet (der Unterschied wird beispielsweise in der Strukturstudie BW* mobil 2019 (e-mobil BW, 2019a) erläutert).

Wirtschaftszweig (WZ 2008)	Umsatz 2020 in TEUR	Davon Auslandsumsatz	
		Insgesamt in TEUR und Umsatzanteil	Mit der Eurozone in TEUR und Umsatzanteil
Verarbeitendes Gewerbe	328.551.252	186.388.175 57%	k. A.
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (29)	102.083.942	72.910.923 71%	14.862.504 15%
Davon OEM (29.1)	80.695.659	62.597.082 78%	10.452.656 13%
Davon Zulieferer (29.3)	19.421.530	k. A. ca. 48%	k. A. ca. 20%
Maschinenbau (28)	68.890.241	43.077.535 63%	15.649.719 23%

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021b und eigene Schätzungen (kursiv gesetzt)

Tabelle 2: Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes und der Wirtschaftszweige „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ sowie „Maschinenbau“ Baden-Württembergs im Jahr 2020 mit Anteilen des Auslandsumsatzes



Die Exportstärke liegt für Baden-Württemberg in der Spezialisierung der OEM auf das Premiumsegment (für andere deutsche OEM auch bei den Volumenmodellen der Mittelklasse). Mit diesen Fahrzeugen können die Unternehmen über höhere Preise auch höhere Gewinnmargen erwirtschaften. Diese Modelle tragen überproportional zum Unternehmensertrag bei. Die Produktion günstiger Klein- und Kleinwagen – z. B. des Opel Corsa oder des VW Polo – für den europäischen Markt liegt dagegen zum überwiegenden Teil im europäischen Ausland, der Produktionsanteil dort beträgt bereits über 80 % (Blöcker, 2015). Allerdings steigt auch die Herstellung von Premiummodellen an ausländischen Standorten: Ihr Anteil ist seit 2009 von 16 % auf 70 % im Jahr 2020 gestiegen (VDA, 2021b).

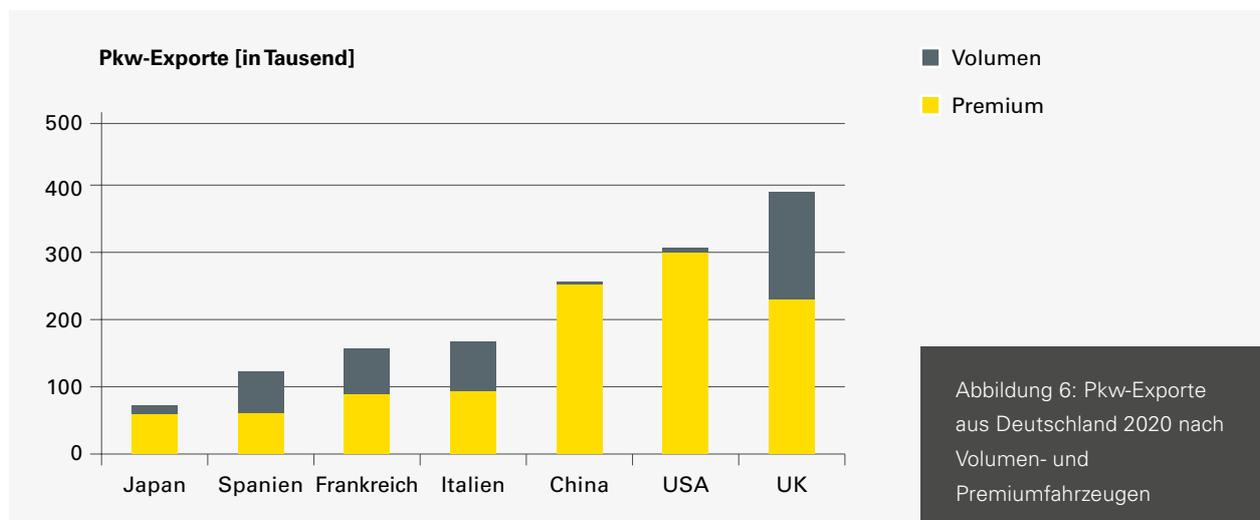
„Die globale Aufstellung der deutschen OEM manifestiert sich auch darin, dass sie inzwischen mit 4,3 Millionen Fahrzeugen etwa eine Million mehr Premium-Pkw im Ausland als am heimischen Standort fertigen.“ (VDA, 2021b)

Der Anteil der Premiumfahrzeuge am Export unterscheidet sich deutlich nach Weltmarktregionen: In andere europäische Länder beträgt er 55 %, nach Asien 95 % und nach Amerika 99 % (VDA, 2021b). Der Export in Länder außerhalb Europas lohnt sich nur noch für Produkte, die aufgrund kleiner Stückzahlen nur an einem Standort gefertigt werden: beispielsweise Modelle von Porsche oder die S-Klasse von Mercedes-Benz.

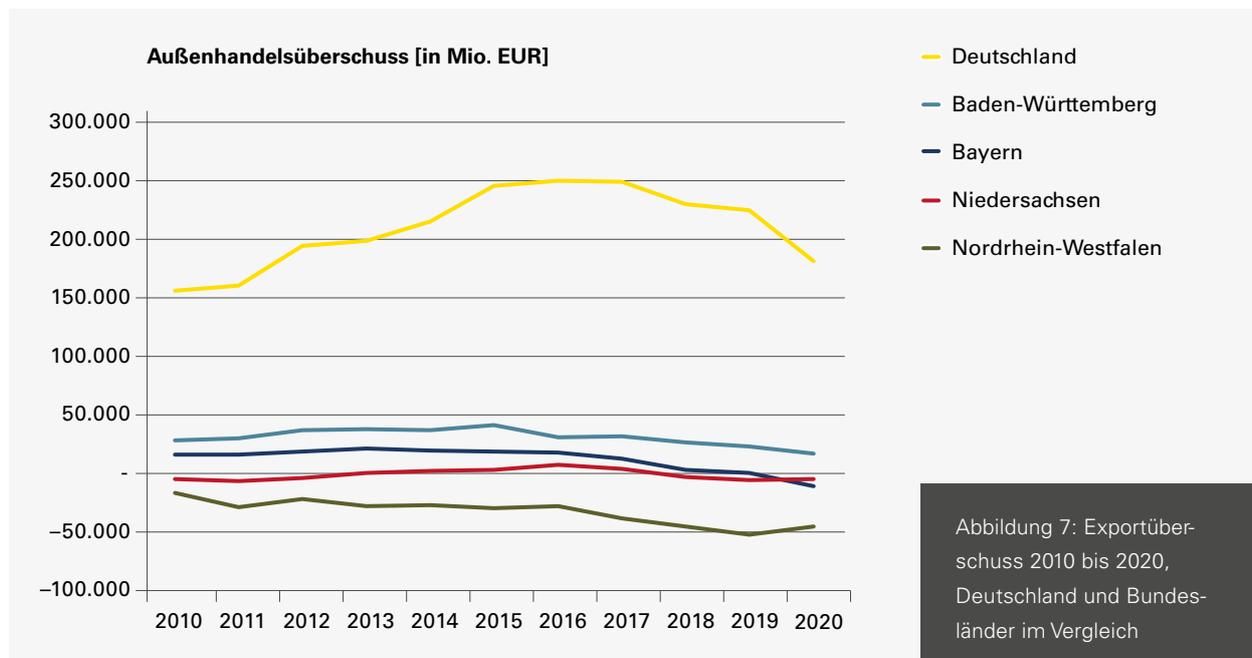
Die Bedeutung der Automobilindustrie und des Maschinenbaus spiegelt sich auch in der volkswirtschaftlichen Betrachtung des Außenhandels wider. Die Ein- und Ausfuhren belegen

ebenfalls die starke internationale Verflechtung. Hier wechselt die Betrachtung von Unternehmensumsätzen (aus der Wirtschaftszweigsystematik, WZ 2008) auf Warengruppen (Verzeichnis der Güterproduktion, GP 2019 und GP 2020), damit fallen zum Beispiel Dienstleistungsangebote der Unternehmen aus der Betrachtung.

Aus Baden-Württemberg wurden 2020 „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ im Wert von 40,4 Mrd. EUR und Maschinen im Wert von 37,7 Mrd. EUR ausgeführt, das waren ca. 22 % bzw. 20 % der gesamten baden-württembergischen Ausfuhren (ca. 190 Mrd. EUR) (Statistisches Landesamt BW, 2021b). Eingeführt wurden „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ im Wert von 22,7 Mrd. EUR (13 % aller Einfuhren) und „Maschinen“ im Wert von 18,6 Mrd. EUR (11 %). Der deutliche Außenhandelsüberschuss in beiden Warengruppen zeigt die Wettbewerbsfähigkeit der jeweiligen baden-württembergischen Produkte auf dem Weltmarkt. Bei den Ausfuhren überwiegen die Produkte der OEM („Kraftwagen und Kraftwagenmotoren“) mit 76 % deutlich die Produkte der Zulieferer („elektrische, elektronische Ausrüstung für Motoren sowie andere Teile und anderes Zubehör für Kraftwagen“), die baden-württembergischen Hersteller sind erheblich stärker auf den Export ausgerichtet als die Zulieferer. Auch bei den Einfuhren lag der Anteil von „Kraftwagen und Kraftwagenmotoren“ mit 70 % deutlich über dem der Produkte von Zulieferern. Hier hat in den letzten zehn Jahren eine starke Veränderung stattgefunden: 2010 machten die Produkte der Zulieferer noch fast 50 % der Einfuhren aus, der Anteil ist bis 2019 auf 30 % gesunken.



In der langfristigen Betrachtung hat Baden-Württemberg seit 2010 einen deutlichen Außenhandelsüberschuss. Nach einer kontinuierlichen Zunahme auf gut 40 Mrd. EUR im Jahr 2015 nimmt er seitdem wieder ab und lag 2019 bei 20,8 Mrd. EUR. Damit liegt Baden-Württemberg aber weiterhin deutlich über den anderen betrachteten Bundesländern Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen.



Dieser Exportüberschuss wird zu großen Teilen durch „Maschinen“ sowie „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ erwirtschaftet.

	Exportüberschuss bzw. Exportdefizit „Alle Warengruppen“ in TEUR	Exportüberschuss „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ in TEUR	Exportüberschuss „Maschinen“ in TEUR
Baden-Württemberg	20.827.516	21.810.540	21.765.914
Bayern	-3.210.045	16.563.727	18.147.071
Niedersachsen	-6.888.506	6.041.667	2.620.623
Nordrhein-Westfalen	-51.084.243	-6.656.224	15.660.114
Deutschland	224.010.496	96.107.923	108.256.795

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2020d

Tabelle 3: Exportüberschuss und Anteile der Warengruppen „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ sowie „Maschinen“ in Deutschland und ausgewählten Bundesländern im Jahr 2019

Die beiden Warengruppen „Maschinen“ sowie „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ gehören zu den wichtigsten Exportgütern Baden-Württembergs (GP 2019-28 und GP 2019-29), sie haben jeweils einen Anteil von mehr als 20 % am gesamten Export: Im Zeitraum zwischen 2011⁴ und 2019 betrug der Exportanteil von Kraftwagen und Kraftwagenteilen zwischen 22 % und fast 26 %. Der Höchstwert im Jahr 2015 betrug 25,8 %, im Jahr 2019 – am Ende des Betrachtungszeitraums und vor der Covid-19-Pandemie – lag er bei 22,6 %. Ähnlich hoch ist der Exportanteil bei Maschinen, er lag zwischen 2011 und 2019 zwischen 20,0 % und 22,1 % (der höchste Anteil wurde 2011 mit 22,1 % erreicht) (Statistisches Bundesamt, 2020a).

Im Vergleich Baden-Württembergs mit anderen großen Automobilstandorten Deutschlands zeigt sich, dass die „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ in Bayern und Niedersachsen zwar einen größeren Anteil an den Ausfuhren haben, dass aber vor allem Niedersachsen im absoluten Wert deutlich niedriger liegt als Baden-Württemberg. Zudem sind die Anteile beider Schlüsselbranchen in Baden-Württemberg ausgeglichener als in den anderen Bundesländern.

In der folgenden Darstellung wird Baden-Württemberg in Bezug auf zentrale Indikatoren mit Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen als weiteren großen Automobilstandorten in Deutschland verglichen.

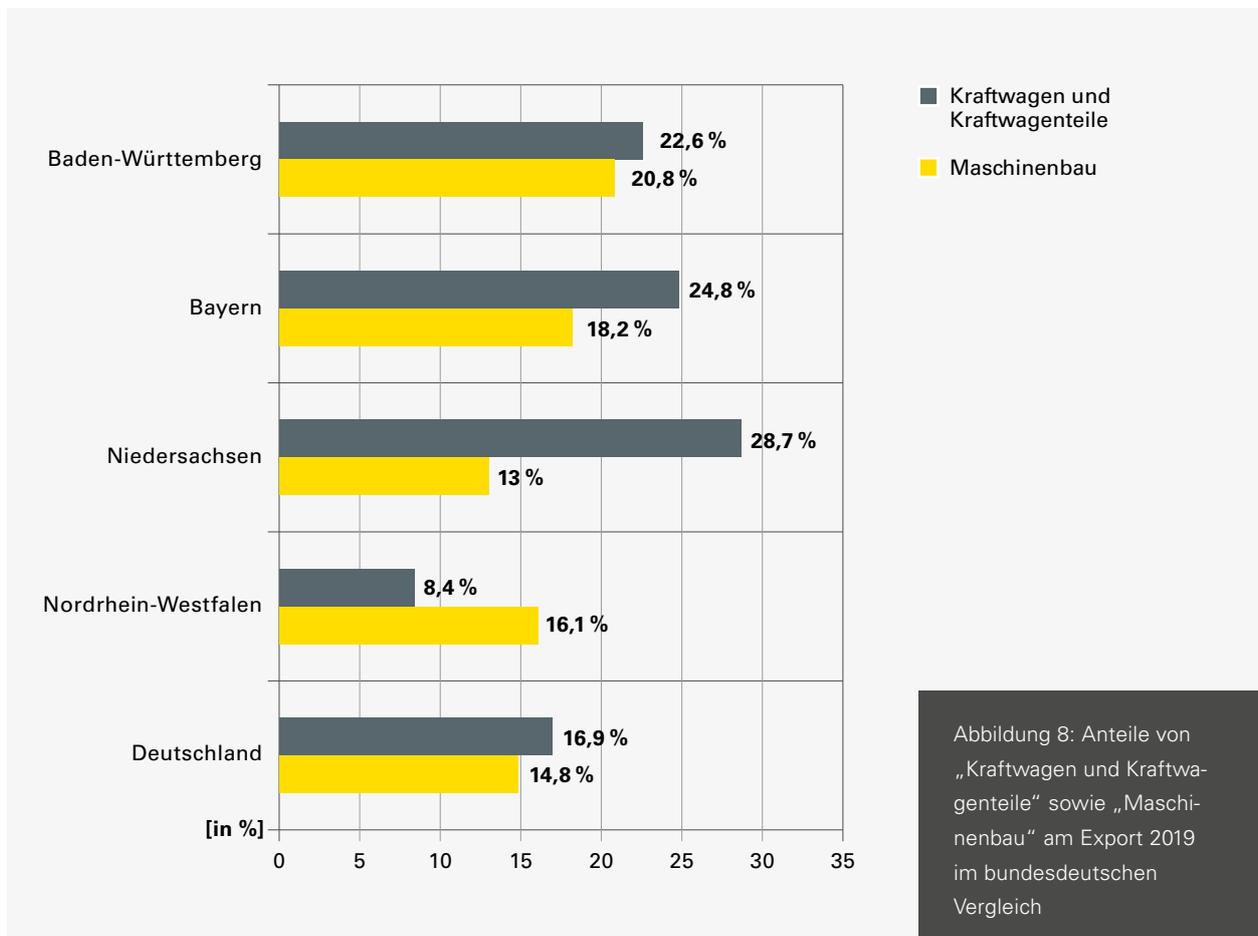
Die beiden Schlüsselbranchen machten 2019 in Baden-Württemberg einen Exportanteil von ca. 44 % aus, ähnliche Werte erreichen auch Bayern und Niedersachsen, für die jedoch der Anteil bei „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ den Exportanteil von „Maschinen“ deutlicher überwiegt. In Nordrhein-Westfalen haben beide Branchen einen geringeren Exportanteil als in den anderen Bundesländern, bei Kraftwagen und Kraftwagenteilen liegt er noch deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt. Damit ist Baden-Württemberg etwas weniger von den Produkten der Automobilbranche abhängig als die anderen drei Bundesländer und profitiert von zwei starken industriellen Schlüsselbranchen.

4 | Im Jahr 2010, direkt nach der Finanz- und Wirtschaftskrise, lagen „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ mit 27,3 % des baden-württembergischen Exports deutlich über den langjährigen Werten. Bei „Maschinen“ dagegen lag der Anteil mit 16,2 % deutlich unter dem des folgenden Jahrzehnts; in diesem Unterschied schlägt sich die gegenüber der Automobilindustrie deutlich längere Bearbeitungszeit von Aufträgen im Maschinen- und Anlagenbau nieder.

	Ausfuhren 2019		
	Kraftwagen und Kraftwagenteile	Maschinen	Ausfuhren insgesamt
Baden-Württemberg	20.827.516	21.810.540	21.765.914
Bayern	-3.210.045	16.563.727	18.147.071
Niedersachsen	-6.888.506	6.041.667	2.620.623
Nordrhein-Westfalen	-51.084.243	-6.656.224	15.660.114

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2020d

Tabelle 4: Ausfuhren ausgewählter Bundesländer von „Maschinen“ und „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ im Jahr 2019



Diese Betrachtung der Ein- und Ausfuhren bildet jedoch die unterschiedliche Internationalisierung von OEM und Zulieferern nicht ausreichend ab. Während sich die Zulieferer zu einem hohen Anteil aus der Region versorgen, führen die OEM ihre Teile überwiegend ein. In der Warengruppe „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ hat Baden-Württemberg im Jahr 2019 bei „Kraftwagen und Kraftwagenmotoren“ (GP19-2910) einen Exportanteil von knapp 75 %, etwa 23 % waren „Andere Teile und anderes Zubehör für Kraftwagen“ (GP19-2932).⁵ Bei den Einfuhren machte die Warengruppe „Kraftwagen und Kraftwagenmotoren“ – die Produkte der OEM – mit 61 % einen geringeren Anteil aus, dafür war der Anteil von „Anderen Teile und anderes Zubehör für Kraftwagen“ – die Produkte der Zulieferer – mit 32 % größer. Dieser Unterschied zwischen Export

und Import zeigt auf, dass die Zulieferer ihre Absatzmärkte stärker auf räumliche Nähe ausgerichtet haben.

Der Export von Maschinen aus Baden-Württemberg machte 2019 einen Umfang von 42,6 Mrd. EUR aus, davon betrug der Anteil für Werkzeugmaschinen 8 %.

Der Auslandsumsatz des Verarbeitenden Gewerbes sichert den großen Anteil Industriebeschäftigter in Baden-Württemberg mit einer hohen Pro-Kopf-Bruttowertschöpfung und entsprechend hohem Pro-Kopf-Entgelt (vgl. Kuhn, 2020). Allerdings liegt der Pro-Kopf-Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg unter den anderen, ebenfalls stark von der Automobilindustrie geprägten Bundesländern.

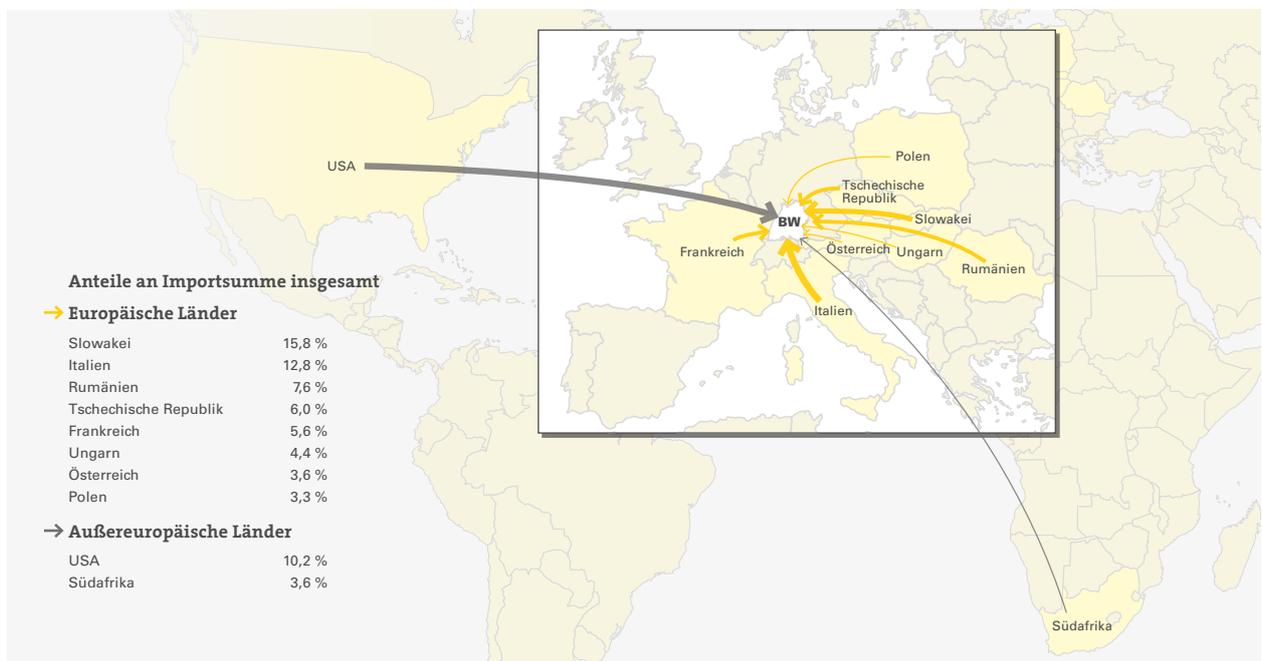
⁵ | Mit je 1,0 % bzw. 1,5 % können die Anteile von „Karosserien, Aufbauten und Anhänger“ (GP19-2920) und „Elektrische und elektronische Ausrüstungen für Motoren, anderweitig nicht genannt“ (GP19-2931) vernachlässigt werden.

	Pro-Kopf-Umsatz des VG	Exportquote im VG
Baden-Württemberg	277.289 EUR	ca. 55%
Bayern	287.234 EUR	ca. 54%
Niedersachsen	380.926 EUR	ca. 47%
Nordrhein-Westfalen	278.502 EUR	ca. 45%
Deutschland insgesamt	301.100 EUR	ca. 49%

Quelle: statistik-lw, 2020e und Statistisches Bundesamt, 2020d

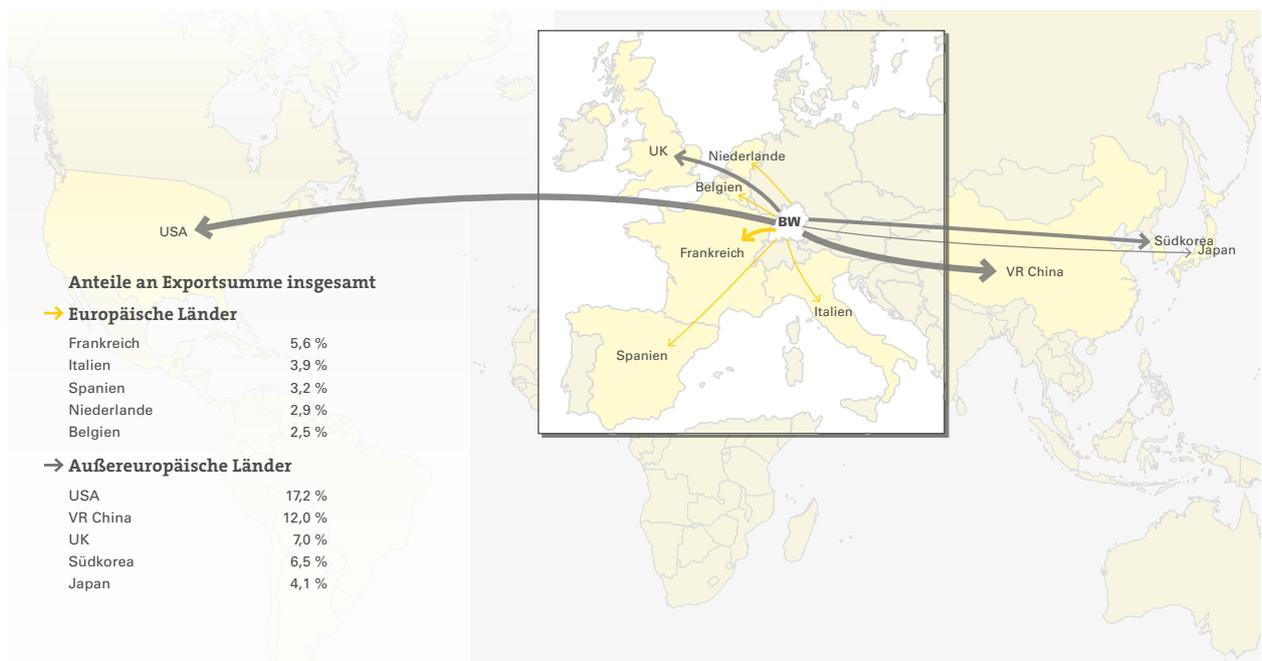
Tabelle 5: Pro-Kopf-Umsatz und Exportquote im Verarbeitenden Gewerbe für Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen im Jahr 2019

Der Umfang des Außenhandels Baden-Württembergs (wie auch Deutschlands) hängt sowohl von der Wirtschaftskraft des jeweiligen Landes (z. B. gemessen am Bruttoinlandsprodukt) als auch von der geografischen Nähe ab, dieses Muster gilt auch für Deutschland insgesamt (vgl. Bremer, 2018). Daher gehören einerseits die großen Volkswirtschaften China und die USA sowie andererseits benachbarte Länder wie die Schweiz und Frankreich zu den wichtigsten Handelsländern Baden-Württembergs. Der Einfluss der Wirtschaftskraft ist dabei allerdings stärker als der der räumlichen Nähe (Bremer, 2018). Dennoch gibt es leichte Unterschiede im Vergleich der wichtigsten Handelspartner Deutschlands und Baden-Württembergs sowie nach den Anteilen bei Ein- und Ausfuhren. In der grafischen Darstellung zeigt sich bei den Einfuhren von Kraftwagen und Kraftwagenteilen die hohe Bedeutung mittel- und osteuropäischer Länder als Produktionsstandorte der Zulieferindustrie. Sie sehen Europa eher als „Binnenmarkt“ und unterscheiden nicht zwischen deutschen und den anderen europäischen Standorten.



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung an Statistisches Bundesamt, 2020e.
 Bildquelle Welt- und Europakarte: © markentrieb

Abbildung 9: Die zehn wichtigsten Handelspartner Baden-Württembergs bei „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“:
 Anteile am Import 2019



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung Statistisches Bundesamt, 2020e.
 Bildquelle Welt- und Europakarte: © markentrieb

Abbildung 10: Die zehn wichtigsten Handelspartner Baden-Württembergs bei „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“:
 Anteile am Export 2019

Exkurs: Der „Brexit“ – Beeinträchtigung des Handels und der

Automobilindustrie

Nicht nur Krisenphänomene wie die Coronapandemie, die Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 oder lokal begrenzte Naturkatastrophen (siehe auch Exkurs „Besonderheiten der Covid-19-Pandemie und Vergleich mit anderen Krisen“, S. 55) wirken sich auf die globalisierte Wirtschaft aus. Auch politische Veränderungen wie der Austritt des Vereinigten Königreichs aus der Europäischen Union haben Einfluss auf das wirtschaftliche Handeln, auf internationale Lieferketten und damit auch auf die stark internationalisierte Automobilindustrie. Im Folgenden wird daher die Situation der Automobilindustrie rund um den Austritt des Vereinigten Königreichs aus der EU betrachtet und die Folgen für die Automobilindustrie werden skizziert. Eingeschränkt muss jedoch werden, dass das gesamte Ausmaß der „Brexit“-Folgen für die Automobilindustrie, aber auch den gesamten Warenaustausch, aktuell schwer von den Auswirkungen der Coronapandemie zu trennen ist. Beide Entwicklungen betreffen die gleichen Wirkungsorte: So sind Lieferengpässe z.B. nicht nur durch neue Zollanforderungen, sondern ebenfalls durch Maßnahmen zur Eindämmung der Coronapandemie entstanden.

Bilaterale und multilaterale Abkommen, wie beispielsweise das Vertragswerk der Europäischen Union oder andere Freihandelsabkommen, stellen nicht nur auf politischer Ebene eine Verbindung zwischen einzelnen Nationen her, sondern sie ermöglichen auch eine Öffnung der nationalen Wirtschaftsräume. Mit der zunehmenden Anzahl solcher Abkommen wurden wirtschaftliche Prozesse immer globaler und komplexer. Es entstanden transnationale Verflechtungen in Wirtschaft und Handel bis hin zu den heutigen global vernetzten Lieferketten – wobei der Zuwachs an Bürokratie dank politischer und wirtschaftlicher Abkommen verhältnismäßig gering blieb.

Zunehmend zeigt sich jedoch wieder ein nationalstaatlicher Protektionismus, für den beispielhaft der Austritt des UK aus der EU steht. Geprägt von Medien wird dieser Austritt als „Brexit“ zum Schlagwort, ein Kunstwort aus den englischen Wörtern „Britain“ und „Exit“. Für den Austritt des Vereinigten Königreichs hatten 2016 per Referendum knapp 52 % der Bevölkerung gestimmt. Wobei UK von Beginn an

(1973) einen besonderen Status in der EU hatte: Das Land war weder Teil der Eurozone noch des Schengenraums. Nach knapp vier Jahren, langen Verhandlungen und mehreren Verschiebungen des Austrittsdatums trat das Vereinigte Königreich offiziell am 31. Januar 2020 aus der EU aus.

Der VDA prognostizierte im Falle von „No Deal“ zwischen dem UK und der EU Unterbrechungen in Lieferketten und Produktionsabläufen, im Falle eines Handelsabkommens das Problem von Planungsunsicherheiten und Anpassungsschwierigkeiten an die neuen Rahmenbedingungen (VDA, o. J.). Deshalb gründete der VDA bereits 2016 eine Task-Force, die sich mit den Mitgliedern, Herstellern und Zulieferern und deren Interessen auseinandersetzt und sich für diese einsetzt (VDA, o. J.). Die Zeit zwischen Referendum und Austritt war in der Wirtschaft geprägt von Planungsunsicherheiten und zusätzlichen Kosten. Laut des britischen Verbands der Automobilhersteller und Zulieferer (SMMT) kostete der „Brexit“ bis Dezember 2020 bereits 735 Mio. Pfund (830 Mio. EUR) für die Hersteller im Vereinigten Königreich (Knauer, 2020). Von verschiedenen OEM gab es Äußerungen zu Werkschließungen, beispielsweise von Nissan, die jedoch wegen des nachfolgenden Handelsabkommens von diesem Vorhaben abgelassen haben (Menzel, 2021). Bereits 2019 hatte Honda veröffentlicht, das Werk in Swindon schließen zu wollen. Im März 2021 wurde bekannt, dass der Verkauf an das Logistikunternehmen Panattoni abgeschlossen sei. Wie viel Einfluss der „Brexit“ auf diese Entscheidung genommen hat ist jedoch nicht klar (Knauer, 2021).

Im April 2021 wurde ein Handelsabkommen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich verabschiedet. Damit konnten zwar die erwarteten großen negativen Folgen eines harten „Brexit“ verhindert werden, allerdings hatten die lange Wartezeit auf ein Abkommen und die damit verbundenen Planungsprobleme bereits deutliche Folgen, auch für die Automobilindustrie im Vereinigten Königreich. Der Hauptgeschäftsführer der Deutsch-Britischen Industrie- und Handelskammer Ulrich Hoppe kommentierte die Situation nach den ersten sechs Monaten nach Vollzug des „Brexit“:

„Wann Lieferketten wieder genauso reibungslos wie vor dem 31. Dezember 2020 operieren werden, ist unklar. Deswegen haben viele Unternehmen unter anderem in längerfristige Lagerkapazitäten investiert“ (Imöhl und Ivanov, 2021).

Für das Vereinigte Königreich bedeutet das verabschiedete Handelsabkommen letztlich einen Zugang zum EU-Binnenmarkt, allerdings auch die Forderung der Erfüllung des „Level Playing Field“: die Einhaltung europäischer Umwelt-, Sozial- und Subventionsstandards, um einen fairen Wettbewerb zu ermöglichen. Das Handelsabkommen sieht zwar Nullzollsätze für Waren vor sowie eine Zusammenarbeit im Zoll- und Regulierungsbereich, dennoch müssen die Waren einer (Zoll-)Kontrolle unterzogen werden (BMWK, 2021a). Damit entsteht beim Handel zwischen EU-Staaten und dem Vereinigten Königreich ein höherer Aufwand, vor allem in Bezug auf bürokratische Anforderungen und Logistik.

Insgesamt sind damit auch die Komplexität der Wertschöpfung und die ökonomischen Kosten für die deutsche Automobilindustrie gestiegen (Automobilwoche, 2021a; Men-

zel, 2021). Laut einer Umfrage des SMMT geben neun von zehn Unternehmen der Automobilindustrie aus UK an, dass Kosten (Zeit und Ressourcen) durch den Austritt aus der EU gestiegen sind (O’Carroll und Topham, 2021). Für den SMMT erzeugt der „Brexit“ für die britische Automobilindustrie allerdings nicht nur einen Zuwachs an Kosten und Komplexität, sondern vor allem einen Wettbewerbsnachteil (O’Carroll und Topham, 2021).

Die komplexen Auswirkungen von Unsicherheit, aber auch Volatilität und Ambiguität betreffen die Automobilhersteller und -zulieferer sowohl in der Logistik als auch in der Produktion und im Einkauf. Dabei ist jeder Bereich für die Automobilhersteller bzw. -zulieferer mit anderen Schwierigkeiten durch den „Brexit“ konfrontiert, die Schwierigkeiten wirken sich jedoch aufgrund ihrer gegenseitigen Abhängigkeit aufeinander aus.

Für den Einkauf und die Logistik ergeben sich erhöhte Zoll- und Grenzformalitäten, wie auch die Verbände VDA und SMMT betonten. Warenengpässe und Fachkräftemangel können in der Produktion als mögliche Folgen auftreten (Kleemann und Frühbeis, 2021).

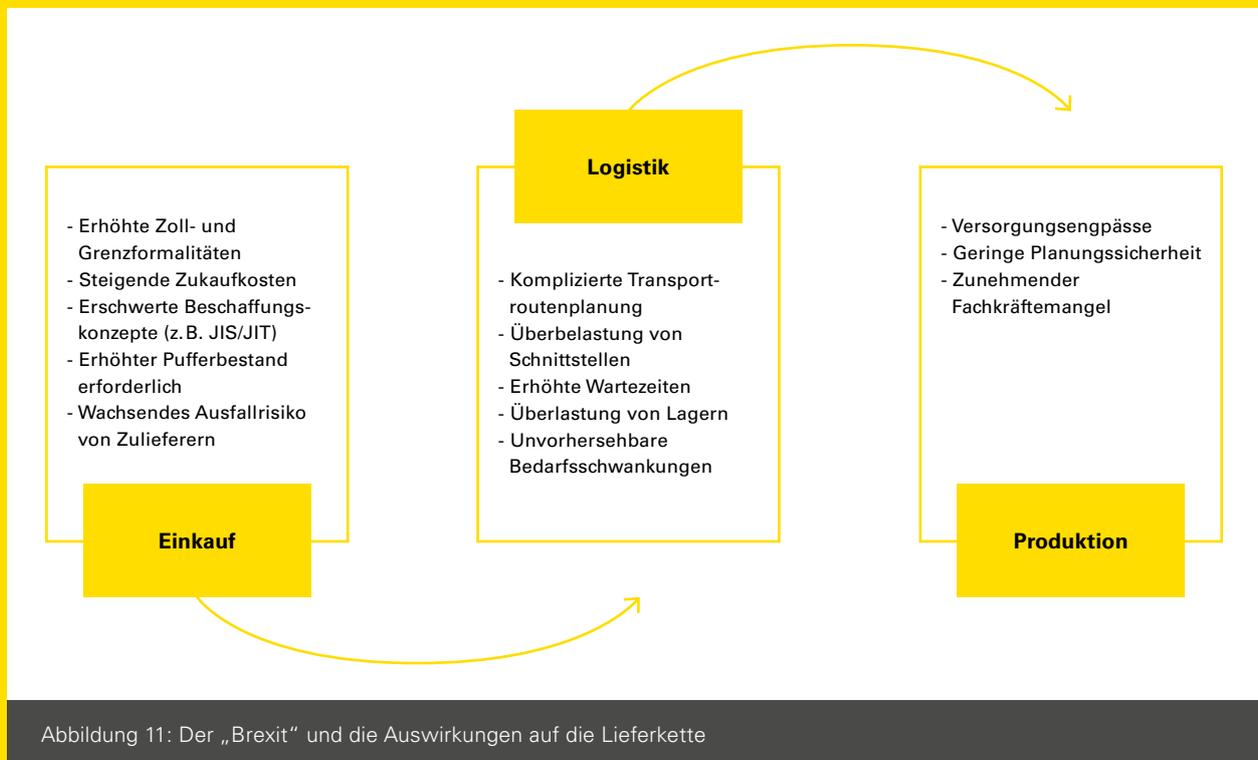


Abbildung 11: Der „Brexit“ und die Auswirkungen auf die Lieferkette

Einige dieser prognostizierten Folgen bzw. Anforderungen für die Automobilindustrie werden von einzelnen deutschen Automobilherstellern und -zulieferern als Risiken für wirtschaftliches Handeln in ihren Geschäftsberichten aufgegriffen.

„Als Maßnahmen gegen die aktuellen Herausforderungen des Brexits wurden Sicherheitsbestände adäquat aufgebaut, die Flexibilität in der Lieferkette erhöht und spezifische IT-Lösungen für die finanziellen und auch die logistischen Abwicklungen etabliert. Zusätzlich kann die Verfügbarkeit von Produkten insbesondere bei den Produktionsanläufen neuer Fahrzeugprojekte eingeschränkt sein, die durch entsprechende Qualitätsmanagement-Prozesse überwacht und gesichert werden.“ (BMW AG, 2021b)

„Zudem gehen damit grundlegende Veränderungen in den Beziehungen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich einher, wie zum Beispiel zeitaufwändige Zollverfahren im grenzüberschreitenden Güterhandel. Durch lange Wartezeiten im Grenzverkehr konnte es in der Folge zu Lieferverzögerungen kommen. Außerdem konnten mögliche Zollzahlungen, falls die geforderten Ursprungsregeln nicht erfüllt werden können, zu Druck auf Fahrzeugpreise oder Margen führen.“ (Daimler AG, 2021a)

„Negative Einflüsse resultierten außerdem aus drohenden US-Strafzöllen auf europäische Fahrzeuge und aus dem ungewissen Ausgang der Verhandlungen über den Austritt Großbritanniens aus dem EU-Binnenmarkt und der damit verbundenen Ausgestaltung der zukünftigen Beziehungen sowie aus dem seit Mai 2020 gestiegenen Kurs des Euro gegenüber dem US-Dollar.“ (Volkswagen AG, 2021b)

„Zur Koordination der Brexit-Vorbereitungen wurde bei Bosch bereits 2018 eine geschäftsbereichsübergreifende Task-Force eingerichtet. Für einen reibungslosen Übergang sind Maßnahmen wie die Umstellung der IT-Systeme im Bereich Finance und Accounting, die Analyse und Absicherung der Zulieferketten sowie die Sicherstellung der zollrechtlichen Anforderungen umgesetzt worden.“ (Bosch, 2021a)

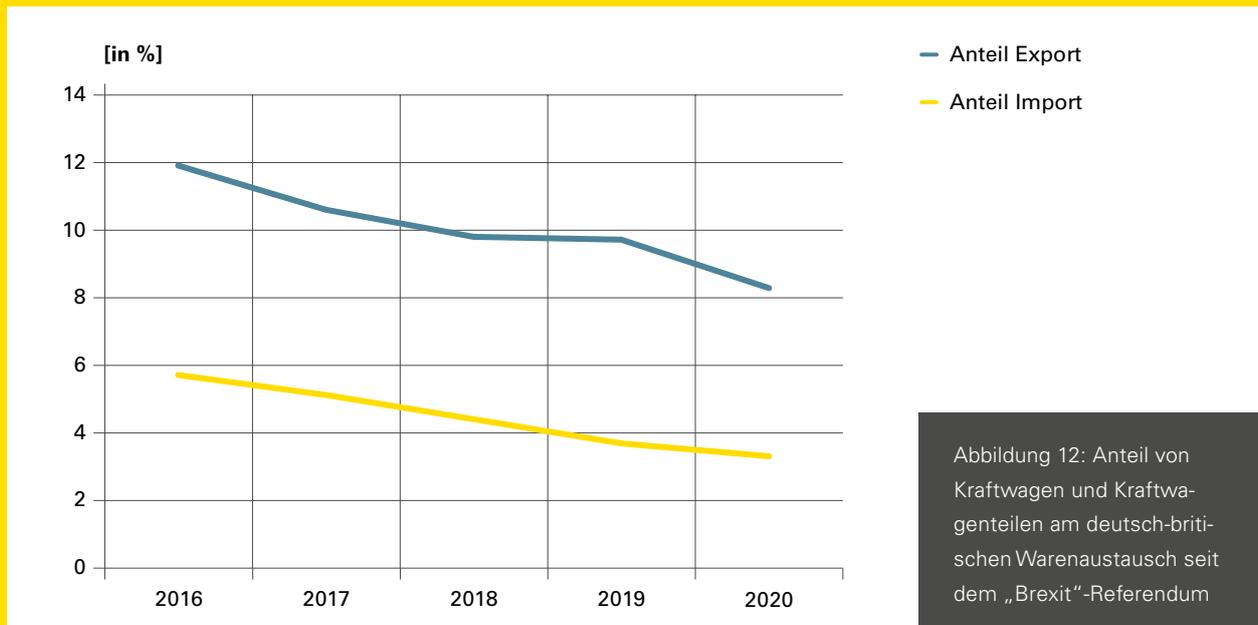
„Diplomatische Anspannungen und protektionistische Tendenzen zwischen einzelnen Ländern können zu volatilen Finanzmärkten sowie ungünstigen Entwicklungen auf den globalen Märkten führen. So erwarten wir weiterhin Zölle und Handelshemmnisse in Verbindung mit dem EU-Austritt

des Vereinigten Königreichs (...). Die Entwicklung rund um den Brexit und die US-Handelspolitik werden in fachübergreifenden Projekten kontinuierlich verfolgt, um Reaktionsmaßnahmen zu ergreifen.“ (ZF, 2021a)

Der „Brexit“ beschäftigt auch britische Automobilhersteller, Rolls-Royce schreibt beispielsweise:

„Geopolitical factors that lead to an unfavourable business climate and significant tensions between major trading parties or blocs which could impact the Group's operations. Examples include: changes in key political relationships; explicit trade protectionism, differing tax or regulatory regimes, potential for conflict or broader political issues; and heightened political tensions. (...) We horizon scan for political implications and dependencies including around Brexit.“ (Rolls-Royce, 2021)

Die britische und die deutsche Automobilindustrie sind stark miteinander verbunden (VDA, 2020f). Das Vereinigte Königreich ist für die deutsche Automobilindustrie der wichtigste Exportmarkt für Fahrzeuge im europäischen Raum, im Jahr 2020 wurden rund 391.000 Pkw exportiert (VDA, 2021f). Doch die Exportquote ist seit dem Referendum kontinuierlich gesunken, mit den exportierten Pkw 2020 hat sich die Quote seit 2016 halbiert. Auch insgesamt nimmt der Anteil von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen am deutsch-britischen Gesamthandelsvolumen seit 2016 ab: Während Fahrzeuge und Fahrzeugteile 2016 noch rund ein Viertel (27%) umfassten, sank dieser Anteil 2020 auf knapp 19%. Durchschnittlich ist der Exportanteil von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen nach UK seit 2016 jährlich um ca. 12% gesunken und damit stärker als der Gesamtexport (ca. -5%) über den Ärmelkanal (Lehnfeld, 2021). Dieser sinkende Trend zeigt sich auch am deutsch-britischen Handelsanteil des Gesamtwarenaustausches von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen.



Die rund 100 Standorte der deutschen Automobilindustrie im Vereinigten Königreich verdeutlichen die Verbindung zwischen den zwei nationalen Industriezweigen. Sowohl BMW (Produktionsstandorte: 7), Volkswagen (1) und Mercedes-Benz (3) produzieren im Vereinigten Königreich. Auch die deutschen Automobilzulieferer sind im Vereinigten Königreich vertreten. Den größten Anteil an Produktionsstandorten im Vereinigten Königreich machen die Automobilzulieferer aus. (VDA, 2020f).

Auch auf der Ebene der Beschäftigten wird die historisch gewachsene enge Verflechtung von Deutschland und dem Vereinigten Königreich in der Automobilindustrie deutlich. In den deutschen Branchen der Automobilindustrie und des Maschinenbaus sind Beschäftigte angestellt, die direkt vom Export in das Vereinigte Königreich abhängig sind (Schrader und Jessen-Thiesen, 2021). In Baden-Württemberg waren beispielsweise 2019 rund 5% der Automobilbeschäftigten und knapp 3% der Beschäftigten im Maschinenbau vom Export in das Vereinigte Königreich abhängig (Schrader und Jessen-Thiesen, 2021).

Anhand der Ergebnisse der Herbstumfrage (2021) der Deutsch-Britischen Industrie- und Handelskammer zeigen sich unterschiedliche Bewertungen der Wirtschaftslage (AHK, 2021): Die befragten Unternehmen betrachten ihre eigenen Tätigkeiten optimistisch, so beurteilen 50% die Entwicklung ihrer Aktivitäten als positiv, 34% als stabil.

Die Hälfte der Unternehmen will daher neue Arbeitsplätze schaffen und ein Drittel seine Investitionen erhöhen. Dagegen betrachten die Unternehmen die Entwicklung der gesamten Wirtschaftslage im UK eher vorsichtig: Mehr als die Hälfte geht davon aus, dass sich die wirtschaftliche Lage erst nach mindestens neun Monaten verbessert haben wird. Als größte Herausforderungen werden die „Zollformalitäten“ von den Themen „Logistik“, „Fachkräftemangel“ und „Lieferengpässe“ abgelöst (im Vergleich zu vorherigen Befragungen). Dennoch geben 34% der Unternehmen an, auf Unterstützung bei Zollfragen angewiesen zu sein. Die Kammer bewertet die Umfrageergebnisse insgesamt als eine vorsichtige Einschätzung der Unternehmen, da die Sekundäreffekte der Coronapandemie und des „Brexit“ (z. B. Fachkräftemangel und Lieferprobleme) nun stärker wirken (AHK, 2021).

Zusätzlich ist noch nicht absehbar, wie die Regulierungs- und Zulassungsanforderungen bei Fahrzeugen in Folge des „Brexit“ ausgestaltet werden: Im Vereinigten Königreich waren diese Regulierungen bisher an EU-rechtliche Standards geknüpft – welche Entwicklungen in diesem Bereich auf die deutschen OEM und Zulieferer zukommen werden, ist noch offen.

2.2 Auslandsproduktion baden-württembergischer Hersteller

Neben dem Export der an baden-württembergischen bzw. deutschen Standorten produzierten Pkw und – in geringerem Umfang – Pkw-Teile verlagern OEM und Zulieferer seit Jahrzehnten Produktion in die beiden anderen großen Weltmarktregionen (Nord-)Amerika und Asien (insbesondere China). Weltweit stammt etwa ein Fünftel der produzierten Fahrzeuge von deutschen Herstellern.

Hersteller	Pkw-Produktion 2020	Veränderung 2020 zu 2019	Anteil an der Weltproduktion 2020
Volkswagen	6.533.928	-20%	9,9%
BMW	2.255.637	-12%	3,4%
Daimler	2.171.003	-14%	3,3%
Audi	1.664.265	-8%	2,5%
Ford Deutschland	316.645	-36%	0,5%
Porsche	263.206	-4%	0,4%
Opel	121.652	-43%	0,2%
Deutsche Hersteller insgesamt	13.326.336	-17%	20,2%

Quelle: VDA, 2021b

Tabelle 6: Anteile deutscher Hersteller an der weltweiten Pkw-Produktion im Jahr 2020

Der hohe Anteil deutscher Hersteller beruht auf dem Ausbau der Produktionskapazitäten im Ausland. Schon seit 2010 produzieren deutsche Hersteller mehr Pkw im Ausland als im Inland. Während die Gesamtproduktion deutscher Hersteller weltweit 2020 als Folge der Covid-19-Pandemie nur um knapp 17 % zurück gegangen ist, sank die Inlandsproduktion sogar um knapp 25 %. Der starke Produktionsrückgang in Europa hängt mit dem Rückgang des europäischen Neuwagenmarktes (-24 %) zusammen. Betroffen waren vor allem kleinere Fahrzeuge: Bei Pkw der Oberklasse und Geländewagen sank die Produktion von 2019 auf 2020 etwas weniger (-21 % bzw. -17 %), bei Sportwagen stieg sie sogar um 17 % an.

Deutsche Hersteller produzieren im Ausland mittlerweile 74 % ihrer Gesamtproduktion (2019 waren es noch 71 %, eigene Berechnungen nach Daten des VDA). In Amerika werden 1,6 Mio. Pkw von deutschen Herstellern produziert (USA 742.000 Fahrzeuge, Brasilien 306.000 Fahrzeuge). China ist mit einer Produktion von 4,8 Mio. Fahrzeugen der wichtigste Auslandsstandort (VDA, 2021b) Die wichtigsten baden-württembergischen Hersteller Daimler und Porsche haben mit etwa 40 % und 68 % gegenüber anderen Herstellern einen deutlich höheren Anteil der Inlandsproduktion, der jedoch im Zeitablauf sinkt.

Hersteller	2017	2019	2020
Daimler			
Inlandsproduktion	1.131.316	1.053.596	782.764
Auslandsproduktion	1.417.826	1.482.436	1.388.239
Audi			
Inlandsproduktion	731.119	618.817	495.325
Auslandsproduktion	1.148.721	1.183.256	1.168.940
Porsche			
Inlandsproduktion	255.016	178.944	181.069
Auslandsproduktion	-	95.171	82.137
Volkswagen			
Inlandsproduktion	1.459.380	1.180.969	869.842
Auslandsproduktion	6.788.098	6.975.052	5.664.086
Deutsche Hersteller gesamt			
Inlandsproduktion	5.645.584	4.663.749	3.515.488
Auslandsproduktion	10.830.092	11.379.606	9.810.848

Quelle: VDA, 2021c

Tabelle 7: Produktionszahlen ausgewählter Hersteller im In- und Ausland 2017, 2019 und 2020

Der Aufbau von Vertriebs- und Produktionskapazitäten in den Weltmarktregionen wird sich fortsetzen, weil sich die drei Weltmarktregionen Europa, (Nord-)Amerika und Asien zunehmend ausdifferenzieren. Das ursprüngliche Exportmodell von deutscher Produktion und deutschen Gütern, die weltweit exportiert werden, verschiebt sich zu einer Produktion von Fahrzeugen in den Weltmarktregionen selbst (Bratzel et al., 2015; VDA, 2021b). Produktions- und Standortstrategien werden ausführlicher in den Kapiteln 5 und 6 dargestellt.

Mit dieser zunehmenden Lokalisierung der Produktion reagieren die OEM zum einen auf die politische Forderung nach „Local Content“ beispielsweise in China und in den USA. Zum anderen treibt die zunehmende Anpassung von Fahrzeugen und Maschinen an spezifische Kundenanforderungen der jeweiligen Märkte den weltweiten Produktionsaufbau an. So hat sich das von einigen Herstellern Anfang des Jahrtausends angestrebte „Weltauto“ bislang nicht umsetzen lassen (Wimmer et al., 2010). Vielmehr ist die Modellvielfalt in den letzten beiden Jahrzehnten stark gestiegen, auch weil global agierende OEM ihre Marken und Modelle an regionale Marktanforderungen anpassen (Hab und Wagner, 2010; Veloso, 2000; Kampker et al., 2019). Mit dieser Modellvielfalt ist die Komplexität der Produktion gestiegen. Die Ausdifferenzierung der Weltmarktregionen wiederum soll den Komplexitätsanstieg für die OEM begrenzen. Baden-württembergische Standorte könnten damit allerdings zukünftig weniger vom Wachstum des asiatischen

Markts profitieren als bislang. Schon heute stammen nur 5 % der von deutschen Herstellern in China abgesetzten Fahrzeuge aus deutscher Produktion, der allergrößte Teil wird direkt dort gefertigt (VDA, 2021b).

Neben dem Aufbau zunehmend eigenständiger Produktionsnetzwerke in den drei Weltmarktregionen lässt sich innerhalb Europas eine zweite Internationalisierungsstrategie der Automobilindustrie beobachten und belegen: In den letzten 20 bis 25 Jahren – seit der Öffnung des Ostblocks – wird Wertschöpfung zunehmend in kostengünstigere mittel- und osteuropäische Länder verlagert (e-mobil BW, 2019a; Schwarz-Kocher et al., 2019), in sogenannte „Low-Cost“ oder „Best-Cost Countries“ (LCC oder BCC). Zulieferer und OEM haben seit den 1990er Jahren erste Standorte beispielsweise in Ungarn aufgebaut. Hier steht das Motiv der internationalen Arbeitsteilung und damit der Nutzung von Kostenvorteilen im Vordergrund, um Renditeerwartungen und steigende Innovations- und Investitionskosten abzudecken (Dispan et al., 2021; Geröcs und Pinkasz, 2019; Blöcker, 2015). Eine ähnliche Verlagerung in günstigere Länder lässt sich auch in Amerika beobachten.

Im Zuge dieser Internationalisierung wird seit deren Beginn – also etwa seit Mitte der 1990er Jahre – über die Arbeitsteilung entlang der Wertschöpfungsketten und vor allem über die Rollen baden-württembergischer Standorte diskutiert. Mit dem Produktionsaufbau in LCC war und ist die Befürchtung ver-

bunden, dass in Baden-Württemberg vor allem Innovationszentren und Leitwerke sowie Koordinierungsfunktionen der globalen Konzerne verbleiben. Doch bis heute ist das baden-württembergische Automobil- und Produktionscluster weiterhin von einem engen regionalen Zusammenhang geprägt. Zentrale Standortfaktoren sind hier die räumliche Nähe zum Kunden – also der Zulieferer zu den Montagewerken der OEM – und die „produktionsbasierte Produktinnovation“ als spezifische Ausrichtung des baden-württembergischen Clusters (Schwarz-Kocher et al., 2019).

Die Internationalisierung der Wertschöpfung gilt in der Automobilindustrie und im Maschinenbau seit langem als ein Baustein der Wettbewerbsfähigkeit (vgl. Kinkel und Zanker, 2007) und wird von beiden Branchen vorangetrieben. Etwa genauso lange besteht auch die Diskussion darüber, ob dadurch Arbeitsplätze an baden-württembergischen Standorten wegfallen (vgl. z. B. Dispan et al., 2021). Der anhaltende Arbeitsplatzaufbau in der baden-württembergischen Automobilindustrie und im Maschinenbau spricht dafür, dass die Nutzung dieser Kostenvorteile die Wettbewerbsfähigkeit der beiden Branchen gestärkt hat. Die Zahl der Produktionsarbeitsplätze hat allerdings kontinuierlich abgenommen. Das Lohn- und Kostenniveau osteuropäischer Standorte wird bei Entscheidungen über die Fertigung an baden-württembergischen Standorten oder bei der Auftragsvergabe an Zulieferer mittlerweile vorausgesetzt; die Produktion an deutschen Standorten ist dann oft nicht mehr kostendeckend möglich (Schwarz-Kocher et al., 2019). In der Überlagerung der Covid-19-Pandemie und der anhaltenden wirtschaftlichen Belastung durch die Transformation haben jedoch in den letzten beiden Jahren Ankündigungen zur Verlagerung von Arbeitsplätzen in der Automobilindustrie wieder zugenommen.

In der Pkw-Produktion – also für die OEM – bleibt Deutschland mit Abstand der wichtigste Produktionsstandort in Europa. Gestützt durch die hohen Exportzahlen liegt Deutschland im globalen Vergleich bei der Produktion von Fahrzeugen hinter China, den USA und Japan auf dem vierten Platz (VDA, 2021b). Neben 3,5 Mio. Fahrzeugen in der Inlandsproduktion stammten 2020 9,8 Mio. Pkw aus der Auslandsproduktion deutscher Hersteller (–2,2 Mio. Stück seit 2017). Größte Pkw-Produktionsstandorte im europäischen Ausland waren 2020 die Tschechische Republik (750.000 Pkw) und Spanien (658.000 Pkw); es folgen Ungarn (312.000 Pkw), die Slowakei (309.000 Pkw), Portugal (192.000 Pkw), Großbritannien (190.000 Pkw) und Russland (182.000 Pkw) (VDA, 2021b). In China wurden 2020 19,6 Mio. Einheiten produziert (VDV, 2021b), es ist der

größte Produktionsstandort der Welt. Davon stammen 4,8 Mio. Fahrzeuge (24 %) aus der Produktion deutscher Hersteller in China.

Zum Größenvergleich

Der Umsatz aus eigenen Erzeugnissen – das entspricht etwa dem eigenen Produktionswert – der baden-württembergischen Automobilindustrie lag 2018 bei 81 Mrd. EUR, eine Größenordnung von rund 8 % der gesamten EU-Produktion.

Der Anteil Deutschlands an der EU-Produktion lag 2019 bei etwa 20 % (Eurostat, 2021b), wobei der deutsche Anteil an Produkten der Zulieferer mit gut 30 % deutlich über dem Anteil an Produkten der Hersteller lag (14 %).

Die Verteilung des Produktionswerts auf die europäischen Länder weicht etwas davon ab – hier können sich interne Verrechnungen in multinationalen Konzernen auswirken. 2018 lag der Gesamtwert der Automobilproduktion in den 28 EU-Ländern bei 0,98 Mrd. EUR (Eurostat, 2021a). Deutschlands Anteil daran lag bei 41 %, mit deutlichem Abstand folgten Frankreich (10 % des europäischen Produktionswertes), Vereinigtes Königreich (8 %), Italien und Spanien (jeweils 7 %), die Tschechische Republik (5 %), Polen (4 %), Slowakei und Ungarn (jeweils 3 %) sowie Österreich und Rumänien (jeweils 2 %). Von 2008 bis 2018 ist der Produktionswert in der EU um 36 % gewachsen, bei diesem Durchschnittswert liegen auch die Zunahmen des deutschen, des französischen und des britischen Produktionswertes. Während jedoch andere westeuropäische Länder geringere Zuwächse haben (Spanien +27 %, Italien +21 %), liegen osteuropäische Länder zum Teil deutlich darüber: Ungarn +64 %, Polen +50 %, Rumänien +263 %, Slowakei +129 %. Dadurch sinkt der Anteil Deutschlands leicht im Zeitvergleich, er lag 2011 noch bei rund 45 % der europäischen Produktion.

Diese Internationalisierung spiegelt sich auch in den europäischen Beschäftigtenzahlen wider, die als Anhaltspunkt für die Lokalisierung der Wertschöpfung dienen können. Mit gut 2,6 Mio. Beschäftigten (Stand 2018, Eurostat, 2021a) stellt der Wirtschaftszweig „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ etwa 2 % aller europäischen Beschäftigten. In Deutschland ist der Anteil des Wirtschaftszweigs mit einem Anteil von fast 3 % an allen deutschen Beschäftigten etwas

höher. Deutlich darüber liegen allerdings einige osteuropäische Länder: Tschechische Republik rund 5 %, Ungarn fast 4 %, Rumänien ca. 5 %, Slowakei ca. 5 % und Serbien ca. 4 %. Die Automobilindustrie Deutschlands bzw. Baden-Württembergs hat mit über 900.000 Beschäftigten bzw. über 200.000 Beschäftigten einen erheblichen Anteil an der europäischen Beschäftigung dieser Branche (Deutschland: gut ein Drittel, Baden-Württemberg noch fast 8 %). Danach folgen Frankreich mit etwa 9 %, Polen mit 8 %, Rumänien, Bulgarien und die

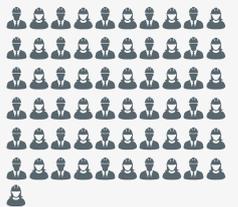
Tschechische Republik mit je ca. 7 % sowie Italien, Spanien und das Vereinigte Königreich mit je 6 %. Zusammen stellen diese Länder gut 80 % der europäischen Beschäftigung. Wie beim Anteil des Produktionswertes nimmt auch der Beschäftigungsanteil Deutschlands an der europäischen Beschäftigung im längerfristigen Vergleich leicht ab (zwischen 2011 und 2018 von 35 % auf 33,5 % für die Länder der EU 28) (siehe Anhang 1).

Land/Region	Beschäftigte 2018	Anteil an EU-Beschäftigten 2018	Anteil an EU-Beschäftigten 2011	Beschäftigung 2011 zu 2018	Anteil Kfz-Beschäftigte an Beschäftigten des Landes 2018
EU 28	2.742.420	-	-	+22,5%	1,8%
Deutschland	919.002	33,5%	35,0%	+17,2%	3,0%
Frankreich	238.666	8,7%	10,0%	+6,5%	1,5%
Italien	177.908	6,5%	7,6%	+5,3%	1,2%
Spanien	161.721	5,9%	6,2%	+15,7%	1,3%
Österreich	38.873	1,4%	1,2%	+27,9%	1,3%
Bulgarien	23.836	0,9%	0,6%	+86,0%	1,2%
Vereinigtes Königreich	166.228	6,1%	5,8%	+28,9%	0,8%
Tschechische Republik	181.488	6,6%	6,6%	+23,0%	4,8%
Kroatien	2.910	0,1%	k. A.	k. A.	0,3%
Ungarn	101.908	3,7%	3,0%	+53,5%	3,6%
Polen	214.642	7,8%	6,9%	+39,4%	2,2%
Rumänien	194.787	7,1%	5,6%	+56,1%	4,8%
Slowenien	15.888	0,6%	0,6%	+22,6%	2,4%
Slowakei	80.963	3,0%	2,6%	+41,0%	4,9%

Quelle: Eurostat, 2020a; eigene Berechnungen

Tabelle 8: Bedeutung der Beschäftigung in der Branche „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ in ausgewählten Ländern der EU 2018 und Beschäftigungswachstum 2011 bis 2018 (Visualisierung in der folgenden Karte)

Zahl der Kfz-Beschäftigten und Wachstum 2011 bis 2018 in Europa



Deutschland **+17,2 %**



Frankreich **+6,5 %**



Italien **+5,3 %**



Spanien **+15,7 %**



Österreich **+27,9 %**



Bulgarien **+86,0 %**



Vereinigtes Königreich **+28,9 %**



Tschechische Republik **+23,0 %**



Ungarn **+53,5 %**



Polen **+39,4 %**



Rumänien **+56,1 %**

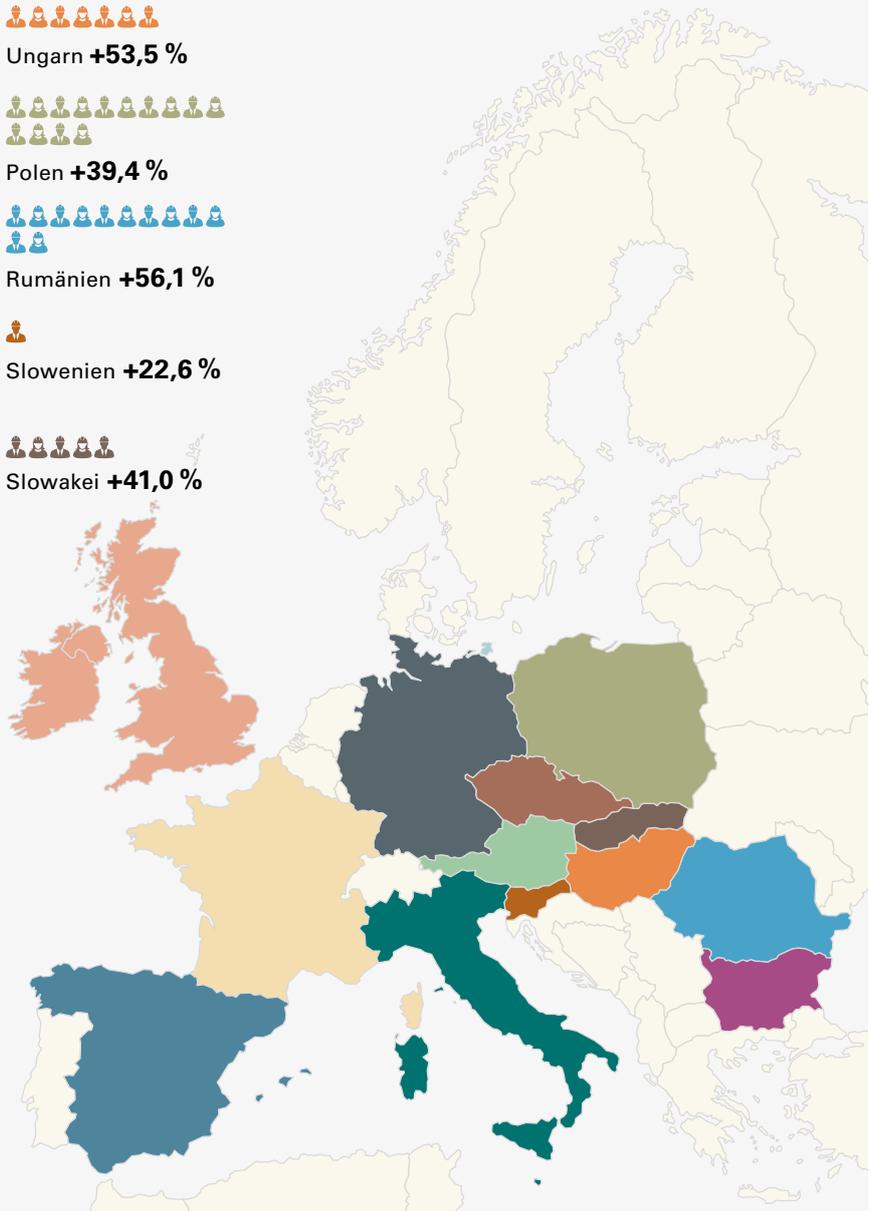


Slowenien **+22,6 %**



Slowakei **+41,0 %**

[1 Figur = 15.000 Beschäftigte]



zu Tabelle 8: Visualisierung der Beschäftigtenzahlen 2018 und des Beschäftigungswachstums 2011 bis 2018 in ausgewählten Ländern der EU

Quelle: DLR und IMU Institut, eigene Darstellung nach Eurostat 2020a, eigene Berechnungen, Bildquelle Europakarte: © markttribe

Zum Vergleich

Nach Angaben des Statistischen Jahrbuchs der Volksrepublik China hatte der Maschinenbau 2018 etwa 3,7 Mio. Beschäftigte, die Automobilindustrie etwa 2,4 Mio. Insgesamt werden für China 42 Mio. Beschäftigte angegeben (National Bureau of Statistics of China, 2019: Tabellen 13-4 und 13-6). Hierbei wird es sich um abhängig Beschäftigte handeln, die Zahl der Erwerbspersonen (also der Personen ab 15 Jahren) liegt bei 801 Mio. (Datenquelle ILOSTAT, veröffentlicht in Statistisches Bundesamt 2020)

In der Europäischen Union⁶ ist die Beschäftigung in der Automobilindustrie von 2010 bis 2018 um etwa ein Viertel gewachsen – ein geringerer Anstieg als beim Produktionswert – und betrug 2018 über 2,7 Mio. Beschäftigte (EU 28). Bei den Wachstumsraten zeigen sich merkbare Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern: So hat sie sich in Ländern wie Bulgarien und Lettland verdoppelt, in Litauen sogar verdreifacht. In anderen Ländern wie Belgien und der Schweiz ist sie um etwa ein Zehntel gesunken. Deutschland liegt mit einem Beschäftigungsplus von 22 % etwas unter dem europäischen Wachstum.

Diese Verlagerung der Produktion ins Ausland lässt sich vor allem bei der Zuliefererindustrie nachvollziehen, wie der beispielhafte Vergleich des Beschäftigungsaufbaus bei der Robert Bosch GmbH und bei der Daimler AG in den letzten zehn Jahren zeigt.

Beispiel Robert Bosch GmbH

Der weltgrößte Automobilzulieferer hatte zum Jahresende 2020 weltweit insgesamt 395.034 Beschäftigte, davon 58 % in dem Geschäftsbereich Mobility Solutions. Mit einem Anteil von 33 % liegt der Beschäftigungsschwerpunkt weiterhin in Deutschland, auf die übrigen europäischen Länder entfallen 29 %, auf Asien weitere 27 %, Amerika hat einen Anteil von 11 % der Beschäftigten.

Gegenüber 2008 hat Bosch fast 127.000 Beschäftigte aufgebaut, ein Plus von 48 %. Die Beschäftigtenzahl in Deutschland hat in diesem Zeitraum allerdings nur um knapp 20 % zugenommen, die in Europa um 50 %. In Asien betrug der Beschäftigungsaufbau dagegen 135 %. Entsprechend gesunken ist der Anteil Beschäftigter in Deutschland, der 2008 noch bei 41 % lag (Asien: 17 %). (Quelle: Jahresabschlüsse für 2020 und 2008 der Robert Bosch GmbH Stuttgart; Robert Bosch GmbH, 2021a und 2009)

Beispiel Daimler AG

Hier verlief der Beschäftigungsaufbau ganz anders als bei Bosch. 2020 hatte die Daimler AG weltweit rund 293.000 Beschäftigte, 2019 waren es noch 300.000 Beschäftigte, davon 58 % in Deutschland, 15 % in den übrigen europäischen Ländern, 12 % in Amerika und nur 5 % in Asien. Etwa 10 % der Beschäftigten werden für die übrige Welt angegeben.

Von 2008 bis 2019 betrug der Beschäftigungsaufbau der Daimler AG nur etwa 10 %; der Anteil der Beschäftigten in Deutschland ist leicht von 61 % auf 58 % zurückgegangen, auch die Anteile auf den anderen Kontinenten haben sich nur um wenige Prozentpunkte verändert. Die starke Internationalisierung spiegelt sich bei diesem OEM nicht in einer entsprechenden Veränderung der Beschäftigungsschwerpunkte wider. Allerdings fehlen in den Angaben des Konzernabschlusses möglicherweise Beschäftigte aus chinesischen Gemeinschaftsunternehmen, die die Differenz zwischen dem niedrigen Beschäftigtenanteil und dem deutlich höheren Anteil in China produzierter Pkw erklären würde. (Quelle: Jahresabschluss der Daimler AG für 2008, 2019 und 2020; Daimler AG, 2021a und 2020a, Zeitraum vor der Konzernaufteilung)

6 | Die Europäische Union umfasste von 2013 bis 2020 28 Mitgliedsstaaten, davor und ab 2020 mit dem Austritt Großbritanniens/des Vereinigten Königreichs waren bzw. sind es 27 Mitgliedsstaaten. Die verfügbaren Beschäftigendaten beziehen sich auf unterschiedliche Länderzugehörigkeiten in der EU und sind nicht für lange Zeitreihen verfügbar.

Das überdurchschnittliche Beschäftigungswachstum osteuropäischer Länder wird vor allem durch Produkte der Zuliefererindustrie erzielt, wie die Verteilung der Produktionsanteile im Vergleich ausgewählter europäischer Länder zeigt.

Land/Region	Kraftwagen und Kraftwagenteile	Kraftwagen und -motoren	Kraftwagenteile	Lithium-Ionen-Akkus	Traktionsmotoren*
EU 28	>1%	>1%	1%	k. A.	k. A.
Deutschland	4,2%	1,8%	9,0%	k. A.	k. A.
Frankreich	20,3%	14,5%	31,7%	13%	18%
Italien	6,9%	7,4%	6,4%	k. A.	k. A.
Spanien	4,7%	6,4%	k. A.	k. A.	15%
Österreich	<1%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Bulgarien	5,0%	4,4%	6,2%	k. A.	5%
Vereinigtes Königreich	3,0%	2,7%	4,0%	36%	1%
Tschechische Republik	<1%	k. A.	1,5%	14%	k. A.
Kroatien	3,0%	1,2%	6,3%	k. A.	7%
Ungarn	1,0%	0,0%	2,5%	k. A.	k. A.
Polen	1,6%	<1%	4,9%	k. A.	k. A.
Rumänien	<1%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Slowenien	3,5%	3,4%	4,2%	k. A.	k. A.
Slowakei	6,8%	8,2%	4,3%	k. A.	k. A.
Serbien	<1%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Tabelle 9: Produktionsanteile für exemplarische Komponenten und ausgewählte Länder Europas

Quelle: Eurostat, 2021; eigene Berechnungen
 * Finnland hat bei Traktionsmotoren einen Anteil von 10%, bei Kraftfahrzeugmotoren und -teilen aber keine Anteile.
 Anteil am Produktionswert 2019 in EUH, für Komponenten der Leistungselektronik sind keine Angaben verfügbar.

Ein starker Treiber für diese Internationalisierung innerhalb Europas sind Kostenvorteile bzw. die damit erreichbaren Gewinnsteigerungen innerhalb multinationaler Konzerne (Geröcs und Pinkasz, 2019). Im anhaltenden Kostendruck nutzen die OEM und die Zulieferer Lohnkostenunterschiede zu Branchen beziehungsweise Regionen mit niedrigerem Lohnkostenniveau für eigene Kostenvorteile. Schon in Deutschland können diese Unterschiede bis zu 20 % betragen (vgl. vbw, 2019). Noch größere Kostenvorteile ergeben sich durch die internationale Arbeitsteilung: Die Arbeitskosten werden immer wieder als ein wesentlicher Grund für Produktionsverlagerungen ins Ausland angegeben (z. B. VDA, 2021a; IW, 2019 oder industrieALL, o. J.). In Lohnkostenvergleichen sind in Deutschland die Arbeitskosten mit über 40 EUR pro Stunde (IW 2019; der VDA, 2021b, gibt die Kosten einer Arbeitsstunde mit 55 EUR an) auch im Vergleich mit anderen europäischen Ländern hoch, wichtige Importländer der baden-württembergischen Automobilindustrie liegen laut VDA teilweise deutlich darunter: Italien ca. 30 EUR/h, Tschechische Republik und Ungarn mit jeweils unter 17 EUR/h, Slowakei ca. 15 EUR/h und Rumänien unter 9 EUR/h (vgl. Anhang 2). Rumänien liegt bei den Arbeitskosten fast auf dem Niveau des Verarbeitenden Gewerbes in China (etwa 7 EUR/h, vgl. vbw, 2019; IW, 2021 und 2019)⁷.

Für die Wirtschaftlichkeit einer Verlagerung sind neben den Arbeits- bzw. Lohnkosten auch Transportkosten und -dauer sowie Qualität und Termintreue zu berücksichtigen. Für den OEM zählen die „Landed Costs“, also Teilekosten einschließlich der Frachtkosten bis zur Anlieferung ans Werk (vgl. Schwarz-Kocher et al., 2019). Für Zulieferer ist gerade bei großen Teilen wie Getriebe- oder Motorgehäusen die räumliche Nähe zum Kunden – in der Regel dem Montagewerk des OEM – ein wichtiger Vorteil. Baden-württembergische Zulieferstandorte haben darauf teilweise schon reagiert, indem sie sich auf (größere) Teile spezialisiert haben. Die Nähe der Zulieferer schlägt sich über die Frachtkosten im Teilepreis nieder und fließt damit in Entscheidungen über die Auftragsvergabe ein. Frachtkostenvorteile können zumindest teilweise höhere Arbeitskosten an deutschen Standorten ausgleichen. Die Frachtkosten selbst hängen wesentlich von der Teilegröße bzw. der Stückzahl pro Transporteinheit sowie bei lagerloser Belieferung (Just-in-Time) (s. Kapitel 6) von deren Zuverlässigkeit ab (vgl. Schwarz-Kocher et al., 2019; VDA, 2008). Die räumliche Nähe ist beispielsweise bei Gussteilen wie Motorblö-

cken, bei Sitzen oder bei Lkw-Teilen relevant. Ein Einkaufsleiter eines OEM bezifferte den Anteil derjenigen Teile, bei denen der Transportaufwand ausschlaggebend ist, auf 40 % (vgl. Schwarz-Kocher et al., 2019). Auch der VDA setzt bei der zukünftigen Automobilproduktion auf die räumliche Nähe zwischen OEM und dessen Lieferanten (VDA, 2021i). Das gilt perspektivisch auch für schwere Batteriepacks.

Die Kostenvorteile aus der internationalen Arbeitsteilung erweisen sich als ambivalent: Einerseits verhelfen sie den baden-württembergischen Unternehmen zu ihrer wirtschaftlichen Stärke, andererseits werden baden-württembergische und internationale Standorte im Vergleich von Produktionskosten miteinander verglichen. Die Verlagerung der Produktion ist schon in einem großen Umfang vollzogen und setzt sich weiter fort.

„Schon seit vielen Jahren sinkt die Produktion von Klein- und Kompaktwagen in Deutschland. Hierfür sind vor allem die sehr hohen Arbeitskosten, die ja zu einem großen Teil von den erheblichen Lohnzusatzkosten herrühren, verantwortlich.“ „Zusätzlich gibt es seit vielen Jahren einen starken Trend hin zu effizienten Kompakt-SUV. Die Produktion neuer Modelle in diesem Bereich wurde von den deutschen OEM zuletzt vor allem im europäischen Ausland angesiedelt.“ (VDA, 2021b)

Schon 2016 ergab eine Betriebsrätebefragung bei Automobilzulieferern, dass bei etwa einem Drittel der Betriebe eine Produktionsverlagerung mit Beschäftigungsabbau verbunden ist (Schwarz-Kocher et al., 2019).

Eine Verlagerungsrechnung für die Produktion von Lkw-Teilen von einem baden-württembergischen an einen osteuropäischen Standort wird hier exemplarisch dargestellt. Die Zahlen stammen aus einem anonymisierten Beratungsbeispiel des IMU Instituts und bilden die vom Arbeitgeber gegenüber dem Betriebsrat geäußerten Annahmen ab.

⁷ | Diese Angaben verdeutlichen die breite Spanne der Größenordnung, in der sich die Arbeitskosten bewegen. Internationale Vergleiche sind beispielsweise wegen unterschiedlich langer Arbeitszeiten, Sozialversicherungsabgaben oder Lohnbestandteilen schwierig.

Kostenart	Standort Baden-Württemberg	Standort Osteuropa
Entgelte für Beschäftigte	3,2 Mio. EUR/a für 38 Beschäftigte	0,73 Mio. EUR/a für 38 Beschäftigte
Einmalkosten Verlagerung	-	0,87 Mio. EUR
Aufbau Fabrik	-	0,55 Mio. EUR
Materialkosten	ca. 13 Mio. EUR	ca. 13 Mio. EUR
Transportkosten zum Werk	0,125 Mio. EUR	0,25 Mio. EUR
Frachtkosten zum Kunden	ca. 0,077 Mio. EUR	ca. 0,27 Mio. EUR
Weitere Kosten und Wartung der Maschinen	ca. 0,18 Mio. EUR	ca. 0,8 Mio. EUR
Gesamtkosten	ca. 16,582 Mio. EUR	ca. 16,47 Mio. EUR

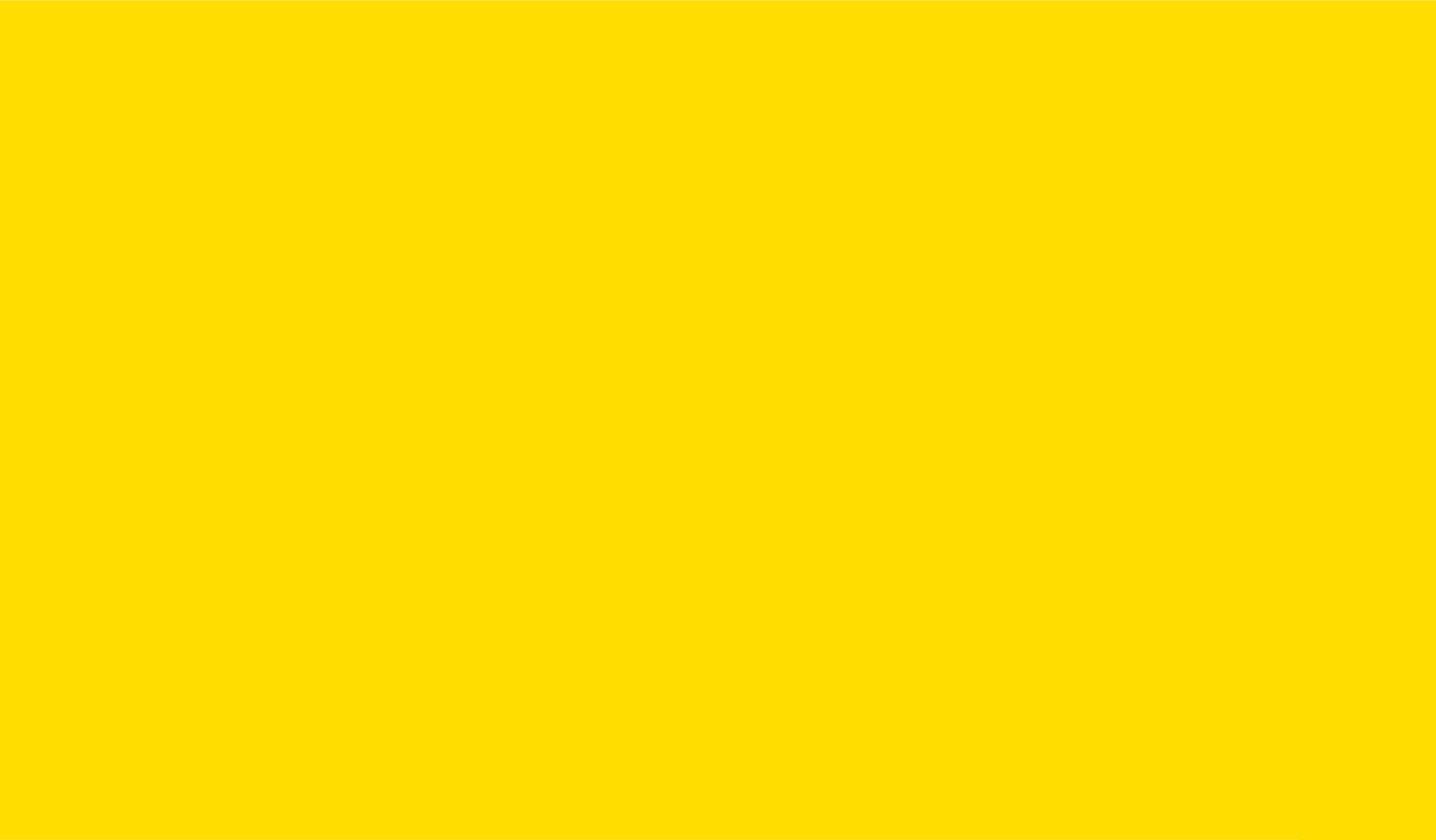
Quelle: anonymisierter Beratungsfall des IMU-Instituts

Tabelle 10: Exemplarische Darstellung einer Verlagerungsrechnung für die Produktion nach Osteuropa aus dem Jahr 2021

Allein aus dem Entgeltunterschied erwartet der Arbeitgeber eine jährliche Einsparung von rund 2,5 Mio. EUR. Trotz dreimal höherer Transport-/Fracht-/Wartungskosten im Umfang von rund 1 Mio. EUR wären damit die Einmalkosten der Verlagerung (etwa 1,42 Mio. EUR) schon nach einem Jahr ausgeglichen. Zwar zeigen zahlreiche Verlagerungserfahrungen, dass die erwarteten Einsparungen selten in vollem Umfang erreicht werden. Aber der deutliche Unterschied zwischen beiden Produktionsstandorten zeigt, wie schwierig der Erhalt von Produktionsarbeit an baden-württembergischen Standorten ist.

03

Auswirkungen der Covid-19-Pandemie



03

Auswirkungen der Covid-19-Pandemie

In Kürze

- Seit Januar 2020 verbreitete sich der Erreger SARS-CoV-2⁸ weltweit. Zur Eindämmung der Pandemie wurden – zeitlich versetzt – weltweit Einreisebeschränkungen und regionale Lockdowns beschlossen und umgesetzt.
- Daraus folgten Produktionsstopps, erhebliche Störungen des Güterverkehrs und lokale Nachfrageeinbrüche. In Deutschland brach die Pkw-Produktion im April 2020 fast vollständig ein, auf das Jahr 2020 bezogen ging die Produktion um 25 % gegenüber dem Vorjahr zurück. Die Beschäftigung konnte vor allem durch die verlängerte Kurzarbeit stabil gehalten werden.
- Baden-Württemberg ist aufgrund des hohen Industrieanteils der Wirtschaft stärker von Einschränkungen betroffen als andere Bundesländer.
- Ein Vergleich mit anderen Krisen verdeutlicht die besondere Intensität und die spezifischen Charakteristika der Coronakrise: Auswirkungen sind weltweit und über unterschiedlichste Sektoren hinweg zu erkennen, mit z. T. gleichzeitig wirkenden Angebots- und Nachfrageschocks.

Die Verbreitung des Erregers SARS-CoV-2 führte ab dem Frühjahr 2020 durch hohe Ansteckungsraten zur weltweiten Covid-19-Pandemie. In Konsequenz der steigenden Infektions- und Todeszahlen wurden verschiedene politische Maßnahmen beschlossen und umgesetzt, u. a. mehrere Shut- bzw. Lockdowns⁹, über die letztlich die Infektionszahlen jeweils wieder gesenkt werden konnten.¹⁰ Gleichzeitig führten diese Maßnahmen aber insbesondere im Jahr 2020 zu einem Einbruch von sowohl Angebot als auch Nachfrage in allen wirtschaftlichen Sektoren – auch und insbesondere der Automobilindustrie in Baden-Württemberg. Die wirtschaftlichen Folgen der Pandemie werden im Weiteren anhand verschiedener Indikatoren untersucht und dargestellt.

- Auswirkungen auf Wirtschaftsleistung, Wertschöpfung und Produktion
- Auswirkungen auf Konsumausgaben, Umsatz und Marktnachfrage
- Auswirkungen auf Import- und Exportvolumen
- Auswirkungen auf die Beschäftigung

3.1 Wirtschaftsleistung, Wertschöpfung und Produktion

Im ersten Quartal des Jahres 2020 nahm das Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Deutschland als Folge der Coronakrise und im Vergleich zum vorherigen Quartal um ca. 2 % ab, im zweiten Quartal 2020 dann um weitere knapp 10 %. In der Phase nach dem ersten Lockdown ab Mai 2020 und bis Ende des dritten Quartals war jedoch wieder eine Erholung zu erkennen: Das Wachstum des gesamtdeutschen BIP lag hier bei rund 9 %; bis Ende des vierten Quartals bei weiteren 0,3 %. Mit Beginn

8 | SARS-CoV-2 = severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2.

9 | Im Rahmen dieser Studie wird der Begriff Lockdown im Weiteren verwendet für einen Zeitraum, in dem fast alle wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aktivitäten auf politische Anordnung hin stillgelegt sind. Der Begriff Shutdown bezieht sich im originären Sinn hingegen auf die Schließung nur einer Fabrik, eines Geschäfts oder eines Unternehmens für einen bestimmten Zeitraum.

10 | Für die aktuellen Infektionszahlen in Deutschland und Baden-Württemberg wird auf das Robert Koch-Institut (RKI) und das Landesgesundheitsamt verwiesen: www.rki.de; www.gesundheitsamt-bw.de

der sog. „Dritten Welle“ nahm das Bruttoinlandsprodukt im ersten Quartal 2021 wieder ab (ca. –2 %). Im Durchschnitt des Gesamtjahrs 2020 wurde ein Minus des BIP von ca. 5 % erreicht und damit ein etwas geringerer Einbruch als während der Finanzkrise 2008/2009 (ca. –6 %). Für 2021 wurde ein preisbereinigtes Wachstum von ca. 3 % erzielt und für 2022 3,6 % prognostiziert (Statistisches Bundesamt, 2021a; DIW Berlin, 2020; ifo Institut, 2021a). Die Prognosen zum Wirtschaftswachstum unterliegen aufgrund der unklaren weiteren Entwicklung der Infektionslage aber Unsicherheiten.

Auch in Baden-Württemberg ist 2020 ein Rückgang des BIP im ersten Quartal (ca. –3 %), zweiten Quartal (ca. –14 %), dritten Quartal (ca. –5 %) und vierten Quartal (–0,9 %) zu erkennen. Für das Gesamtjahr 2020 wurde ein Minus des baden-württembergischen Bruttoinlandsprodukts von 6 % erzielt, die Betroffenheit ist damit höher als im gesamtdeutschen Bundesdurchschnitt, jedoch auf ähnlichem Niveau wie in den Bundesländern Bayern (ca. –6 %) und Niedersachsen (ca. –5 %) (Statistisches Landesamt BW, 2020c, 2021a). Im Jahr 2021 ist das

BIP wieder um ca. 4 % gewachsen (IAW, 2021). Laut szenarienbasierter Berechnung des ifo Instituts liegt der Rückgang des baden-württembergischen Bruttoinlandsprodukts bei einem zweimonatigen Lockdown zwischen –16,3 % und –18,4 %. Ähnlich ist auch Bayern betroffen (–16,0 % bis –18,3 %). Für Niedersachsen (–14,7 % bis –16,9 %) und Nordrhein-Westfalen (–14,8 % bis –17 %) wird ein leicht geringerer Wert berechnet (ifo Institut, 2020a). Die unterschiedliche wirtschaftliche Betroffenheit resultiert in dieser Rechnung ausschließlich aus Unterschieden in den Wirtschaftsstrukturen der einzelnen Bundesländer. Deutlich wird dieser Unterschied in der Berechnung der theoretischen Wertschöpfungsverluste bei einem zweimonatigen Lockdown: Diese belaufen sich auf rund –57 % für Baden-Württemberg, rund –56 % für Bayern, rund –52 % für Nordrhein-Westfalen und rund –52 % für Niedersachsen. Länder mit einem geringeren Industrieanteil sind in dieser Berechnung weniger stark betroffen, Länder mit höherem Industrieanteil erholen sich nach der Lockdown-Phase aber auch wieder schneller.

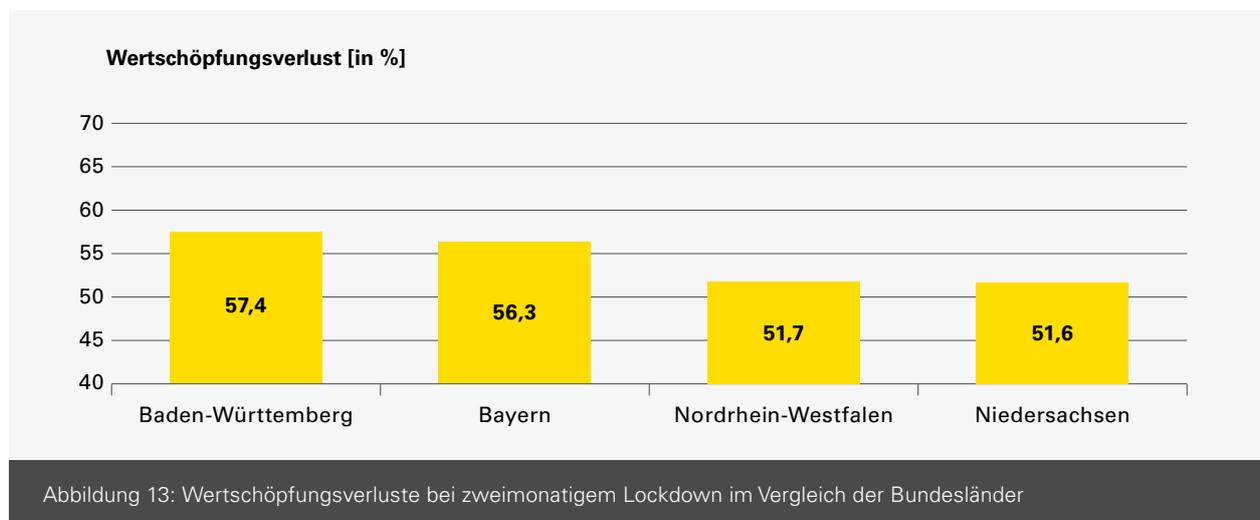
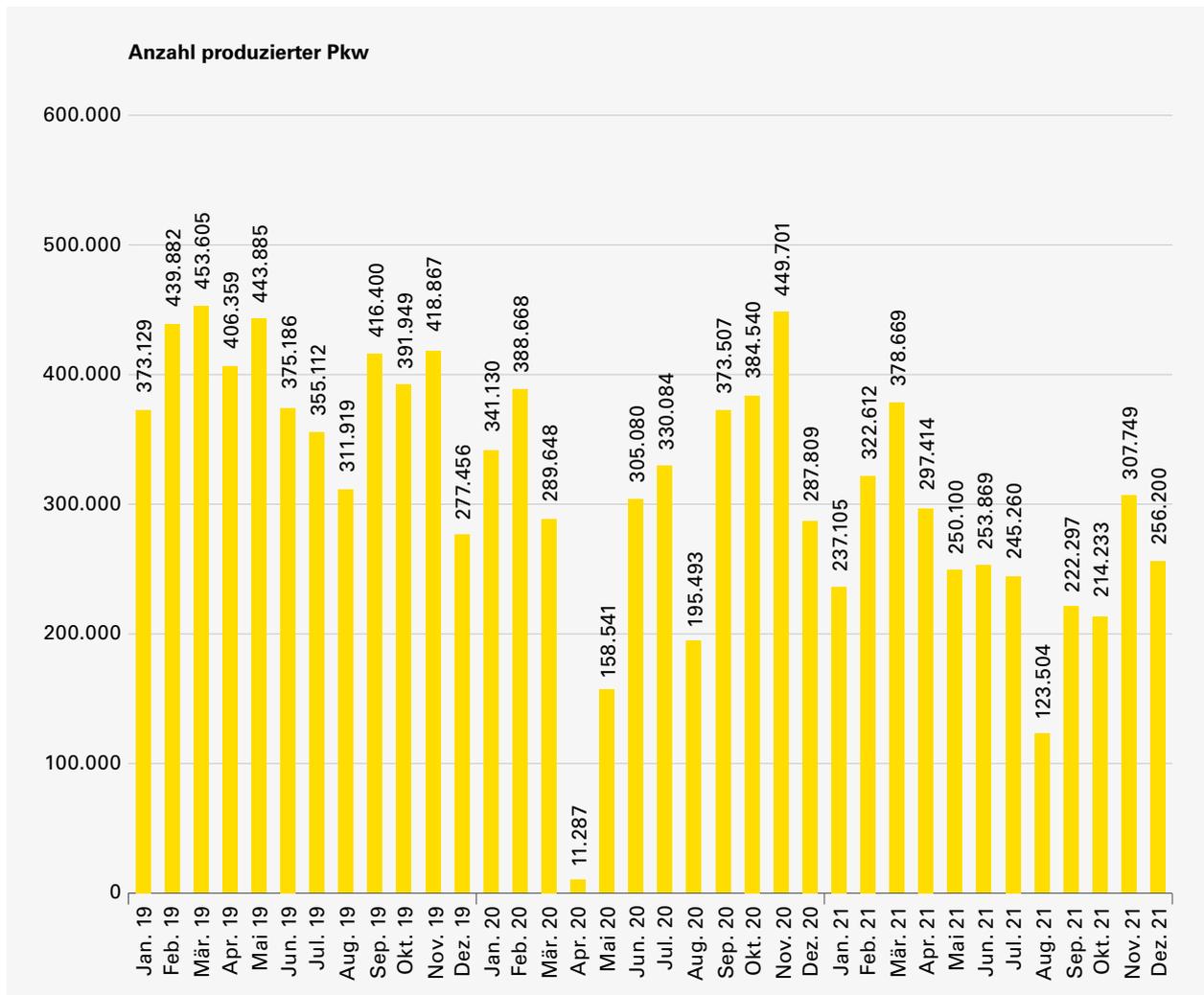


Abbildung 13: Wertschöpfungsverluste bei zweimonatigem Lockdown im Vergleich der Bundesländer

Gerade die Automobilindustrie wird als eine stark von der Covid-19-Pandemie betroffene Branche bewertet, in der Produktion und Wertschöpfungsaktivitäten aufgrund verschiedener Maßnahmen zwar zeitweise stillgelegt werden mussten, für die allerdings gleichzeitig auch eine Perspektive auf eine nachgelagerte, nachfrageinduzierte Kompensation des entstandenen Umsatzausfalls besteht (vgl. Böhme et al., 2020).

In folgender Abbildung sind die Folgen des Produktionsstopps im Jahr 2020 für Gesamtdeutschland zu erkennen: Die Produktion von Pkw nahm im Betrachtungszeitraum stark ab und resultierte in einem Rückgang der Ausbringungsmenge von ca. –377.000 Pkw zwischen Februar 2020 (388.700 produzierte

Pkw) und April 2020 (11.200). Nach dem ersten Lockdown und Wiederanlauf der Produktion im Mai ist eine Erholung zu erkennen auf ca. 330.000 Pkw im Juli, 373.000 im September, 384.000 im Oktober und 450.000 im November, so dass hier kurzzeitig sogar das vor der Krise bestehende Produktionsniveau erreicht wurde. Im Dezember 2020 und Januar 2021 war wieder ein starker Rückgang der deutschen Automobilproduktion zu verzeichnen auf 288.000 bzw. nur noch 237.000 Pkw. Bis März stieg sie wieder auf den im Jahr 2021 erzielten Maximalwert von 379.000 an, bevor dieser dann – auch aufgrund der Versorgungsengpässe bei Halbleitern und dadurch verursachter Produktionsstopps – auf nur noch ca. 134.000 im August 2021 absank (August 2019: 311.919).



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung an VDA, 2020a

Abbildung 14: Pkw-Produktion Deutschland 2019–2021

Bei Erweiterung des Betrachtungszeitraums ist zu erkennen, dass ein negativer Trend in der absoluten Pkw-Produktion in Deutschland schon seit dem Jahr 2016 existiert, die Coronakrise und der damit verbundene erste Lockdown führten dann kurzzeitig zu einem fast 100 %igen Einbruch der Produktionsvolumina.

Die Covid-19-bedingten Schließungen von Produktionswerken führten zu globalen Produktionsausfällen der Automobilhersteller. Insgesamt verringerten diese die weltweite Autoproduktion im ersten und zweiten Quartal 2020 um ca. –10 % (ca. –6,5 Mio. Fahrzeuge), bis Ende des Jahres um ca. –17 % (ca. –11,3 Mio. Fahrzeuge). Frankreich und das Vereinigte Königreich waren dabei im EU-Vergleich mit einem Rückgang von –38 % bzw. –29 % relativ stärker betroffen als Deutschland (–24 %). Zum Vergleich: Die USA hatten im gesamten Jahr 2020 und im Vergleich zum Vorjahr einen Rückgang von –19 % zu verzeichnen, Japan von –17 %, Südkorea von –11 % und China von nur –2 % (OICA, 2021).

In absoluten Zahlen besonders betroffen war dabei Volkswagen mit einem Rückgang von ca. 1,34 Mio. Einheiten (–20 % im Vergleich zu 2019), gefolgt von Ford mit ca. 1,26 Mio. weniger produzierten Pkw (–26 %), Nissan mit einem Rückgang von 1,20 Mio. (–27 %) und Toyota mit einem Minus i. H. v. 1,17 Mio. (–14 %). Die weiteren deutschen Automobilhersteller BMW und Mercedes-Benz hatten Ausfälle in Höhe von ca. 209.000 (–9 %) bzw. 439.000 Pkw (–16 %) zu beklagen, Audi ca. 225.000 (–12 %). Der Lockdown bei Porsche führte zu einem absoluten Rückgang der Produktion von ca. 47.000 Einheiten (–18 %).

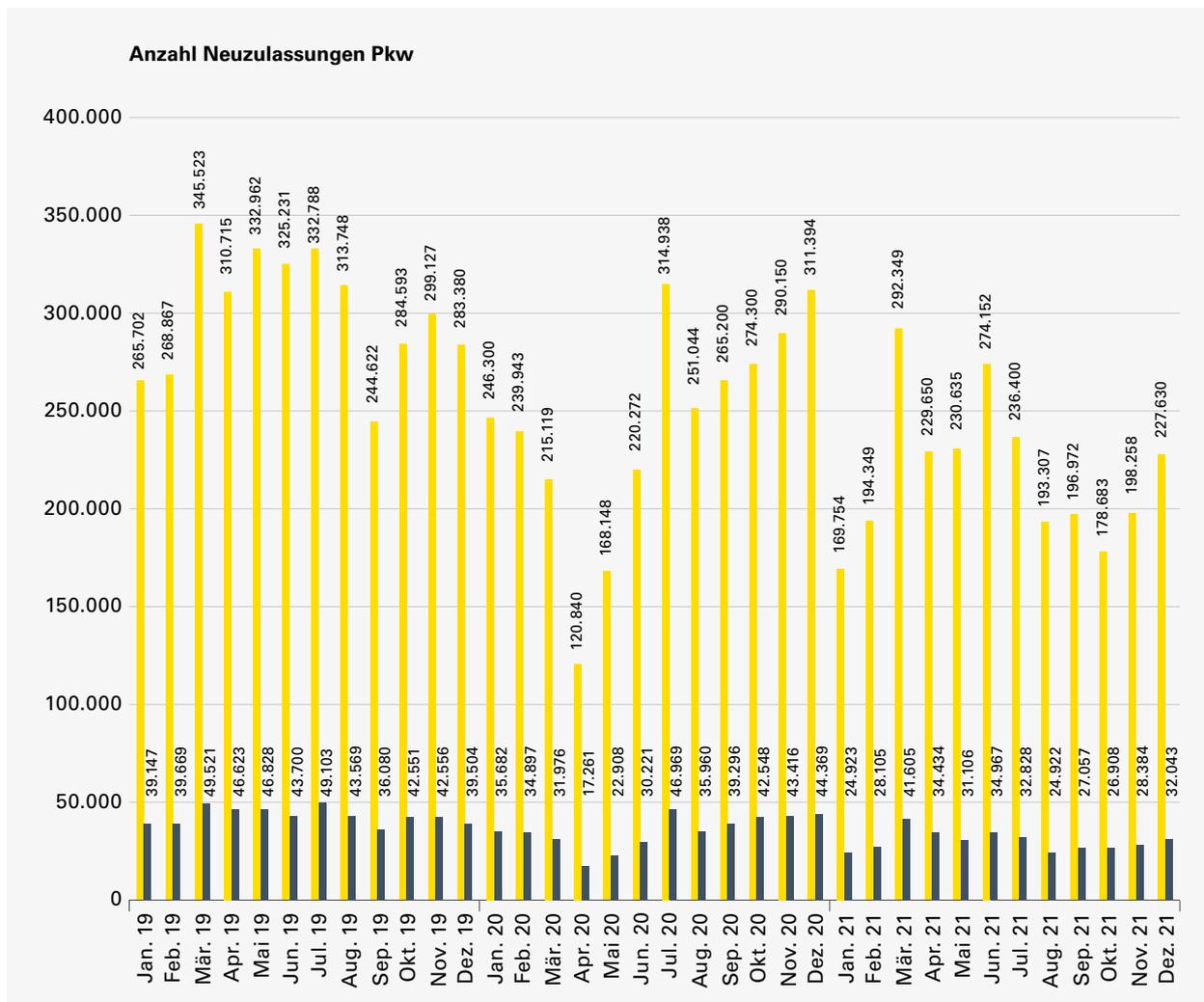
3.2 Konsumausgaben, Umsatz und Marktnachfrage

Insgesamt gingen die preisbereinigten privaten Konsumausgaben in Deutschland im ersten Quartal 2020 und im Vergleich zum vierten Quartal 2019 um knapp –2 %, im zweiten Quartal 2020 dann sogar um rund –12 % zurück. Eine starke Erholung trat mit Ende des Lockdowns im dritten Quartal ein (ca. +11 %), bevor die privaten Konsumausgaben im vierten Quartal wieder sanken (ca. –2 %). Insgesamt gingen diese im Gesamtjahr 2020 um –5 % zurück (Statistisches Bundesamt, 2021b). Dies entspricht einem durchschnittlichen Rückgang um fast 800 EUR je Einwohner:in in der ersten Jahreshälfte 2020 im Vergleich zum Vorjahr, bis zum Ende des Jahres lag der Rückgang insgesamt noch bei ca. 350 EUR je Einwohner:in.

Auch die Ausgaben für den Kauf neuer Pkw nahmen aufgrund der Pandemie im ersten Halbjahr 2020 ab, so dass die Pkw-Neuzulassungen um ca. –35 % im Vergleich zum Vorjahreszeitraum sanken und nur noch 1,21 Mio. Fahrzeuge verkauft werden konnten. Insbesondere im April 2020 gingen nicht nur die Produktions-, sondern auch die Zulassungszahlen stark zurück. Angebots- und Nachfrageschock wirkten damit gleichzeitig auf die Wirtschaft – der Rückgang der Zulassungszahlen betrug hier mehr als –61 %. Zum Vergleich: In den USA lag der Wert mit ca. –53 % etwas niedriger – zurückzuführen auf traditionell höhere Anteile digitaler Kaufvorgänge. In Frankreich war der Rückgang im April 2020 stärker und lag bei ca. –89 %, in Italien bei –98 %, in Indien sogar bei –100 %. Der chinesische Markt war am stärksten im März 2020 betroffen, hier gab es einen Rückgang der Pkw-Neuzulassungen von ca. –43 %.

Im zweiten Halbjahr 2020 steigerte sich die Nachfrage ab Juli und mit Senkung des Mehrwertsteuersatzes von 19 % auf 16 % wieder, so dass 1,71 Mio. Pkw verkauft werden konnten – nur ca. 50.000 Fahrzeuge weniger als im Vergleichszeitraum 2019. Im Jahr 2020 wurden insgesamt ca. 2,92 Mio. Pkw in Deutschland neu zugelassen, dies entspricht einem Rückgang im Vergleich zum Vorjahr von ca. –19 % (KBA, 2021a). Damit war Deutschland insgesamt weniger stark betroffen als die EU (inkl. Schweiz und UK) im Durchschnitt, hier betrug der Rückgang ca. –24 %. Zum Vergleich: Die USA hatten einen Rückgang der Pkw-Verkaufszahlen i. H. v. rund –28 % zu verzeichnen, Frankreich von ca. –26 %, Italien von –28 % und Indien von –18 %. Prozentual am stärksten betroffen war Kolumbien (–61 %), gefolgt von Indonesien (–50 %) und Kroatien (–43 %). Der chinesische Automobilmarkt war insgesamt weniger stark betroffen, hier wurde ein Minus von 6 % realisiert.

Die Pkw-Neuzulassungen in Baden-Württemberg nahmen im ersten Halbjahr 2020 etwas stärker ab als im bundesdeutschen Durchschnitt, insbesondere war der Einbruch im April 2020 mit ca. –63 % noch etwas höher. In diesem Zeitraum wurden insgesamt ca. 173.000 Pkw neu zugelassen, ein Minus von 93.000 Fahrzeugen im Vergleich zum ersten Halbjahr 2019 (–35 %). Im zweiten Halbjahr 2020 stieg die Anzahl neu zugelassener Pkw wieder stark an und erreichte mit 252.588 Fahrzeugen fast exakt das Niveau des zweiten Halbjahrs 2019. Insgesamt wurden 2021 ca. 367.000 Pkw und 2020 ca. 426.000 Pkw in Baden-Württemberg zugelassen, 2019 betrug die Anzahl noch ca. 519.000 (Statistisches Landesamt BW, 2021a).



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung an VDA, 2021; Statistisches Landesamt BW, 2020b, Statistisches Landesamt BW, 2021a

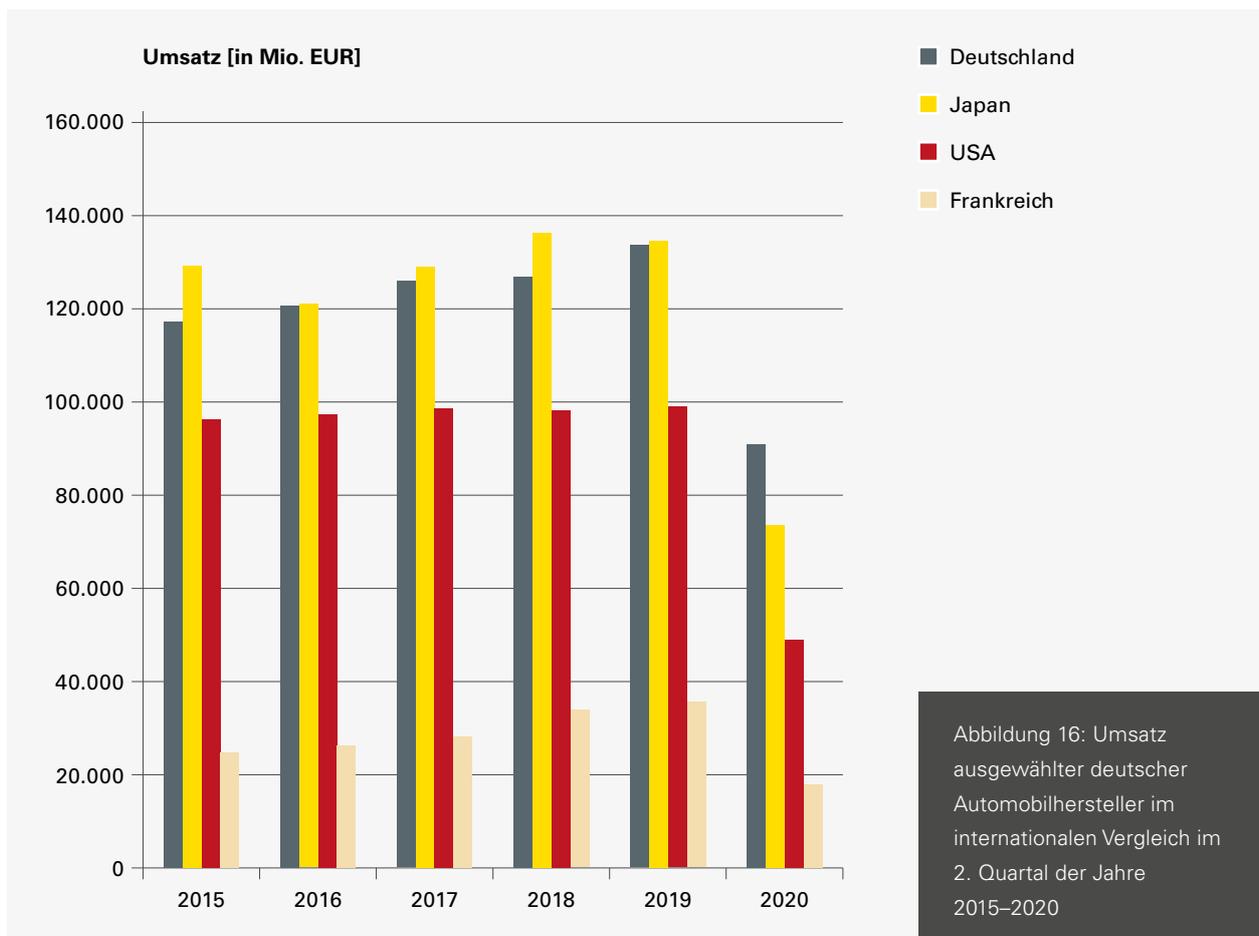
Abbildung 15: Pkw-Neuzulassungen in Deutschland (gelb) und Baden-Württemberg (blau) 2019–2021

Im Jahr 2021 wurden Pkw-Neuzulassungen in Deutschland in Höhe von 2,62 Mio. Fahrzeugen erreicht, ein weiterer Rückgang im Vergleich zum Vorjahr um ca. 300.000 Fahrzeuge (Tagesschau, 2022). Die Erwartung vor Eintreten der Versorgungsengpässe im Halbleiterbereich lagen noch bei einem Plus von ca. acht Prozentpunkten für den deutschen Pkw-Markt auf ca. 3,2 Mio. Pkw und bei einem Zuwachs in Höhe von ca. zehn Prozentpunkten für den europäischen Markt im Jahr 2021 (ACEA, 2021). Real erzielt wurde ein Rückgang von ca. 2% auf ca. 9,7 Mio. verkaufte Fahrzeuge in der EU (ACEA, 2022).

„Wir rechnen 2021 mit einem Anstieg [der Pkw-Produktion] von 10% weltweit, aber regional sehr unterschiedlich. Europa wird relativ schwach. Die Elektromobilität wird sich stabil wieder entwickeln, sie wird leicht steigen aufgrund von gesetzlicher Förderung. Natürlich vorausgesetzt, dass es zu keinem zweiten großen Lockdown kommt. Wir sehen aber vor 2023 kein Erreichen des Vor-Corona-Niveaus. Und manche Leute sind sogar noch pessimistischer und sagen, sie sehen das bis 2025 nicht.“
(Expert:in, im September 2020)

Die Umsätze deutscher Automobilhersteller lagen im Jahr 2019 bei insgesamt 436,2 Mrd. EUR, davon wurden 153,4 Mrd. EUR im Inland und 282,7 Mrd. EUR im Ausland umgesetzt (Statistisches Bundesamt, 2020a). Die Einzelbetrachtung des zweiten Quartals 2020 im Vergleich zum Vorjahreszeitraum zeigt laut einer EY-Studie, dass die Umsätze um ca. 32 % einbrachen, ein Rückgang um ca. 42 Mrd. EUR auf nur noch 91 Mrd. EUR. Im internationalen Vergleich aber sind die deutschen Hersteller weniger stark von den Auswirkungen der Pandemie betroffen, führend ist bei dieser Betrachtung die US-amerikanische Automobilindustrie mit einem Rückgang von mehr als 50 % (-49,7 Mrd. EUR Umsatz), gefolgt von den französischen OEM mit -49 % (-17,6 Mrd. EUR Umsatz) und den japanischen Herstellern mit Umsatzverlusten von ca. -45 % (-61 Mrd. EUR Umsatz). Am wenigsten waren die südkoreanischen Automobilhersteller von den Auswirkungen der Coronakrise betroffen, hier war ein Umsatzrückgang von nur ca. 20 % zu verzeichnen (-6 Mrd. EUR Umsatz).

Insgesamt erzielte die deutsche Automobilindustrie im gesamten Jahr 2020 einen Umsatz von ca. 378 Mrd. EUR, das entspricht einem Rückgang i. H. v. ca. 58 Mrd. EUR im Vergleich zu 2019 (-13 %). Davon wurden 2020 ca. 135 Mrd. EUR im Inland und ca. 243 Mrd. EUR im Ausland umgesetzt.



Bei Betrachtung nur der Geschäftsbereiche Pkw/Automobil erlitten alle deutschen Hersteller (bis auf Porsche) einen z.T. hohen Umsatzrückgang. Im Vergleich zum Vorjahr 2019 sanken die Umsätze über alle Hersteller hinweg absolut um ca. 42,1 Mrd. EUR, im Mittel entspricht dies einem Rückgang von ca. -10 %. Dabei war Volkswagen Pkw mit einem Rückgang des Umsatzes i. H. v. von ca. 17,3 Mrd. EUR (ca. -20 %) am stärksten betroffen, gefolgt von der BMW Group (Automobile, -10,8 Mrd. EUR, -11,8 %), Audi (-5,7 Mrd. EUR, ca. -10 %) und Mercedes-Benz (Cars & Vans, -8,3 Mrd. EUR, ca. -8 %). Porsche hat ein Plus von ca. 30 Mio. EUR (+0,1 %) zu verzeichnen. Die Umsatzentwicklung im Vergleich der Jahre 2019 und 2020 ist in der folgenden Grafik dargestellt.

Auch bei den Zulieferern führte die Covid-19-Pandemie 2020 und im Vergleich zum Vorjahr zu einem zum Teil hohen Umsatzrückgang. Prozentual und für die Bereiche Pkw/Automotive am stärksten betroffen war Mahle mit einem Umsatzrückgang von ca. -20 % (-2,1 Mrd. EUR), gefolgt von Brose (ca. -18 %, -1,1 Mrd. EUR), Thyssenkrupp (ca. -17 %, -1,83 Mrd. EUR), ZF

Friedrichshafen (ca. -17 %, -5,05 Mrd. EUR), Continental (ca. -15 %, -5,81 Mrd. EUR), Dräxlmaier (ca. -14 %, -0,7 Mrd. EUR), Hella (ca. -14 %, -0,82 Mrd. EUR), Schaeffler (ca. -14 %, -1,22 Mrd. EUR), Bosch (-10 %, -4,66 Mrd. EUR) und Eberspächer (ca. -1 %, -0,05 Mrd. EUR) (Quellen: Geschäftsberichte der jeweiligen Unternehmen, 2020, 2021). Mit dem Beginn der Covid-19-Pandemie sind auch in Baden-Württemberg die Umsätze in der Automobilindustrie sowie im Maschinenbau im ersten Halbjahr 2020 deutlich zurückgegangen. Insbesondere in der Automobilindustrie fiel der Rückgang erheblich stärker aus als im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt. Besonders stark war der Rückgang im April 2020. Eine Trendumkehr deutete sich jedoch schon im Juni 2020 mit einem schwächeren Rückgang gegenüber dem Vorjahresmonat an. Bereits im September 2020 lagen die Umsätze des Verarbeitenden Gewerbes, des Maschinenbaus und der Automobilindustrie wieder auf dem Niveau von Januar/Februar 2020, also von vor der Covid-19-Pandemie. Deutlich werden die Umsatzrückgänge im August 2020 durch die baden-württembergischen Sommerferien und im Dezember 2020/Januar 2021

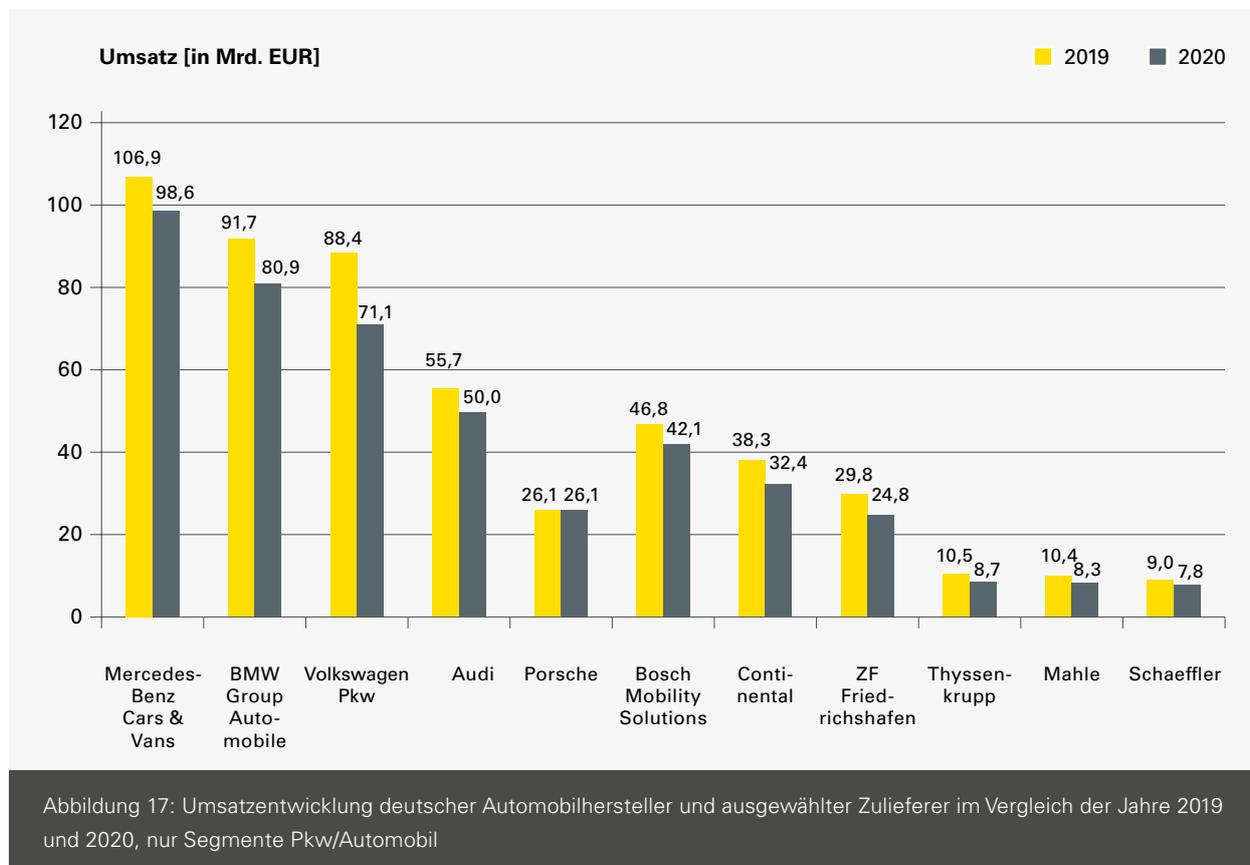
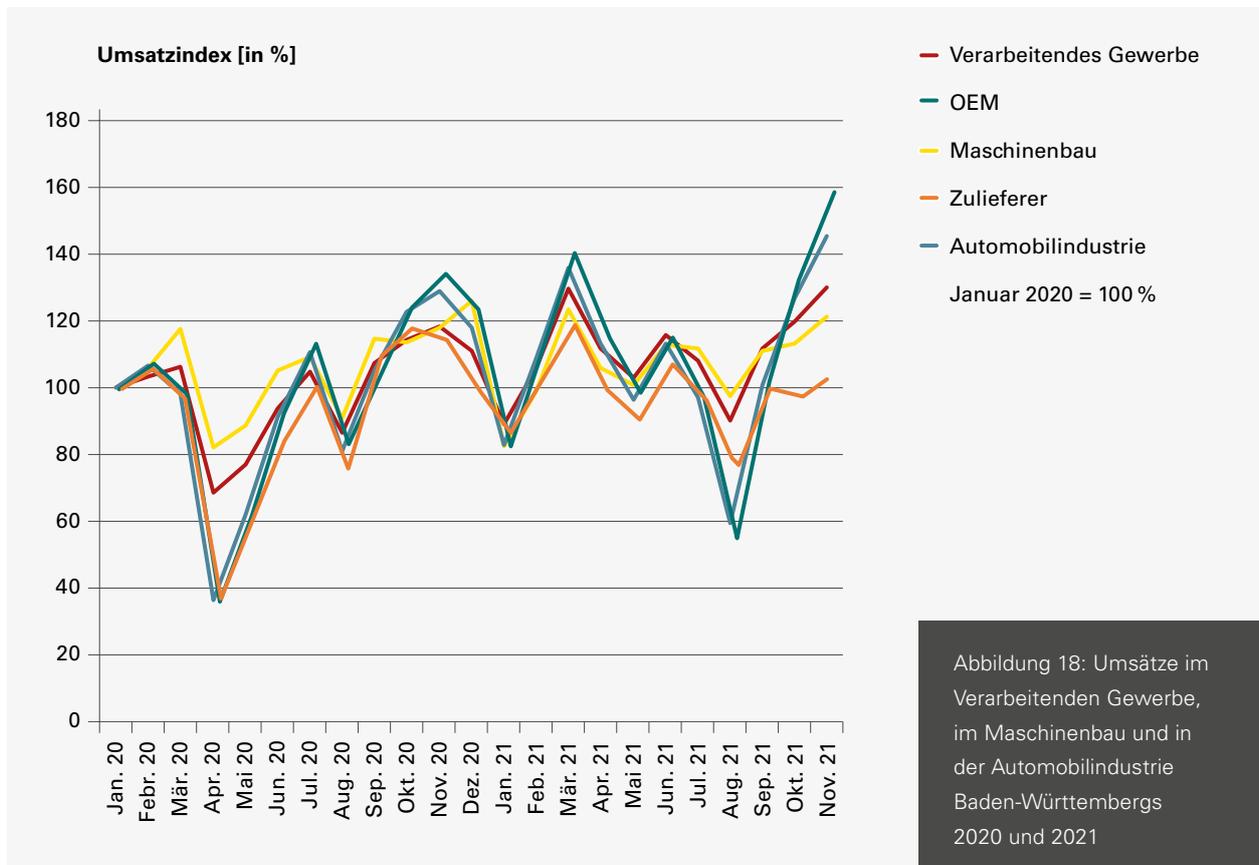


Abbildung 17: Umsatzentwicklung deutscher Automobilhersteller und ausgewählter Zulieferer im Vergleich der Jahre 2019 und 2020, nur Segmente Pkw/Automobil

durch die Weihnachtsfeiertage. Dieser Kurvenverlauf entspricht der Produktion aller deutschen Hersteller. Nachdem der Einbruch im Frühjahr 2020 bei der Automobilindustrie besonders stark ausgefallen ist, liegt sie mit dem Umsatzwachstum seit Herbst 2020 deutlich über den anderen beiden Wirtschaftsbereichen.

Im letzten Monat vor der Pandemie – im Februar 2020 – lagen die Pro-Kopf-Umsätze bei ca. 24.000 EUR im Verarbeitenden Gewerbe, 18.400 EUR im Maschinenbau und 41.900 EUR in der Automobilindustrie. Im April 2020 sanken sie in allen betrachteten Wirtschaftszweigen auf ihren jeweiligen Tiefststand: 16.100 EUR im Verarbeitenden Gewerbe, 14.350 EUR im Maschinenbau und sogar nur 14.500 EUR in der Automobilindustrie – dies entspricht einem Rückgang um ca. 66 %. Im Mai 2020 lagen sie mit 24.900 EUR im Verarbeitenden Gewerbe und 18.800 EUR im Maschinenbau leicht über dem Wert vor Pandemiebeginn, in der Automobilindustrie lagen sie mit 39.400 EUR etwas darunter (nach deutlich höheren Werten in den Monaten Februar, März und April 2020) (Statistisches Lan-

desamt Baden-Württemberg, 2020b, eigene Berechnungen). Beim Vergleich der Krisenverläufe im ifo-Konjunkturindex (ifo Institut, 2020b) zeigte sich im Oktober 2020, dass die Kapazitätsauslastung in der Automobilindustrie gegenüber beispielsweise dem Maschinenbau oder dem Verarbeitenden Gewerbe mit einem Rückgang auf rund 46 % besonders stark eingebrochen ist (Maschinenbau ca. 78 %, Verarbeitendes Gewerbe ca. 78 %). Dafür fallen die Geschäftserwartungen seit April 2020 wieder deutlich besser aus als im Maschinenbau und im Verarbeitenden Gewerbe, hier rechnete die Automobilindustrie im Herbst 2020 bereits mit einer schnelleren Erholung als in anderen Branchen. Im ersten Halbjahr 2021 setzt sich die positive Einschätzung deutlich fort: Bei den aktuellen ifo Konjunkturumfragen steigt bei den befragten Unternehmen der Anteil mit einer „guten Geschäftslage“ im Verarbeitenden Gewerbe von rund 35 % auf 50 %, im Maschinenbau von rund 30 % auf fast 60 % und in der Automobilindustrie von 20 % auf 45 % (ifo Institut, 2021b). Der klassischerweise eher schwache Monat August fiel 2021 bedingt durch den Mangel an Halbleitern in der Automobilindustrie noch schwächer aus.



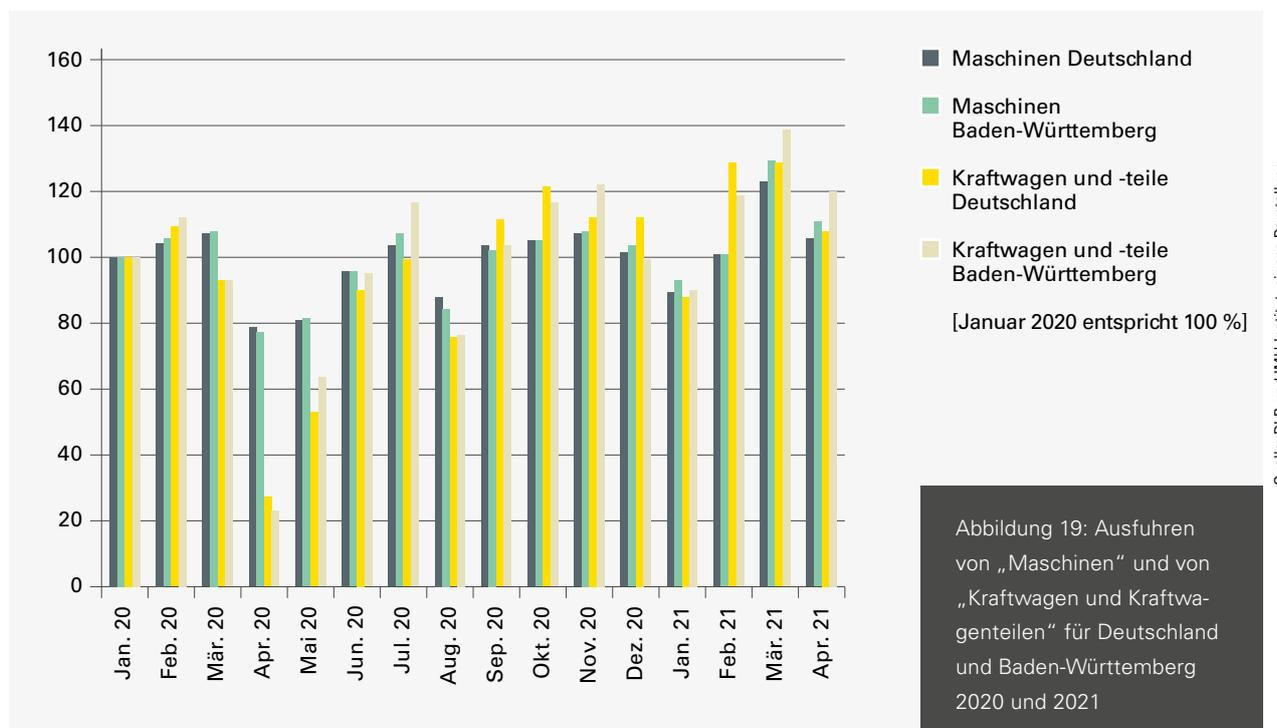
3.3 Importe und Exporte

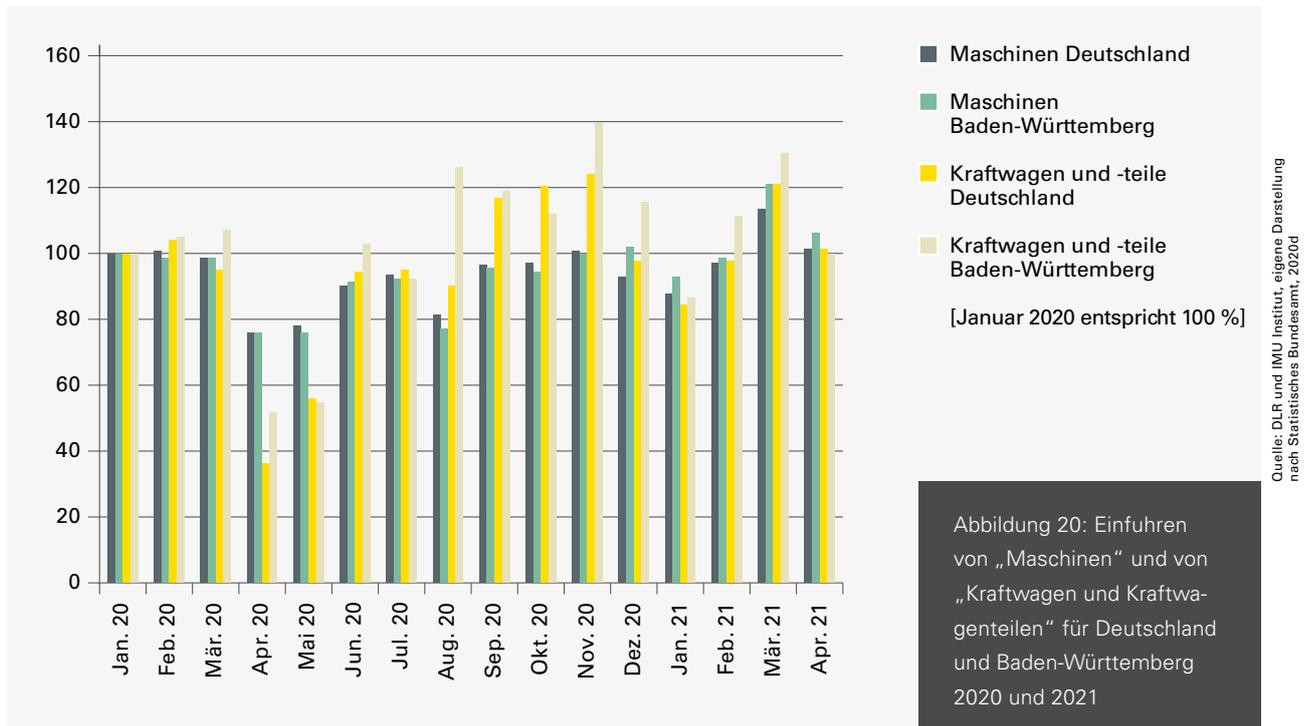
In den hier betrachteten Wirtschaftszweigen Automobilindustrie und Maschinenbau gingen bereits gegen Ende 2019 die Exporte zurück, das setzte sich auch im ersten Quartal 2020 vor Beginn der Pandemie fort (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020c). Deutlich wurde der zeitliche Versatz der Pandemie in den unterschiedlichen Ländern: Während die Ausfuhren in die USA im ersten Quartal 2020 noch stiegen (+11 %), gingen Ausfuhren nach China bereits in den ersten drei Monaten zurück (ca. -5 %). Auch die Ausfuhren nach Italien und Spanien sanken deutlich um ca. -9 %. Bei den beiden wichtigsten Exportgütern „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ lag der Export im ersten Quartal 2020 ca. -11 % unter dem Vorjahreswert, bei den „Maschinen“ rund -6 %. Der stärkste Rückgang lag im März 2020 mit ca. -21 % bei „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ und mit -12 % bei „Maschinen“. Im Vergleich der baden-württembergischen und der gesamtdeutschen Ausfuhren sind die Veränderungen der Monatswerte bei den „Maschinen“ und bei „allen Warengruppen“ sehr ähnlich, bei „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ lagen dagegen die baden-württembergischen Monatswerte am Jahresanfang

und zur Jahresmitte zwar unter den deutschen, dafür fiel der Einbruch im April/Mai 2020 weniger stark aus.

Im längeren Verlauf der Pandemie profitierten die beiden Branchen jedoch von einem stärker wachsenden Neuwagenmarkt in Asien: In der zweiten Jahreshälfte übertrafen die Neuwagenverkäufe in China bereits wieder das Niveau der Vorjahresmonate, auch der europäische und der US-amerikanische Markt stiegen – wenn auch langsamer – wieder an (VDA, 2021a). Nach den drastischen Rückgängen im April 2020 fiel der Produktionsrückgang im Rückblick auf das Gesamtjahr 2020 mit rund -15 % in der „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ und rund -24 % im Maschinenbau noch moderat aus (Kuhn, 2021).

Entsprechend gingen auch die Einfuhren von „Maschinen“ sowie „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ am Anfang der Covid-19-Pandemie deutlich zurück und stiegen im Herbst 2020 wieder an. Wie bei den Umsätzen übertrafen die Ein- und Ausfuhren im Frühjahr 2021 die Werte zu Anfang 2020 deutlich.





3.4 Beschäftigung

Baden-Württemberg gilt in Deutschland als „Musterlande“ in Bezug auf eine seit Jahren wachsende Beschäftigung¹¹ und die im Bundesvergleich sehr niedrige Arbeitslosenquote. Rund 4,7 Mio. Personen waren vor Beginn der Covid-19-Pandemie sozialversicherungspflichtig beschäftigt, davon etwa ein Viertel im Produzierenden Gewerbe. Knapp 5 % der Beschäftigten (rund 225.000) sind in der Automobilindustrie beschäftigt, bei einer umfassenderen Betrachtung des gesamten Automobilclusters steigt der von der Automobilindustrie abhängige Beschäftigtenanteil auf über 10 % (e-mobil BW, 2019a). Im Maschinenbau arbeiten ca. 6 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten Baden-Württembergs. In beiden Branchen ist die Beschäftigung im letzten Jahrzehnt gewachsen – entgegen dem allgemeinen Beschäftigungsabbau im Verarbeitenden Gewerbe.

In Folge der Covid-19-Pandemie wurden für 2020 und 2021 mit dem Rückgang der Wirtschaftsleistung auch ein Beschäftigungsrückgang sowie ein Anstieg der Arbeitslosigkeit erwar-

tet. Instrumente wie Kurzarbeit, Liquiditätshilfen für Unternehmen und Konjunkturförderung sollten die Beschäftigung stabilisieren, so dass sich der wirtschaftliche Einbruch nicht im gesamten Umfang auf die Beschäftigung durchschlägt (z. B. Seils und Emmmler, 2020; IAB, 2021c). Bundesweit erwartete das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) einen Anstieg der Arbeitslosigkeit um rund 20 % gegenüber dem Vorjahr und eine um ca. 1 % geringere Erwerbstätigkeit (Rosen et al., 2020). Für 2021 wurde die Rückkehr auf den langjährigen Trend des Beschäftigungsaufbaus und der sinkenden Arbeitslosigkeit erwartet. Im Rückblick führte die Pandemie zu einem Einbruch der Arbeitsnachfrage (IAB, 2022), am stärksten betroffen waren Handel, Verkehr und Gastgewerbe, gefolgt von Unternehmensdienstleistungen und dem Produzierenden Gewerbe (ohne Baugewerbe). Bei Öffentlichen Dienstleistern, Erziehung und Gesundheit sowie im Baugewerbe wurde dagegen Beschäftigung aufgebaut. Trotzdem blieben die Entlassungszahlen niedrig; Kurzarbeit und eine geringe Zahl von Unternehmensinsolvenzen haben die Beschäftigung stabilisiert (IAB, 2021a).

11 | Beschäftigungsrückgänge gab es vorübergehend in den wirtschaftlichen Einbrüchen 2003 bis 2005 sowie 2008 bis 2010.

In Abhängigkeit von der regionalen Wirtschaftsstruktur wirkte sich die Covid-19-Pandemie jedoch unterschiedlich stark auf die Arbeitsmärkte der Bundesländer aus: Auf Basis einer Einteilung der Wirtschaftsabteilungen¹² über fünf Stufen von „nicht von Covid-19 betroffen“ bis hin zu „sehr stark betroffen“ wurde am Anfang der Pandemie die Ausgangssituation für Baden-Württemberg etwas günstiger als im Durchschnitt Deutschlands eingeschätzt. „Nicht betroffene“ Branchen sind beispielsweise Energie- oder Wasserversorger, Unternehmen der Telekommunikation oder die öffentliche Verwaltung; „stark“ bzw. „sehr stark betroffen“ sind unter anderem der Einzelhandel, kreative und künstlerische Tätigkeiten beziehungsweise die Luftfahrt, Beherbergungs- und Gastronomiebetriebe und Reisebüros (Böhme et al., 2020).

Während sich die Bundesländer in ihrer Betroffenheit nicht sehr stark voneinander unterscheiden, zeigt ein Blick auf Ebe-

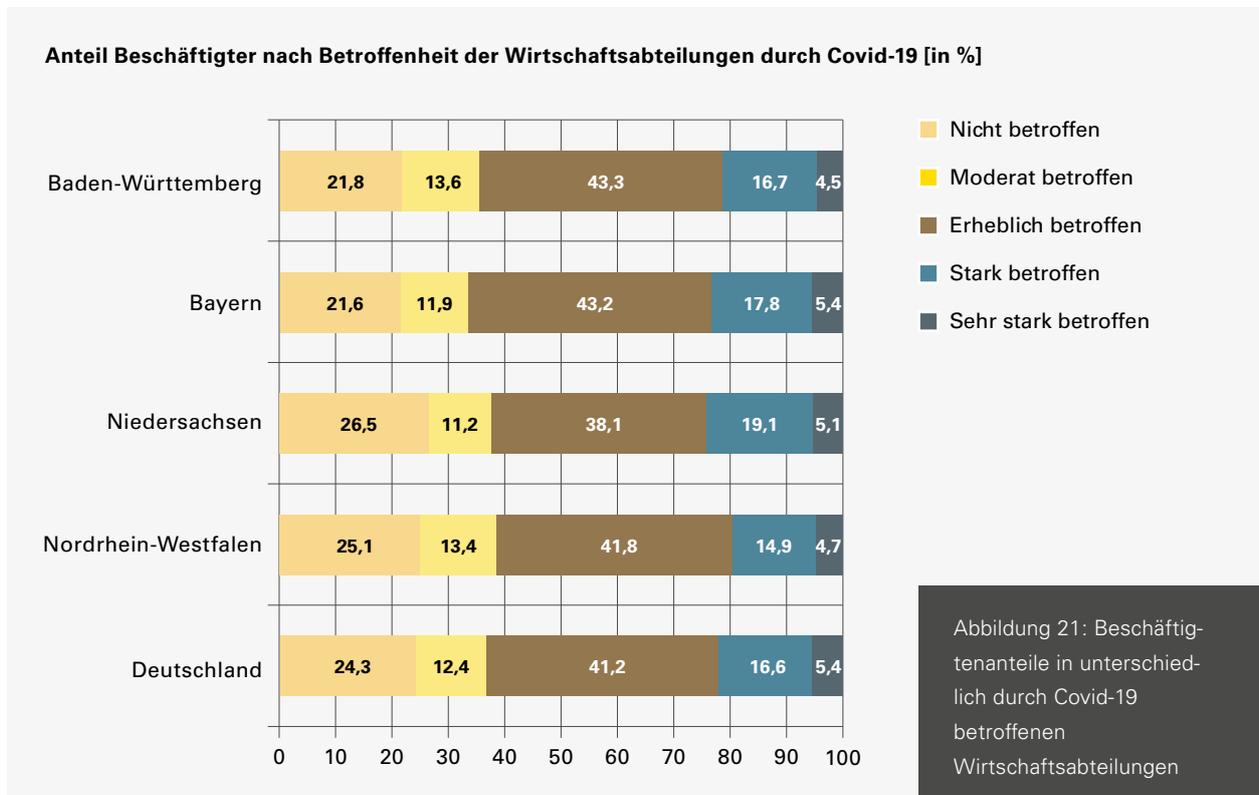
ne der Stadt- und Landkreise im ersten Lockdown, dass diese sehr unterschiedlich stark betroffen waren:

„Einerseits weisen bedeutende Industriestandorte im Norden wie im Süden des Bundesgebiets relativ hohe Anteile stark und sehr stark betroffener Wirtschaftszweige auf. Andererseits sind aber auch Regionen mit einer ausgeprägten Spezialisierung auf den Tourismus, hier vor allem eher ländliche Regionen in den norddeutschen Bundesländern, [...] überdurchschnittlich durch die pandemiebedingten Eindämmungsmaßnahmen betroffen.“ (Böhme et al., 2020)

So waren unter den fünf am stärksten betroffenen Kreisen vier Automobilstandorte außerhalb Baden-Württembergs: Wolfsburg, Ingolstadt, Dingolfing und Emden (Böhme et al., 2020; Seils und Emmmler, 2020).¹³ Dagegen gehörten drei baden-württembergische Kreise zu den fünf am wenigsten betroffenen

12 | Der hierarchische Aufbau der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) besteht aus fünf Ebenen: Wirtschaftsabschnitte, Wirtschaftsabteilungen, Wirtschaftsgruppen, Wirtschaftsklassen und Wirtschaftsunterklassen.

13 | In Emden und Wolfsburg wurde für jeweils mehr als 50 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten Kurzarbeit angezeigt, vgl. Seils und Emmmler, 2020, S. 5.



Kreisen: Biberach, der Hohenlohekreis und Tuttlingen.

Im Mai 2021 gehörte das Verarbeitende Gewerbe zu den eher durchschnittlich von der Coronakrise betroffenen Branchen: 32 % der Betriebe sahen sich „überwiegend negativ stark betroffen“, das entsprach exakt dem Durchschnitt über alle Branchen hinweg. Deutlich darunter lag nur das Baugewerbe mit einem Anteil von 14 %. Deutlich stärker betroffen sahen sich Branchen wie Verkehr und Lagerei (47 %) und vor allem das Gastgewerbe (85 %) (IAB, 2021b).

Die Instrumente zur Beschäftigungssicherung haben gegriffen. So lag die Beschäftigung Ende Dezember 2020 mit 4,77 Mio. sozialversicherungspflichtig Beschäftigten nur leicht unter dem Vorjahresquartal (-0,3 % bzw. ca. -15.400 Beschäftigte) (Bundesagentur für Arbeit, 2021). Das Verarbeitende Gewerbe war jedoch mit einer Abnahme um ca. 3 % am stärksten betroffen (ca. 44.900 Beschäftigte). Schon im Oktober 2020 waren in Baden-Württemberg 4.720.500 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte gemeldet, gegenüber dem Vorjahresmonat nur eine geringe Abnahme um -0,4 %. Bezogen auf Branchen zeigen Daten des Statistischen Landesamts leichte Verschlechterungen: Die Zahl der Betriebe ist im Verarbeitenden Gewerbe¹⁴ von Januar 2020 bis Mai 2021 um knapp 3 % zurückgegangen, im Maschinenbau betrug der Rückgang ca. -3 %, im Werkzeugmaschinenbau allerdings fast -4 %. Stabiler war die „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“, bei der die Zahl der Betriebe um knapp -2 % abnahm, hier waren allerdings die Zulieferer („Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen“) mit ca. -4 % stärker betroffen. Das Statistische Landesamt weist für das Verarbeitende Gewerbe einen Beschäftigungsrückgang um -4 % aus, im Maschinenbau sind es -7 % (-10 % im Werkzeugmaschinenbau), in der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen rund -6,4 % (Hersteller -6,4 %, Zulieferer -6,6 %).

Im ersten Lockdown von März bis Juli 2020 hat in Baden-Württemberg die Zahl der registrierten Arbeitslosen um etwa 30 % zugenommen, während es bundesweit mit 25 % etwas weniger waren. Das IAB Baden-Württemberg führt hier den coronabedingten Anstieg der Arbeitslosigkeit in Baden-Württemberg auf ca. 6 % zurück (Deutschland knapp 7 %). Der Anteil schwankte in Baden-Württemberg zwischen etwa 3 % im Neckar-Odenwald-Kreis und im Landkreis Schwäbisch-Hall

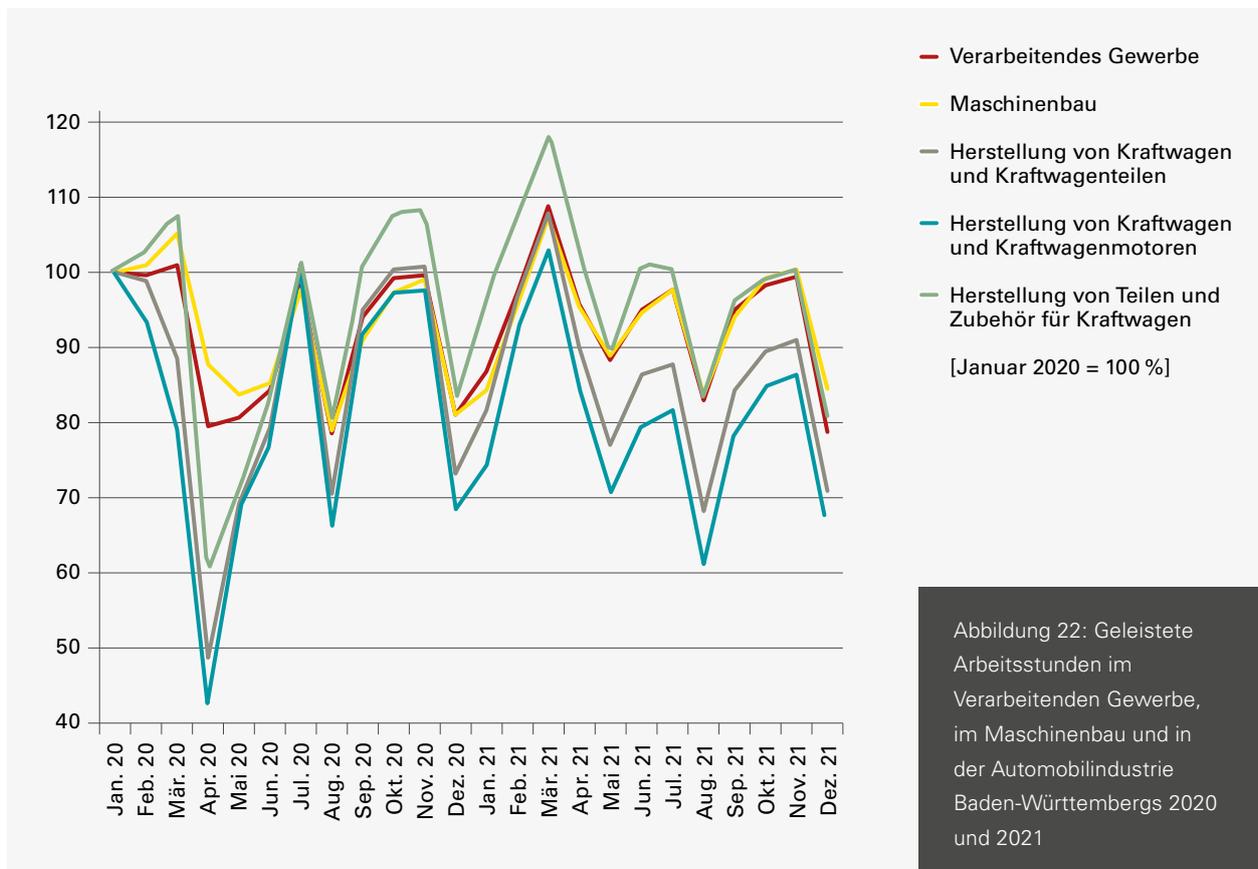
bis ca. 14 % in Baden-Baden mit dem hohen Anteil des Gastgewerbes. Auf den Rängen zwei und drei folgten Heilbronn (ca. 8 %) und Stuttgart (ca. 7 %). Da auch für Kreise wie Rastatt und Göppingen ein hoher Coroneffekt ermittelt wurde, schlägt sich hier möglicherweise auch eine schlechtere Beschäftigungsentwicklung in der Automobilindustrie sowie im Maschinenbau nieder (IAB, 2021c).

Im Juli 2021 beträgt die Arbeitslosenquote in Baden-Württemberg fast 4 %. Sie ist aufgrund der guten wirtschaftlichen Entwicklung gegenüber dem Vorjahresmonat um 0,5 % gesunken (Regionaldirektion Baden-Württemberg, 2021). Im Oktober 2020 lag sie noch mit ca. 4 % um 1,1 % über dem entsprechenden Vorjahresmonat (Regionaldirektion Baden-Württemberg, 2020).

Die Kurzarbeit gilt als wirksames Instrument zur Verhinderung von Arbeitslosigkeit. Im Zeitraum von März bis Oktober 2020 haben rund 126.000 Betriebe für 2,13 Mio. Beschäftigte Kurzarbeit angemeldet (Regionaldirektion Baden-Württemberg, 2020). Das ist das 60-Fache gegenüber dem Vorjahreszeitraum mit nur knapp 2.000 Kurzarbeitsanzeigen. Diese Zahlen spiegeln allerdings nur die maximal mögliche Inanspruchnahme der Kurzarbeit in Baden-Württemberg wider, weil erst nach der tatsächlichen Abrechnung des Kurzarbeitergeldes über die Arbeitgeber der tatsächliche Umfang der Kurzarbeit ausgewiesen werden kann. Für den Monat Juli 2020 schätzte die Regionaldirektion Baden-Württemberg den Umfang der tatsächlichen Kurzarbeit auf knapp 600.000 Beschäftigte in 48.500 Betrieben, das wären über 10 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Für Deutschland¹⁵ lag der Anteil der Kurzarbeiter:innen im Verarbeitenden Gewerbe im November 2020 bei rund 10 %, im ersten Lockdown im Mai 2020 lag er bei fast 30 % (Deutschland insgesamt im November 2020: ca. 7 %; im März 2020: ca. 16 %) (Bundesagentur für Arbeit, 2020).

14 | Die Daten des Statistischen Landesamts beziehen sich auf den „Berichtskreis 50+“, werden also für Betriebe mit mehr als 50 Beschäftigten ausgewiesen.

15 | Daten zur tatsächlichen Inanspruchnahme der Kurzarbeit werden nur vereinzelt ausgewiesen, für Baden-Württemberg wurde keine spezifische Veröffentlichung gefunden.



Der pandemiebedingte Rückgang des Produktions- und Arbeitsvolumens in den Betrieben wurde zunächst durch den Abbau von Arbeitszeitguthaben und Urlaub aufgefangen. Der Rückgang des Arbeitsvolumens während der Covid-19-Pandemie kann über die geleisteten Pro-Kopf-Arbeitsstunden¹⁶ dargestellt werden. Dabei zeigt sich der deutliche Rückgang der tatsächlich geleisteten Arbeit in der Automobilindustrie, der am Anfang der Pandemie im April 2020 auf etwa 50 % gegenüber dem Januar zurückging und der bei den Automobilherstellern (die Teilbranche 29.1 in der WZ 2008) etwas stärker als bei den Zulieferern (die Teilbranche 29.3 in der WZ 2008) ausfiel.

16 | Diese Auswertung ist nicht „kalenderbereinigt“, so dass z. B. eine unterschiedliche Anzahl von Arbeitstagen in den jeweiligen Monaten in die Auswertung einfließt.

Exkurs: Besonderheiten der Covid-19-Pandemie und Vergleich

mit anderen Krisen

Die Coronakrise ist bislang allgemein und aus wirtschaftlicher Perspektive im Vergleich mit anderen Krisen einzigartig, da zeitgleich sowohl ein Angebots- als auch ein Nachfrageschock mit globaler Dimension und über alle Sektoren hinweg resultierte. Insgesamt lassen sich unterschiedliche Krisen anhand deren Auswirkungen über folgende fünf Dimensionen hinweg vergleichen und so eine Einordnung vornehmen.

- **Regionale Begrenzung:** lokale vs. globale Auswirkungen
- **Zeitliche Begrenzung:** kurzfristige vs. langfristige Auswirkungen
- **Sektorale Begrenzung:** Einzelne vs. mehrere Wirtschaftsbranchen sind betroffen
- **Marktnachfrage:** leichter vs. starker Rückgang der Nachfrage
- **Produktionsangebot:** leichter vs. starker Rückgang der Produktion und Wertschöpfung

Diese Dimensionen dienen im Folgenden einer qualitativen Einordnung der Coronakrise im Vergleich mit weiteren Krisen der näheren Vergangenheit. Insbesondere relevant ist hierfür die Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009, aber auch der Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull, Island 2010, sowie das Tōhoku-Erdbeben und die Nuklearkatastrophe von Fukushima, Japan 2011, sollen für diese Einordnung herangezogen werden. Hierfür werden die Krisen nachfolgend jeweils in Steckbriefen beschrieben, der Fokus liegt dabei auf einer kurzen Erläuterung des Hintergrunds und der Folgen des Ereignisses, den Auswirkungen auf die Wirtschaft mit besonderem Fokus auf die Automobilbranche sowie daraus abgeleiteten Maßnahmen und Strategien der Automobilhersteller.



Quelle: Olivier Vandeginste/AdobeStock



Quelle: Fly_and_Dive/AdobeStock



Quelle: Norman Cham/AdobeStock

Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull Island, 20.03.2010

Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull an der Südküste Islands und Beeinträchtigung des Flugverkehrs in der nördlichen Hemisphäre durch Vulkanasche. Der Ausbruch wurde nach ca. neun Monaten offiziell für beendet erklärt.

Folgen

Ca. 500 Menschen wurden aus der unmittelbaren Umgebung aufgrund der Naturkatastrophe evakuiert. Eruptionswolken stiegen ca. 7.000 Meter in die Höhe und verteilten sich anschließend hauptsächlich über Nord- und Mitteleuropa.

Auswirkungen auf die Wirtschaft

Regional (v. a. Europa), sektoral (v. a. Luftfahrt- und Reisebranche) und zeitlich (ca. eine Woche) begrenzte Auswirkungen auf den Reise- und Luftverkehr. Die Produktion und die Lieferketten im Zusammenhang mit der Automobilindustrie waren dadurch nicht betroffen. Ausfall von ca. 100.000 Flügen, davon ca. 40.000 in Deutschland, Umsatzeinbußen der Luftverkehrsbranche i. H. v. ca. –2,5 Mrd. EUR. Warentransporte über See und Umschlaghäfen Europas nicht unmittelbar betroffen. Reduktion des globalen Luftverkehrs um ca. –18 %.

Strategien der Automobilhersteller

Keine unmittelbaren kurz- oder langfristigen Aktionen in der Automobilindustrie.



Abbildung 23: Krisen und deren Auswirkungen im Vergleich: Vulkanausbruch Eyjafjallajökull am 20.03.2010

Der Ausbruch des isländischen Vulkans hatte insbesondere Auswirkungen auf die Reise- und Luftfahrtbranche. Er kann als regional (v. a. Europa), zeitlich (ca. eine Woche) und sektoral begrenztes Ereignis eingeordnet werden. In diesem Zeitraum nahm der globale Luftverkehr aufgrund der Einschränkungen um ca. –18 % ab.

Ein unmittelbarer Rückgang von Marktnachfrage oder Produktangebot mit Bezug zur Automobilbranche war jedoch

aufgrund der begrenzten Auswirkungen nicht gegeben. Konkrete Maßnahmen der Automobilindustrie oder Strategien zur Anpassung in Folge der Naturkatastrophe sind nicht bekannt. Einschränkungen betrafen hauptsächlich den Transport von Personen (z. B. Geschäftsreisende). Waren- und Gütertransporte zur Aufrechterhaltung von Liefer- und Wertschöpfungsnetzwerken hingegen waren kaum betroffen.

Tōhoku-Erdbeben und Nuklearkatastrophe von Fukushima Japan, 11.03.2011

Ein Erdbeben der Stärke 9,0 und der daran anschließende Tsunami führten zu einer Kernschmelze im japanischen Atomkraftwerk Fukushima. Wasserstoffexplosionen gaben große Mengen Radioaktivität frei und führten zu einer atomaren Verseuchung.

Folgen

Ca. 18.500 Menschen kamen unmittelbar ums Leben, große Landstriche wurden verwüstet, ca. 470.000 Menschen wurden evakuiert und/oder umgesiedelt, Grad der Verstrahlung und Langzeitfolgen sind bis heute nicht abzuschätzen.

Auswirkungen auf die Wirtschaft

Regional (v. a. Japan), sektoral (v. a. Elektronik-Zuliefererindustrie) und zeitlich (ca. ein Monat) begrenzte Auswirkungen auf die Produktion im Zusammenhang mit der Automobilindustrie. Ca. 40 Zulieferer und ca. 20 OEM-Produktionsstandorte waren zeitweise betroffen. Ausfall von Warentransporten und Umschlaghäfen in den Regionen Tokyo und Yokohama (ca. 40% der japanischen Containerschifffahrt). Ausfall der Produktion von Vorprodukten für Pkw (v. a. Elektronik, Umfang 10 Mrd. EUR, 35% globaler Marktanteil; auch Halbleiter, mechanische Teile im Antriebsstrang, Getriebe) führten zu globalen Unterbrechungen der Wertschöpfungs- und Lieferketten und zeitlich begrenzten Produktionsstopps v. a. in den USA, Frankreich und Deutschland. Rückgang der japanischen Pkw-Produktion: ca. -320.000 Fahrzeuge.

Strategien der Automobilhersteller

Einrichtung von Task-Forces zur Überwachung und Reinitialisierung der Lieferketten. Kurzfristige Suche nach alternativen Zulieferern und Alternativteilen. Kurzarbeit bei Schichtausfall.



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 24: Krisen und deren Auswirkungen im Vergleich: Tōhoku-Erdbeben und Nuklearkatastrophe von Fukushima am 11.03.2011

Die Kernschmelze im japanischen Atomkraftwerk Fukushima im Jahr 2011 als Folge eines Erdbebens der Stärke 9,0 und eines daran anschließenden Tsunamis führte zu einer großräumigen radioaktiven Verstrahlung, deren Langzeitfolgen bis heute noch nicht abzusehen sind. Die wirtschaftlichen Auswirkungen dieser – ebenfalls durch eine Naturkatastrophe hervorgerufenen – Krise waren sowohl regional (v. a. Japan), zeitlich (ca. ein Monat) und sektoral (v. a. Elektronik-Zulieferindustrie) begrenzt, aber in ihrem Umfang stärker und breiter als die Folgen des isländischen Vulkanausbruchs. So führte diese Krise beispielsweise auch zum Rückgang und Ausfall von Warentransporten in den Regionen Tokyo und Yokohama, deren Häfen ca. 40% des japanischen Containerschifffahrt-Volumens abdecken.

Der Ausfall der regionalen japanischen Produktion von Vorprodukten resultierte demnach auch in Unterbrechungen der Wertschöpfungs- und Lieferketten in anderen Ländern, z. B. in den USA, Frankreich und Deutschland. Durch den zeitweisen Ausfall von OEM- sowie Zulieferer-Produktionsstandorten ging das Produktionsvolumen japanischer Pkw um ca. 320.000 Fahrzeuge zurück. In direkter Konsequenz reagierten die europäischen Automobilhersteller mit kurzfristig initiierten Suchen nach alternativen Zulieferern und Alternativteilen, mit der Einführung von Kurzarbeit bei Ausfall von Produktionsschichten sowie mit der Einrichtung von Teams und Task-Forces, um Lieferketten zu überwachen und möglichst reibungslos reinitialisieren zu können.

Finanzkrise ab 15.09.2008

Globale Finanz- und Wirtschaftskrise aufgrund eines Zusammenbruchs des US-amerikanischen Immobilienmarkts und ausfallender Kreditrückzahlungen. Dies führte zu Insolvenzen und Insolvenzgefahren sog. systemrelevanter Finanzunternehmen und in Konsequenz zur Euro- und Staatsschuldenkrise 2010 in Europa.

Folgen

Global abgeschwächtes Wirtschaftswachstum und Rezessionen, höhere Arbeitslosigkeit.

Auswirkungen auf die Wirtschaft

Regional (weltweit) und sektoral (alle Branchen) unbegrenzte Auswirkungen der Finanzkrise. Zeitlich auf ca. 2-5 Jahre eingrenzbar, mit anschließend stetig wachsender Produktion im Zusammenhang mit der Automobilindustrie. Rückgang Konsum in Deutschland, niedrige Reallöhne, hohe Sparquote. Wertschöpfungsanteil der Industrie in Deutschland ist konstant oder sogar leicht steigend, jedoch ist Deutschland durch den hohen Exportanteil (ca. 50 %) massiv nachfrageseitig betroffen. Rückgang der Auftragseingänge der deutschen Automobilindustrie bis Mitte 2009 -47 %; Maschinenbau -49 %. Weltweiter Rückgang Pkw-Absatz 2009: -5 %; deutsche Automobilproduktion: -1 %. Weltweiter Rückgang des Warenexports um -11,2 %, des Warenimports um -11,8 %.

Strategien der Automobilhersteller

Kaufanreize, Rabatte, Steigerung der Marktnachfrage. Übergang zu Dual Sourcing bei kritischen Komponenten/ Zulieferern. Anpassung und Drosselung der Produktion. Nutzung arbeitsmarktpolitischer Instrumente, Kurzarbeit.



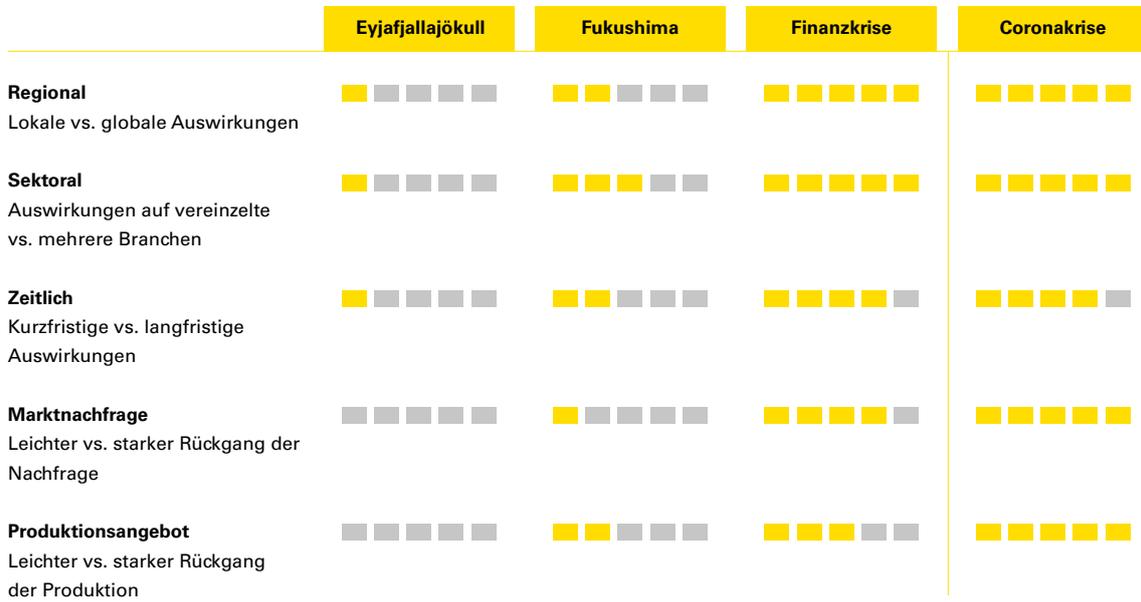
Abbildung 25: Krisen und ihre Auswirkungen im Vergleich: Finanz-, Euro- und Schuldenkrise ab 15.09.2008

Die Finanz- und Wirtschaftskrise resultierte aus einem Zusammenbruch des US-amerikanischen Immobilienmarkts und führte letztlich zu einem Einbruch des Wirtschaftswachstums und zu Rezessionen im Rahmen der Euro- und Staatsschuldenkrise 2010. Die Krise hatte demnach globale Auswirkungen auf alle Wirtschaftsbranchen und ist in ihrer unmittelbaren Wirkung auf etwa zwei bis fünf Jahre eingrenzbar mit danach wieder stetigem Wirtschaftswachstum. Aufgrund der hohen Exportabhängigkeit Deutschlands waren starke Auswirkungen auf die Wirtschaftslage (bis zu -5 % BIP, Q1 2009) und den Arbeitsmarkt zu erkennen. Damit nahm die Nachfrage auch auf dem Automobilmarkt stark ab (-5 % Pkw-Absatz weltweit 2009), so dass letztlich über einen Rückgang der Auftragseingänge (-47 %) auch das Produktionsangebot entsprechend negativ betroffen war. Risiken in Bezug auf die Liefer- und Wertschöpfungsketten der Automobilindustrie waren hier allerdings

eher aus finanziellen und in Konsequenz strukturellen Schwierigkeiten und Insolvenzgefahren der Zulieferer gegeben, weniger aus unmittelbaren Produktions- und/oder Lieferausfällen. Bemerkenswert ist jedoch, dass die deutsche Automobilindustrie ihre Wertschöpfungsanteile trotz negativer Absatzentwicklung im internationalen Wettbewerb konstant halten oder sogar steigern konnte.

Konkrete Maßnahmen von Politik und Automobilindustrie in Folge der Finanzkrise waren u. a. Kaufanreize und Rabatte zur Steigerung der Marktnachfrage, die Nutzung arbeitsmarktpolitischer Instrumente (wie Kurzarbeit) und die Anpassung und Drosselung von Produktionsvolumina. In Konsequenz der z. T. schwierigen wirtschaftlichen Lage bei Zulieferern wurden von den OEM verstärkt Dual-Sourcing-Strategien bei kritischen Komponenten und/oder Zulieferern diskutiert bzw. eingeführt.

Qualitativer Vergleich der Krisen und ihrer Auswirkungen



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 26: Die Coronakrise und ihre Auswirkungen im qualitativen Vergleich

Im qualitativen Vergleich der dargestellten Krisen über die unterschiedlichen Dimensionen hinweg sind die besondere Intensität und die spezifischen Charakteristika der Coronakrise erkennbar. Während auch im Vergleich mit der Finanzkrise 2008 zu sehen ist, dass Indikatoren der räumlichen und sektoralen Auswirkungen ähnlich zu bewerten sind, so sind die unmittelbaren Auswirkungen der Pandemie und des damit einhergehenden Lockdowns als gravierender zu bewerten, in Bezug auf den Rückgang sowohl der Marktnachfrage als auch des Produktionsangebots in der Automobilindustrie, wie detailliert in Kapitel 3 beschrieben.

Die zeitliche Dimension ist aufgrund von Unsicherheiten über den weiteren Verlauf der Pandemie und möglicher Entwicklungen in Bezug auf das Infektionsgeschehen im Vergleich noch schwierig einzuordnen.

Der dargestellte Vergleich exemplarischer Krisen und ihrer Auswirkungen auf industrielle Wirtschaftssektoren ist beispielhaft und nicht abschließend. Er zeigt auf, dass Krisen und/oder externe Störungen in unterschiedlichen Dimen-

sionen und unterschiedlicher Intensität auf Wertschöpfungsaktivitäten und globalisierte Lieferantennetzwerke wirken können und jeweils individuelle Strategien der Anpassung erfordern. Gemeinsam ist allen, dass zwischen kurzfristigen Aktivitäten zum Umgang mit der jeweiligen Störung und langfristigeren strategischen Maßnahmen differenziert werden kann, um im Sinne eines prospektiven Risikomanagements die Widerstandsfähigkeit gegenüber zukünftig auftretenden Krisen zu stärken.

Auch können zwischen unterschiedlichen krisenhaften Ereignissen und deren Folgen bzw. Maßnahmen zur Bewältigung Wechselwirkungen bestehen. Etablierte strategische Maßnahmen aus der Fukushima-Krise 2011 (wie die Einrichtung von Task-Forces und Notfall-Teams) führten so z. B. auch in der Coronakrise 2020 bei vereinzelten Unternehmen zu Vorteilen im Umgang mit den Störungen und zur Reduzierung der unmittelbaren negativen Effekte. Eine umfassende Analyse dieser und weiterer Wechselwirkungen aber kann im Rahmen dieser Studie nicht geleistet werden.

04

Bewältigung der Covid-19-Pandemie



04

Bewältigung der Covid-19-Pandemie

In Kürze

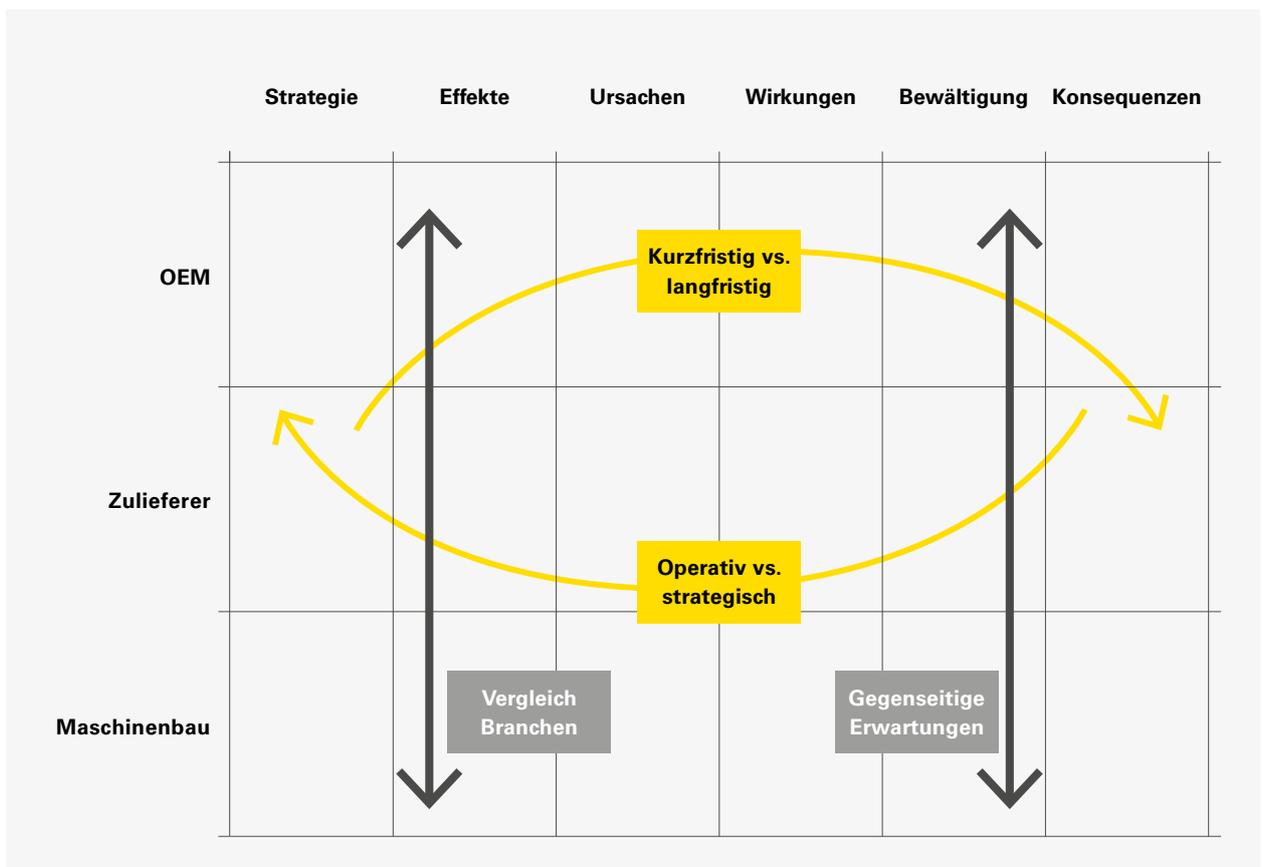
- Für Unternehmen kamen im Herbst 2020 (erster Untersuchungszeitpunkt) mehrere Krisenfolgen zusammen: v. a. Lockdowns mit Betriebsschließungen, Änderungen betrieblicher Abläufe zum Infektionsschutz und Störungen des Warentransports – z. B. durch Grenzschließungen – beeinträchtigten die Geschäftstätigkeiten.
- Das führte in Konsequenz zu „eingefrorenen“ Lieferketten, kurzfristig stornierten Lieferabrufen und Schwierigkeiten in Bezug auf die Abnahme von (Vor-)Produkten, die insbesondere Zulieferer betrafen.
- Kurzfristig reagierten Unternehmen mit Maßnahmen wie Kurzarbeit, Anpassung der Arbeitsabläufe für einen höheren Infektionsschutz, Anpassung der Lagerbestände und der Einrichtung zentraler Task-Forces zur Verbesserung von Kommunikation und Logistikplanung.
- Strategisch langfristige Optionen zum zukünftigen Umgang mit externen Störungen wurden in den Unternehmen diskutiert, u. a. die Erhöhung von Lagerbeständen bei sog. kritischen Komponenten sowie die Anpassung von Beschaffungsstrategien durch stärkeres Multiple Sourcing und Reshoring.
- In direkter Folge der Covid-19-Pandemie entwickelte sich ein Versorgungsengpass bei Halbleitern als kritischer Komponente für die Automobilindustrie. Die Hintergründe dieser „Halbleiterkrise“ werden in einem Exkurs im Detail erläutert.

Im Frühjahr 2020 schien die Automobilindustrie mit ihrer hohen Abhängigkeit von Exporten (ca. 55 % im Jahr 2019) und den über Jahrzehnten geschaffenen Strukturen einer diversifizierten, internationalisierten Arbeitsteilung in globalen Wertschöpfungsnetzwerken besonders anfällig für externe Störungen und Unterbrechungen in der Lieferkette zu sein, so zumindest lauteten viele der Schlagzeilen in den ersten Pandemienmonaten: „Die verletzte Lieferkette der Autoindustrie“, „Lieferketten der Autoindustrie wackeln wegen Corona“ oder „Produktionsstopp in der Automobilindustrie wegen Coronavirus“. Dieser Zusammenhang wurde im Rahmen dieser Studie in mehreren Expertengesprächen und Tiefeninterviews diskutiert. Ziel war es so, die durch die Coronakrise entstandenen Effekte und Wirkungen in den betroffenen Unternehmen der Automobilindustrie auf allen Stufen der Wertschöpfung (OEM, Zulieferer) und des ausrüstenden Maschinenbaus zu identifizieren und Maßnahmen zu deren Bewältigung aufzugreifen. Letztere umfassen sowohl unmittelbar aus der Krise und dem Lockdown entstandene operative, eher kurzfristige Maßnahmen als auch strategische Optionen und Konsequenzen mit eher längerfristiger Perspektive. Diese zielen auf eine generelle Steigerung der Widerstandsfähigkeit in Bezug auf externe Störungen der Produktions- und Lieferketten ab.

Die insgesamt 26 leitfadengestützten Experteninterviews wurden im Zeitraum Juli 2020 bis August 2021 durchgeführt. Sie umfassen den kompletten Zeitraum des Ausbruchs der Pandemie im Frühjahr 2020, den ersten (März 2020 bis Mai 2020) und zweiten Lockdown (Dezember 2020 bis Mai 2021) sowie die anschließenden Zeiträume der wirtschaftlichen Erholung. Die Interviewpartner:innen nehmen vorrangig leitende Positionen ein (u. a. Vorstandsvorsitzende, Leiter:innen des Einkaufs, Leiter:innen der Logistik, Werkleiter:innen, Produktion, Lieferantenmanagement) und entstammen allen Wertschöpfungsstufen der Automobil- und Maschinenbauindustrie: OEM, Systemzulieferer (Tier 1), Zulieferer (Tier 2 und Tier 3), Dienstleister sowie zusätzlich Verbände und Gewerkschaften.

Die Interviews wurden zusammengefasst, Aussagen anhand der Struktur des Interviewleitfadens geclustert und Ergebnisse in anonymisierter Form aufbereitet und gegenübergestellt. Diese werden im Weiteren ausgeführt für die Bereiche

- Ursachen der Störung
- resultierende Effekte und Wirkungen
- eingeleitete Maßnahmen (kurzfristig-operativ)
- strategische Optionen (langfristig-strategisch)



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 27: Interviewleitfaden und Analyseraster

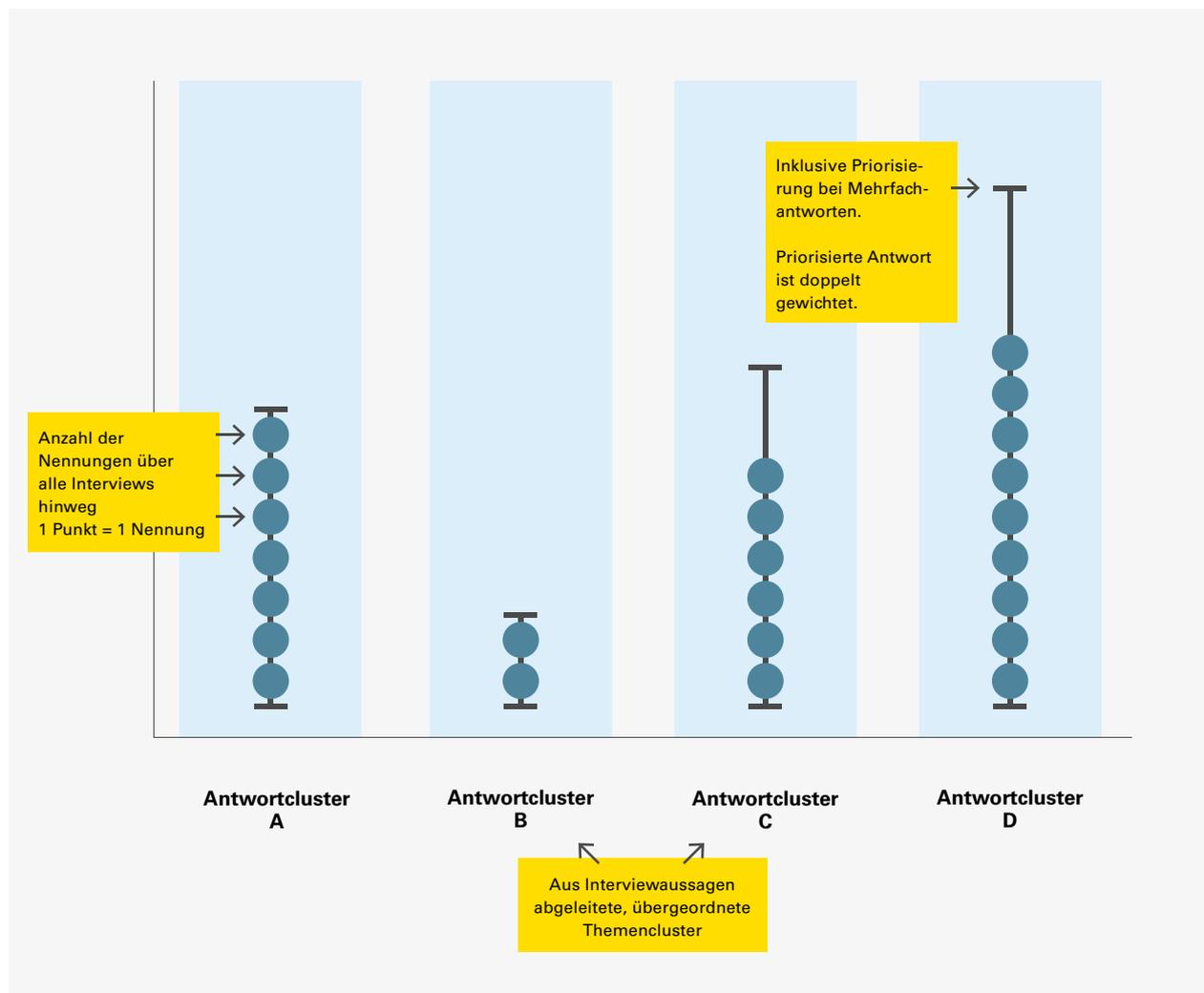
Die Auswertung der Interviews wird im Folgenden über Balkendiagramme und Zuordnung von Interviewaussagen zu Themenbereichen vorgenommen. Jede Nennung wird gezählt, zugeordnet und grafisch über einen blauen Punkt im zugehörigen Feld visualisiert.

Sofern die Interviewpartner:innen mehrere Themen gleichzeitig benannt haben, so wird die Aussage mit der höchsten Relevanz für die Fragestellung laut Interviewpartner:in doppelt gewichtet. Diese Gewichtung ist im Folgenden über alle Interviews hinweg i. S. einer Boxplot-Darstellung als „Maximum“ visualisiert.

4.1 Konkrete Ursachen für Störungen im Produktionsablauf

Bei der Frage nach den durch die Coronakrise hervorgerufenen konkreten Ursachen für Störungen im Betriebs- und Produktionsablauf haben die Interviewpartner:innen insgesamt auf drei wesentliche Bereiche fokussiert: „Grenzschießung und Warentransport“, „Lieferung kritischer Vorprodukte“ und „Lockdown des Betriebs“.

Hierbei war der durch die Pandemie ausgelöste Shutdown des Betriebs die mit Abstand am häufigsten genannte Ursache für die Störung. Bei Mehrfachnennung verschiedener Ursachen



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 28: Erläuterung zur Darstellung der Interviewauswertung

und anschließender Priorisierung der Antworten wurde diese zusätzlich auch als mit Abstand relevanteste benannt.

Auch die im Rahmen des Lockdowns realisierten Grenzschießungen und damit verbundenen Unterbrechungen von grenzüberschreitenden Warentransporten wurden relativ häufig als Grund für eine Störung des Produktionsablaufs genannt.

Der Ausfall von für die Produktion eigener Teile/Komponenten besonders wichtigen und kritischen Vorprodukten hingegen spielte bei den Interviewpartner:innen eine nur untergeordnete Rolle und wurde insgesamt zwei Mal benannt.

Grenzschießung Warentransport

Sieben Interviewpartner:innen benannten die durch Grenzschießungen verursachten Ausfälle im Warentransport als konkrete Störung mit direkter Konsequenz für den eigenen Produktions- und Geschäftsbetrieb. Ein Experte ordnete diese auch im Vergleich mit den anderen Themenbereichen als relevanteste Ursache ein. Insbesondere die Einschränkung von Warentransporten aus anderen EU-Ländern (wie z. B. Italien) hatte große negative Effekte auf die eigenen Produktionsmöglichkeiten. Mit der globalen Krise trafen Störungen der Warentransporte – beispielsweise zwischen den USA und dem Nachbarland Mexiko – auch internationale Produktionsstätten. Stark betroffen wären die baden-württembergischen Produktionsstätten bei weiteren Grenzschießungen osteuropäischer Länder, wie z. B. Tschechien oder Ungarn.

„Das [Transportproblem] betraf bei uns die relevanten Märkte, das war in Europa vor allem Italien. Dass Italien einen Lockdown eingeführt und die gesamte Automobil- und Zuliefererindustrie in Norditalien geschlossen hat, das hat uns sehr hart getroffen. Wir hatten bei Materialien aus Italien zum Teil nur Bestände von einem halben oder eineinhalb Tagen. In Mexiko hatten wir ein ähnliches Problem zur Versorgung der Werke in Nordamerika, und teilweise konnten wir Material aus China nicht liefern lassen. Das alles hat weh getan. Aber unser größtes Problem, womit wir überhaupt nicht gerechnet hatten, das war ein Lockdown innerhalb der EU. Italien, das war der Super-GAU.“ (Exp.)

„Die Zulieferer waren massiv betroffen, weil sie Anfang Mai hochfahren wollten, aber nicht konnten, weil eben Zulieferteile gefehlt haben. Das zeigt, wie verletzlich die Lieferketten sind. Nachdem alles offen war, hat es mich gewundert, dass es schnell und reibungslos wieder angelaufen ist. Wenn ein Teil

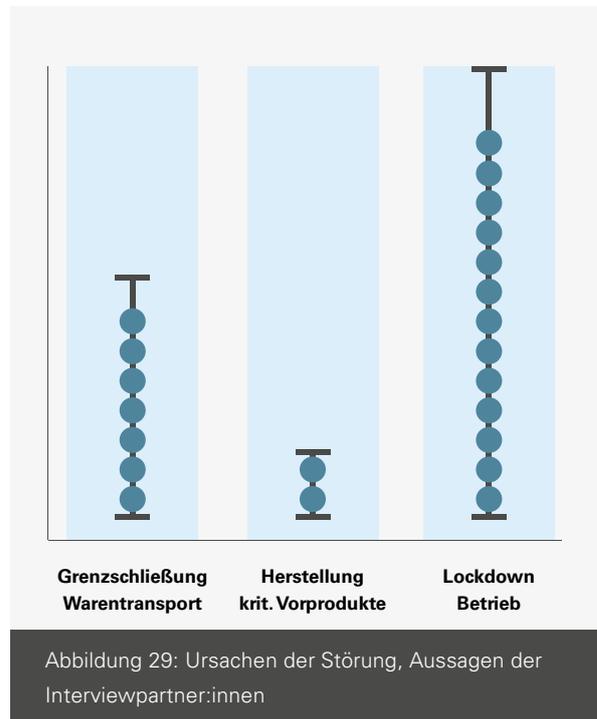


Abbildung 29: Ursachen der Störung, Aussagen der Interviewpartner:innen

[der Unternehmen] zu ist und ein Teil nicht zu, dann gerät das System total aus den Fugen.“ (Exp.)

Herstellung kritischer Vorprodukte

Nur zwei Interviewpartner:innen benannten den Ausfall von Vorlieferanten mit kritischen Vorprodukten als konkrete Ursache für Störungen in den eigenen Produktionsabläufen. Hierbei wurden unter anderem Elektronikkomponenten, Kabelstränge, Steuergeräte, aber auch Vorprodukte aus der Textilindustrie (wie z. B. Leder) exemplarisch als kritische Produkte für insbesondere OEM und Systemzulieferer genannt. Die Mehrzahl der befragten Unternehmen aber sah keine relevanten Engpässe in der Lieferung kritischer Vorprodukte und Teile für die eigene Produktion.

„Die Analyse [zu kritischen Komponenten] wurde auch von den Tier-1-Unternehmen gemacht. Die wissen, welche kritischen Komponenten sie brauchen, alle haben ihre Hausaufgaben gemacht. Wir haben diese Situation nicht zum ersten Mal, sondern hatten in den letzten zehn Jahren drei größere, problematische Ereignisse: erstens die Finanzkrise, dann die Aschewolke über Island und dann hatten wir Fukushima. Und jetzt haben wir Covid-19. Also wir kennen die kritischen Komponenten. Nur waren die anderen Ereignisse regional begrenzt und jetzt ist die Situation weltweit problematisch.“ (Exp.)

„Es gibt keine Produktklasse, die jetzt besonders betroffen wäre.“ (Exp.)

Lockdown Betrieb

13 Interviewpartner:innen nannten die durch den Lockdown hervorgerufene Schließung des Betriebs und der Produktionsstätten als wesentliche Ursache für im Rahmen von Covid-19 aufgetretene Störungen. Vier Expert:innen ordneten diese bei Mehrfachantwort zudem auch im Vergleich mit der Grenzschließung und eingeschränktem Warentransport sowie Schwierigkeiten bei der Lieferung kritischer Vorprodukte als relevanteste Ursache ein.

„Ich kann Ihnen sagen, dass die Produktion von Fahrzeugen im April, wahrscheinlich sogar von der letzten Märzwoche bis in die erste Maiwoche in Deutschland komplett gestanden hat. Da ist nichts produziert worden. Höchstens im Lager hat man weiter Bestände aufgebaut, um sicherzugehen, dass der Wiederaufstart klappt. Aber das wurde auch nicht mit voller Kapazität gemacht.“ (Exp.)

„Prinzipiell zieht es sich durch die gesamte Wirtschaft, weil jede Branche von einem Lockdown betroffen ist. Wenn es einen Lockdown gibt und die Mitarbeiter:innen nicht mehr zur Arbeit kommen, dann ist es relativ unabhängig, welches Produkt wir bearbeiten. Im Unterschied zu der Finanzkrise vor zehn Jahren, die sich ja sehr stark auf die USA und Europa beschränkt hat, handelt es sich jetzt um eine weltweite Krise, von der jeder betroffen ist.“ (Exp.)

4.2 Resultierende Effekte und Wirkung der Störungen

Bei der Frage nach unmittelbar resultierenden Effekten und Wirkungen der Coronakrise wurden insbesondere vier Themenbereiche hervorgehoben und anschließend geclustert: „Shutdown Produktion“, „Shutdown Entwicklung“, „Kommunikationsschwierigkeiten“ und „Unklare Bedarfe/Lieferabrufe und Stornierungen von Aufträgen/Bestellungen“.

Die Nennungen in Bezug auf „Shutdown Produktion“, „Kommunikationsschwierigkeiten“ sowie „Unklare Bedarfe/Lieferabrufe/Stornierungen“ waren hierbei am häufigsten.

Bei Mehrfachnennung und dann folgender Gewichtung der unterschiedlichen Bereiche untereinander wurde insbesondere der letztgenannte Bereich als sehr relevanter Effekt mit hoher

Wirkung auf die Betriebsabläufe hervorgehoben. Ein Shutdown auch der Entwicklungsabteilungen wurde im Vergleich zu den anderen unmittelbaren Effekten relativ selten genannt.

Shutdown Produktion

Zehn Interviewpartner:innen waren von einem direkten Shutdown der eigenen Produktionswerke in Folge der Covid-19-Pandemie betroffen. Diese Schließungen kamen zum Teil abrupt, insbesondere als Folge des späteren politischen Lockdowns. Zu Beginn der Krise Anfang März 2020 aber kündigten sie sich eher schleichend und über mehrere Wochen hinweg an. Unsicherheiten der Kund:innen führten zur Rücknahme und/oder fast täglichen Veränderung von Bestellungen, wobei die Zuliefererkette in dieser Zeit häufig weiterlief und aktiv gehalten wurden – verbunden mit ständiger Beobachtung der Marktentwicklung.

Nach Ende des ersten Lockdowns im Mai/Juni konnte die Produktion relativ schnell und unkompliziert wieder hochgefahren werden, die benötigten Vorprodukte konnten zu überwiegenen Teilen wieder bereitgestellt werden. Im Management der Betriebe wich das Bild der „gerissenen Lieferketten“ dann relativ schnell dem der nur „eingefrorenen Lieferketten“.

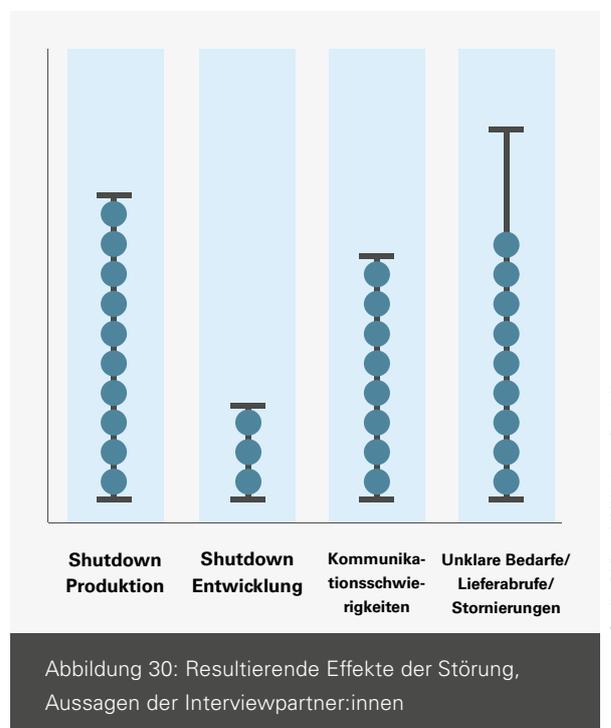


Abbildung 30: Resultierende Effekte der Störung, Aussagen der Interviewpartner:innen

„Mich hat überrascht, dass es beim Wiederanlauf im Mai/Juni relativ reibungslos geklappt hat. Das hätte ich nicht gedacht, sondern mit deutlich stärkeren Verwerfungen gerechnet. Die Maschinerie ist aber gut wieder angelaufen. In der heutigen extrem hohen Arbeitsteilung in der Fahrzeug- und Zuliefererindustrie werden Unmengen an Teilen aus unterschiedlichen Ländern zugeordnet, das muss alles funktionieren. Mich hat in der Tat gewundert, dass das wieder so gut funktioniert hat.“ (Exp.)

„Wir haben am Anfang überlegt, was passiert, wenn wir die Bänder anhalten. Da gab es zwei Lager bei uns: Die einen sagten, wir müssen uns extrem auf den Wiederanlauf vorbereiten. Und die andere Gruppe sagte, wir müssen eigentlich gar nichts tun, wir haben es nur eingefroren. Wie im Film, wenn eine Szene einfach anhält. Und genau das Letzte haben wir erlebt.“ (Exp.)

Shutdown Entwicklung

Nur drei der interviewten Gesprächspartner:innen benannten neben einem Shutdown der Produktion auch einen kompletten Shutdown der unternehmerischen Entwicklungsabteilungen und -dienstleistungen. Die Mehrzahl der befragten Betriebe und/oder Verbände berichtete zwar von anfangs teilweise schwierigeren Übergangsphasen bei Verlegung der Tätigkeiten in das Home-Office.¹⁷ Eine Anpassung von IT-Systemen und -Infrastrukturen aber ermöglichte dann relativ schnell wieder vollen Zugriff auf die relevanten Daten und Programme. So konnten auch Ingenieur:innen und Entwickler:innen – sofern nicht in Kurzarbeit – aus dem Home-Office bzw. dem mobilen Arbeiten den ursprünglichen Entwicklungstätigkeiten nachgehen. Labore und Prüfstände wurden nach der Phase des ersten Lockdowns priorisiert wieder in den Präsenzbetrieb überführt. In einigen Unternehmen wurde bei Forschungs- und Entwicklungsarbeiten priorisiert, so dass z. B. nur Themen der neuen Antriebstechnologien und der Elektrifizierung nicht von einem Shutdown bzw. von Kurzarbeit betroffen waren.

„Meinen Informationen nach haben die Entwickler:innen weitergearbeitet, aber unter erschwerten Bedingungen. Das heißt, bestehende Forschungsverträge wurden natürlich eingehalten. Aber nur ausgewählte Mitarbeiter:innen wurden unter hohen Sicherheitsvorkehrungen in die Forschungsabteilungen gelassen. Alles ist extrem runtergefahren.“ (Exp.)

„Die Entwicklungsteams im Bereich der Elektrifizierung wurden ohne Einschnitte den Lockdown hindurch beschäftigt.“ (Exp.)

Kommunikationsschwierigkeiten

Acht Gesprächspartner:innen nannten generelle Kommunikationsschwierigkeiten als direkten Effekt der durch die Coronapandemie induzierten Störungen, insbesondere als Folge des Shutdowns der Betriebe und bezogen auf die unmittelbar vor- oder nachgelagerte Stufe der Wertschöpfungskette. Bisherige Ansprechpartner:innen waren aufgrund der Betriebsschließungen und/oder der Kurzarbeit nicht mehr oder durch den Transfer ins Home-Office bzw. mobile Arbeiten zumindest kurzzeitig eingeschränkt verfügbar, so dass die Abstimmungsqualität und die Planbarkeit für eigene Aktivitäten verschlechtert wurden. Die größten Auswirkungen auf die eigenen unternehmerischen Arbeiten hatten dabei Kommunikationsschwierigkeiten „nach oben“ hin zum Kunden bzw. Auftraggeber. Ein Interviewpartner hingegen nannte einen gegenteiligen Effekt der Coronapandemie: Eine stark gestiegene Intensität von Kommunikations- und Abstimmungsaktivitäten vor dem Hintergrund der unsicheren Situation vor und während des Lockdowns, insbesondere bei mittelständischen Betrieben und Unternehmenseigentümern.

„Kommunikationsprobleme hatten wir auch, aber wir haben die Kundenseite jede Woche überwacht: Wer läuft wann wie wieder an, das haben wir alles intensiv abgefragt bei den Kunden und hatten auch ein recht gutes Bild. Aber einige haben sehr kurzfristig entschieden und z. B. gesagt, wir machen doch nicht auf, und dann noch eine Woche verlängert und noch eine. Das war schon ein Problem, da man die Arbeitskräfte vorhalten muss. Und das wurde – je länger die Krise gedauert hat – zum Problem. Dann gab es ein ruckartiges Anfahren, es ging plötzlich los.“ (Exp.)

„Beginnend mit dem 16. März 2020, und das zog sich noch durch den April bis in den Mai rein, da haben unsere Kunden – die OEM und die Systemlieferanten – verrückt gespielt. Das ist etwas plakativ, aber deren Aussagen waren höchst widersprüchlich. Montag wurde alles storniert, Dienstag kam das Schreiben, ihr seid verpflichtet, lieferbereit zu sein. Mittwoch wurde doch wieder abgerufen, und Donnerstag wurde das am Werkstor nicht abgenommen. Also ein völliges Bestell- und Lieferabrufchaos.“ (Exp.)

17 | Home-Office wird in dieser Studie als Oberbegriff auch i. S. von Telearbeit und „mobiler Arbeit“ verwendet.

„Ich hätte gerne mehr Verlässlichkeit für die Planung, indem Entscheidungen gezielt getroffen werden. Das Hin und Her macht den Lieferanten verrückt. Er ist in der Kette drin, muss erfüllen, hat viel zu spät die Möglichkeit zu reagieren und weiß dann gar nicht, wie er es machen soll. Wir können uns hier gegenseitig in der Zukunft deutlich helfen, wenn mehr Verlässlichkeit in der Vorausplanung da wäre. Bei Covid war das nicht vorhersehbar, aber für die Zukunft sollte ein solches Szenario abgeleitet werden: Was wäre wenn und was muss ich tun? Da sind wir nicht aufgestellt. Man geht davon aus, dass jede große Firma ein Krisenmanagement hat, keine Frage, bei Bränden etc. gibt es das. Aber hier gab es für uns einfach nichts zu produzieren, weil es keinen Kunden gab. Da müssen wir uns jetzt gemeinsam Gedanken machen, wie wir gemeinsam damit umgehen.“ (Exp.)

Unklare Bedarfe und Lieferabrufe sowie Stornierungen von Aufträgen und Bestellungen

Neun Interviewpartner:innen nannten unklare Bedarfe und Lieferabrufe bzw. Stornierungen von Aufträgen und Bestellungen als konkrete Effekte der Coronakrise, vier davon bewerteten diese gleichzeitig als relevantestes Problem, auch im Vergleich mit den anderen resultierenden Effekten und Wirkungen. Für die Zulieferer stellten vor allem kurzfristige Änderungen und Stornierungen von Bestellungen ab Mitte März 2020 ein erhebliches Problem dar, Bestellungen wurden von den Kunden zum Teil täglich verändert, um Bedarfe möglichst aktuell und flexibel an die weitere wirtschaftliche und politische Entwicklung anzupassen. Erschwerend kam hinzu, dass Bedarfe und Meldungen nicht nur hin zum Kunden, sondern sogar auch inhouse nicht final abgestimmt waren und sich teilweise sogar widersprachen. Dies führte in Konsequenz bis hin zur Nichtabnahme von bestellten Lieferungen an den Werkstoren der Kunden, die dann wieder zurückgenommen und den eigenen Lagerbeständen zugeführt werden mussten. Trotzdem produzierte ein Großteil der Zulieferer weiter, um die Lieferkette aufrechtzuerhalten, begleitet von einer ständigen und intensiven Beobachtung der unsicheren Marktentwicklung. Auch eine Verlängerung von Zahlungsfristen durch OEM oder Tier-1-Zulieferer stellte ein erhebliches Problem dar. Schon Mitte April veröffentlichten ACEA (die European Automobile Manufacturers' Association) und CLEPA (die European Association of Automotive Suppliers) einen „Verhaltenskodex in der Automobilindustrie vor dem Hintergrund der Coronakrise“ (ACEA und CLEPA, 2020). Hierin betonen sie den partnerschaftlichen Umgang miteinander und die Einhaltung vertrag-

licher Verpflichtungen als wichtige Leitlinien für die wirtschaftliche Erholung.

„Die Kunden waren völlig überfordert, was in die Systeme eingestellt werden soll: Was brauchen wir wann in welchen Mengen zu welchen Teilen? Die Dispositionssysteme sind total durcheinandergeraten. Das hat sich nun einigermaßen wieder eingeschwungen, wobei man sagen muss, dass die Visibilität und Sicherheit/Verlässlichkeit in diesen Systemen bei weitem noch nicht so ist wie wir es vor Jahren hatten. Es besteht noch eine hohe Unsicherheit.“ (Exp.)

„Es waren überhaupt keine Störungen bei unseren Zulieferern, sondern immer nach oben. Die Zulieferer konnten jederzeit liefern. Wir waren immer die Getriebenen, wollten produzieren, wussten aber nicht, ob wir können, dürfen oder sollen.“ (Exp.)

„Die Planbarkeit von früher ist völlig verschwunden und hat sich seit Corona nochmals verschlechtert. Wir kämpfen mit sehr hohen Flexibilitätsanforderungen. Und diese Volatilität wird eins zu eins an die Zulieferer weitergereicht.“ (Exp.)

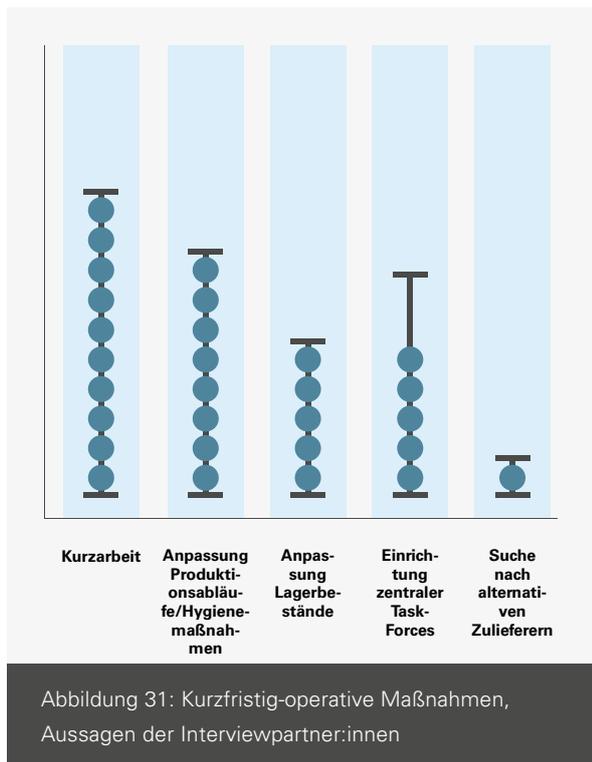
4.3 Umgang mit Störungen und Maßnahmen zur Bewältigung (kurzfristig-operativ)

Kurzfristige und operative Maßnahmen gegen die durch die Covid-19-Pandemie hervorgerufenen Störungen konnten in folgende fünf Themenbereiche geclustert werden: „Nutzung Kurzarbeit“, „Anpassung der Produktionsabläufe/Hygienemaßnahmen“, „Anpassung der Lagerbestände“, „Einrichtung zentraler Notfallteams und Task-Forces“ sowie „Suche nach alternativen Zulieferern“.

Die Nennungen in Bezug auf „Kurzarbeit“ und „Anpassung der Produktionsabläufe/Hygienemaßnahmen“ waren hierbei am häufigsten.

Bei Mehrfachnennung und dann folgender Gewichtung der unterschiedlichen Bereiche untereinander wurde insbesondere der Bereich „Einrichtung zentraler Notfallteams und Task-Forces“ als sehr relevante Maßnahme (sowohl in Bezug auf das eigene Unternehmen als auch in Bezug zum übergeordneten Kunden) hervorgehoben.

Die kurzfristig notwendige „Suche nach alternativen Zulieferern“ wurde nur einmal genannt und im Betrieb umgesetzt.



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Nutzung Kurzarbeit

Zehn Interviewpartner:innen waren durch den Lockdown und den damit verbundenen Stopp bzw. die Reduktion der eigenen Geschäfts- und Produktionstätigkeiten zur Nutzung arbeitsmarktpolitischer Instrumente gezwungen, insbesondere wurde hierbei von der Kurzarbeit Gebrauch gemacht.

„Wir haben den Lockdown umgesetzt, indem wir in die Kurzarbeit eingetreten sind. Haben geschaut, wie viele Mitarbeiter:innen brauchen wir, wie viele sind in Kurzarbeit. Wir waren nicht einen Tag geschlossen, weil wir auch andere Länder wie China, Indien bedienen. Und die Bedarfe waren weltweit unterschiedlich. Die einen waren früh drin und früh wieder raus, die USA später drin und später raus. Wir sind mit 20 % Kurzarbeit die ganze Zeit durchgelaufen.“ (Exp.)

„Wir konnten aber trotz der Schwankungen alles so liefern, wie der Kunde es wollte. Es gab auch Kurzarbeit bei uns, aber wir planen alles, wie die Maschinenkapazität etc., nach dem Bedarf unserer Kunden. Und seit Juli laufen wir wieder dreischichtig.“ (Exp.)

Anpassung der Produktionsabläufe/ Hygienemaßnahmen

Acht Interviewpartner:innen passten in Folge der Covid-19-Pandemie kurzfristig die eigenen Produktionsabläufe an, insbesondere um coronabedingte Hygiene- und Sicherheitsmaßnahmen zum Infektionsschutz umsetzen zu können. Im Vordergrund stand der Schutz der Mitarbeiter:innen beim Aufrechterhalten oder beim Wiederanlauf der eigenen Produktion. Hierfür wurden dort, wo der Mindestabstand von 1,5 Metern nicht eingehalten werden konnte (z. B. an Produktionsbändern) unter anderem Plexiglaswände angebracht, eine Maskenpflicht eingeführt und Desinfektionsmöglichkeiten installiert. Insgesamt resultiert die Umsetzung dieser Maßnahmen in einer Erhöhung des Infektionsschutzes, gleichzeitig entstehen aber aufgrund der aufwändigeren Prozesse Produktivitätsverluste und damit Kostennachteile für die Unternehmen.

„Wir sind im Mai vorsichtig mit einem Einschichtbetrieb gestartet, haben uns dann im Juni auf einen Zweischichtbetrieb hochgearbeitet. Natürlich mussten wir die gesamten Arbeitsplätze umändern, wir mussten die Abstände einhalten. Wo wir die 1,5 Meter nicht einhalten konnten, da gab es Plexiglaswände und eine Maskenpflicht. Und wir mussten auch zusätzliche Zeiten im Schichtbetrieb mit einbringen für Desinfektion. Das heißt, selbst wenn wir jetzt die Nachfrage hätten, würden wir pro Schicht nicht mehr mit 100 % arbeiten, weil pro Schicht auch Zeit für Desinfektion eingeplant wird.“ (Exp.)

„Wir verlieren im direkten Bereich knapp eine Stunde pro Arbeitstag als Produktivitätsverlust. Im indirekten Bereich können wir durch Home-Office entzerren, da ist es weniger. Aber bei den Direkten ungefähr eine Stunde.“ (Exp.)

Anpassung der Lagerbestände

In fünf Interviews wurde die Anpassung von Lagerbeständen als taktische Maßnahme zum Umgang mit der Coronakrise und den häufig unklaren Bedarfen und Abrufen der Kunden genannt. Dabei wurden Lagerbestände sowohl auf- als auch abgebaut: Zum einen wurde in der frühen Phase und vor dem (Teil-)Lockdown trotz unklarer Nachfrage der Kunden zu großen Teilen weiter produziert bzw. wurden Lieferungen angenommen und die Lagerbestände erhöht, um im Falle einer Besserung der Coronasituation auch mit weiterhin hohen Abnahmemengen und kurzfristig lieferfähig sein zu können. Zum anderen wurden im späteren Verlauf der Krise bestehende Lagerbestände genutzt und wieder abgebaut, um die eigenen Produkte herstellen und ausliefern zu können. Dadurch war

das eigene Unternehmen von nicht mehr oder nur in geringen Mengen gelieferten Vorprodukten unabhängiger. Anpassungen der Lagerbestände gab es vor allem bei den als „kritische Komponenten“ identifizierten Produkten, beispielsweise elektronischen Teilen oder Kabelbäumen.

„Die Vorprodukte und Rohstoffe kaufen wir zum Teil in Frankreich, in China, in Finnland, von unterschiedlichen Lieferanten. Die kommen zum Teil auch mit dem Schiff. Da muss ich für die Produktion im April und Mai das Material im Januar bestellen, weil es eben so lange unterwegs ist. Das heißt, wir haben im Januar/Februar – da war die Entwicklung noch nicht absehbar – die vollen Bedarfe im System gehabt und entsprechendes Material bestellt. Im April und Mai waren die Werke, dadurch ist alles zusammengebrochen. Das Working Capital ist extrem nach oben gegangen, weil so viel im Materiallager lag. Das hat sich wieder im April und Mai relativiert, weil da nicht bestellt wurde. Es levelt sich dann wieder aus.“ (Exp.)

„Im Rahmen der Covid-19-Pandemie sind entlang der gesamten Lieferkette die Bestände aufgebaut worden. Wo man früher Bestände für drei Tage hatte, hat man heute welche für 14 Tage. Und das hat entlang der Lieferkette zu einigen Problemen geführt. Typischer Effekt: Alle hatten Angst, nichts zu kriegen. Alle haben mehr bestellt, als sie brauchten. Das ging die Lieferkette hoch, die ganz unten sitzen auf einem Berg von Beständen, die sie jetzt langsam loswerden müssen, die keiner braucht. Diese Bestände werden jetzt langsam abgebaut. Langsam weil man die Insolvenz von Vorlieferanten riskiert, wenn man die Bestände zu schnell abbaut. Das kann man sich auch nicht leisten.“ (Exp.)

Einrichtung zentraler Notfallteams und Task-Forces

Die Einrichtung zentraler Task-Forces und Notfallteams wurde von fünf Gesprächspartner:innen als kurzfristige operative Maßnahme zum Umgang mit der Coronakrise benannt, drei von ihnen stufen diese Nennung unter ihren anderen Antworten als relevanteste ein. Hierbei zielten die Gesprächspartner:innen insbesondere auf die im Vorhinein thematisierten Schwierigkeiten in der generellen Kommunikation mit den Kunden sowie in Bezug auf Verlässlichkeit und Planbarkeit der Bedarfe und Aufträge ab. Sie hoben hervor, dass insbesondere die Kunden schnell Task-Forces einrichten und an den Schnittstellen der Lieferkette etablieren konnten, die eine eigene, zentrale Logistik in starker Position und ein ausgeprägtes, etabliertes Lieferantenmanagement besitzen. Hierbei wurde

auch auf diejenigen Unternehmen verwiesen, die besonders von der Finanzkrise 2008/2009 und Fukushima 2011 betroffen waren und dort Erfahrungen mit der Einrichtung von Notfallteams machen konnten (siehe Exkurs „Besonderheiten der Covid-19-Pandemie und Vergleich mit anderen Krisen“, S. 55).

„Die Lehre, die wir jetzt daraus ziehen: Man muss das Personal und die Ressourcen wie eine Notfall-Task-Force haben, die sich dann um die Lieferketten kümmert.“ (Exp.)

„Das Wichtige bei diesem Auftreten externer Störungen ist, dass man sofort die Lieferkette mitdenkt und sofort in die Kommunikation geht. Und dem Zulieferer sofort kommuniziert, was Stand heute ist und was Stand nächste Woche sein wird und was die Erwartungen sind. Und da ist es das Beste, die eingeübten Kommunikationswege zu pflegen. Nicht mal eben zum Hörer greifen und es jemandem am Telefon erzählen. Sondern dass man die Systeme nutzt, die man hat, und die dann tagesgenau weiterpflegt. Das ist unsere Lehre gewesen.“ (Exp.)

„In Wolfsburg hat sich sofort ein Team gebildet, das dann mit einzelnen Werken die Disposition durchgegangen ist. Die Teams haben sich zentral aufgestellt und alles koordiniert, das lief dann ganz gut.“ (Exp.)

Suche nach alternativen Zulieferern

Nur in einem Interview wurde die Suche nach einem alternativen Lieferanten für Vorprodukte aus der eigenen Lieferkette genannt. Die Mehrzahl der befragten Unternehmen konnte auf Basis der bestehenden Lieferantenbeziehungen und/oder über den Abbau von Lagerbeständen die eigenen Produktionskapazitäten bis zum „Einfrieren“ der Produktion und dem dann mehrheitlich unproblematischen Wiederanlauf aufrechterhalten. In den Expertengesprächen wurde deutlich, dass ein Wechsel der Zulieferer aufgrund von Produktionskompetenzen und Verträgen kaum kurzfristig umgesetzt werden kann.

„Unsere Lieferanten sitzen in Europa, insbesondere in Deutschland, Österreich und Frankreich. Deshalb haben wir dieses Problem nicht gehabt. Bei Konkurrenten mit Lieferanten aus China, Türkei etc. war es schon anders. Wir hatten auch Teile im Lager, die wir reduzieren und abbauen konnten. Wir hatten jetzt im Juli/August bemerkt, dass es nach oben zieht. Mit einem Lieferanten hatten wir ein paar Probleme, weil die im Sommer geschlossen hatten und wir unsere Teile nicht bekommen haben. Wir konnten die aber schnell durch einen

anderen Lieferanten aus der EU ersetzen. Einen Lieferstopp bei unseren Kunden hatten wir nicht.“ (Exp.)

„Die Beschaffung aus Asien hat minimale Probleme bereitet, beispielsweise Gussteile aus Taiwan. Die Störung ergab sich aber eher aus der Störung des Schiffsverkehrs. Die Beschaffung anspruchsvoller Teile erfolgt aus der DACH-Region. Eher gab es mit einigen europäischen Töchtern Probleme, so dass Liefertermine nicht eingehalten werden konnten. Da wir nur wenige Beziehungen in romanische Länder haben, hatten wir insbesondere mit dem italienischen Lockdown wenig Schwierigkeiten.“ (Exp.)

4.4 Konsequenzen und strategische Optionen für zukünftige Störungen (langfristig-strategisch)

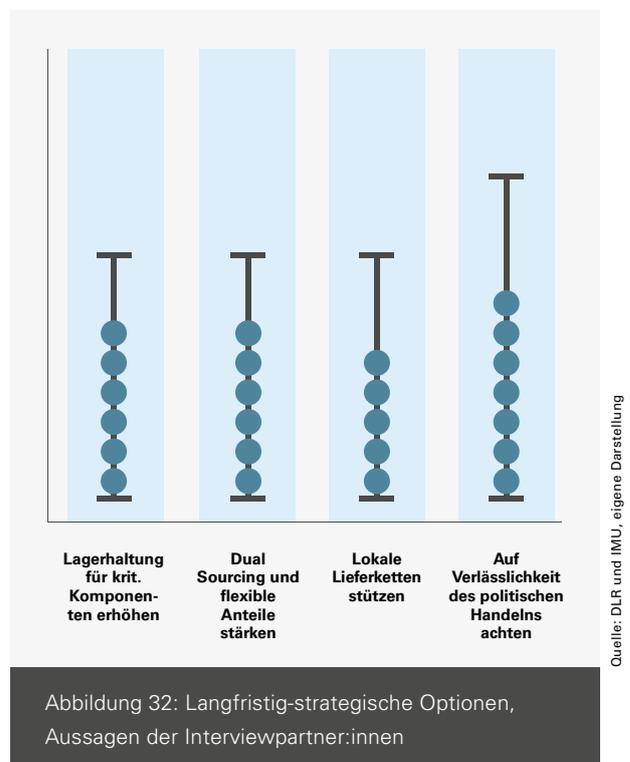
In den ersten Wochen des Lockdowns wurden „gerissene Lieferketten“ als Ursache des Produktionsstopps in der Automobilindustrie thematisiert und diskutiert. Um dieses Problem zukünftig vermeiden und/oder besser handhaben zu können, wurde eine stärkere Rückkehr zu lokaler Produktion als Möglichkeit zur Eindämmung der Pandemie und zur Stabilisierung der Wirtschaft gefordert, so die breitere öffentliche Diskussion.

In den im Rahmen dieses Projekts geführten Expertengesprächen wurde für die Automobilindustrie allerdings eindeutig die gegenteilige Position geäußert: Es ist keine grundsätzliche strategische Abkehr von der internationalen Arbeitsteilung und den damit verbundenen globalen Lieferketten zu erwarten oder anzustreben. Stattdessen zeichnet sich eher eine Modifikation der Einkaufsstrategien ab. Insgesamt können bei der Frage nach strategisch langfristigen Handlungsfeldern zur Stabilisierung von Lieferketten in Krisensituationen vier Handlungsfelder identifiziert werden: „Lagerhaltung für kritische Komponenten erhöhen“, „Dual Sourcing und flexible Anteile stärken“, „Lokale Lieferketten stützen“ sowie „Auf Verlässlichkeit des politischen Handelns achten“. Hierbei waren die Nennungen über alle Interviews hinweg ungefähr gleich verteilt. Bei Mehrfachnennung und dann folgender Gewichtung der unterschiedlichen Bereiche untereinander konnte der Bereich „Verlässlichkeit des politischen Handelns“ als relevanteste Option herausgearbeitet werden. Dieser wurde allerdings – als Leitfrage des Projekts – auch in jedem Expertengespräch aktiv von den Interviewer:innen angesprochen.

In den letzten Jahrzehnten wurde in der Automobilindustrie die Lagerhaltung zunehmend abgebaut. Begründet wurde dies zum einen mit der Einführung von Produktionssystemen nach Vorbild des Toyota-Produktionsmodells beziehungsweise der Lean Production, in der Lagerhaltung als eine von sieben „Verschwendungsarten“ möglichst weit reduziert werden soll. Zum anderen gilt Lagerhaltung in einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung als gebundenes Kapital, das zugunsten eines möglichst hohen Anteils des „Working Capital“ verringert werden sollte. Weit verbreitet sind die „Just-in-Time“- bzw. die „Just-in-Sequence“-Produktion. In der Covid-19-Pandemie hat sich diese Ausrichtung der Logistik jedoch als anfällig erwiesen, weil die Lieferschwierigkeiten bei einigen Komponenten bzw. aus einigen Ländern die Produktion der nachfolgenden Wertschöpfungsschritte gestört haben.

Lagerhaltung für kritische Komponenten erhöhen

Sechs Interviewpartner:innen benannten eine Erhöhung von Lagerbeständen bei kritischen Komponenten als Maßnahme mit eher längerfristigem Charakter, zwei davon bewerteten sie als relevanteste Maßnahme. Die Anfälligkeit gegenüber Störungen zeigte sich schon 2011 in Folge der Reaktorkatastrophe von Fukushima, betraf dort aber nur wenige Produkte. Die



Covid-19-Pandemie mit ihren weltweiten Auswirkungen gefährdete die Produktion in der gesamten Zulieferindustrie. Deshalb war neben der Identifikation besonders kritischer Komponenten bzw. Zulieferer auch eine höhere Lagerhaltung für diese kritischen Komponenten ein Handlungsfeld der befragten Unternehmen. Dies wird jedoch als längerfristige Maßnahme gesehen, denn eine größere Lagerhaltung erfordert entsprechende Flächen, Hallen und Lagerhaltungssysteme und Personal. Dies vorzuhalten muss gegenüber dem Preis- und Effizienzdruck in der Automobilindustrie abgewogen werden. Deshalb zeichnet sich eine größere Lagerhaltung – wenn überhaupt – nur für einzelne und eben als besonders kritisch bewertete Komponenten ab.

„Ich persönlich [...] rechne damit, dass für kritische Komponenten etwas größere Lagerbestände kommen. Beispielsweise wird man sich nicht mehr einen Bestand im Umfang von einem Tag aus Italien leisten können, man wird sich fünf Tage leisten. Das wird die Kosten natürlich erhöhen, deswegen wird man das nicht durch die Bank machen, sondern nur für einige kritische Komponenten.“ (Exp.)

„Wenn sie die Lagerbestände hochfahren, kostet das einfach Geld. Das Teuerste in einer Firma ist gebundenes Kapital. Insofern muss man da sicherlich drüber nachdenken, in welchen Bereichen man vielleicht höhere Lagerbestände aufbaut. Einige haben eine Reichweite von zwei Tagen, andere haben zehn Tage. Hier muss man sehr genau analysieren, welche Teile in welcher Form sich eignen, um Bestände aufzubauen. Das ist eine sehr schwierige und komplexe Aufgabe, die man so einfach gar nicht lösen kann.“ (Exp.)

Dual Sourcing und flexible Anteile stärken

Sechs weitere Interviewpartner:innen gaben an, dass ein stärkeres Dual Sourcing und die Erhöhung flexibler Anteile bei Lieferanten als strategische Option im Unternehmen diskutiert wird und zukünftig verstärkt werden soll. Zwei davon schätzen diese Maßnahme als relevanteste ein. Bei besonders kritischen Komponenten wird parallel zur Erhöhung von Lagerbeständen auch über die Änderung der Einkaufsstrategie vom Single zum Dual Sourcing diskutiert. Insbesondere Volumenhersteller haben im Zuge anhaltender Kostensenkungen zunehmend größere Mengen von einzelnen Zulieferern bezogen. Dadurch konnten die Stückkosten in Verbindung mit Rationalisierungseffekten gesenkt werden (sogenannte Skaleneffekte). Die Abhängigkeit von einem Lieferanten, vor allem von einem ausländischen Lieferanten, hat schon bei Fukushima

und noch stärker in der aktuellen Pandemie Schwächen der Lieferketten aufgezeigt. Im Sinne widerstandsfähiger Lieferketten wird deshalb für die Zukunft zumindest für ausgewählte Komponenten der Einkauf bei zwei statt einem Lieferanten in Erwägung gezogen. Dadurch kann der Ausfall eines Lieferanten zumindest in einem begrenzten Umfang kompensiert werden. Als Folge der weltweiten Störung wird hier über den Einbezug weiterer, kostengünstiger Lieferanten z. B. in Asien in Ergänzung zu einem europäischen bzw. deutschen Lieferanten nachgedacht. Dies wird jedoch – wenn überhaupt – im Normalfall nur zu einem geringen Rückholeffekt von Produktion nach Deutschland oder Europa führen. Denn bei der Verteilung auf die Zulieferer würde die deutlich größere Menge aus dem kostengünstigeren Ausland bezogen; die Expert:innen nannten hier Anteile von 70 bis 80 %.

„Und man wird stärker an das Thema Dual Sourcing gehen. Dann wird man oft – nicht immer, aber teilweise – für Komponenten zwei Lieferanten haben. Einen Hauptlieferanten, der 80 % der Umfänge liefert. Und einen Zweitlieferanten, der 20 % der Umfänge liefert. Ich kann mir durchaus vorstellen, dass dann zum Beispiel ein Lieferant aus Asien den größeren Teil liefert und man einen lokalen Lieferanten mit dem kleineren Anteil aufbaut. Beispielsweise 30/70 als Aufteilung, in der der kleinere Anteil bei Bedarf auf 40 % erhöht werden kann. Das wird teurer, aber da es ja ein Mix ist und die Materialien hauptsächlich aus dem günstigen Standort geliefert werden, bleiben die Kosten überschaubar. Ich sehe nicht, dass man jetzt im großen Stil aus Asien oder Südamerika Komponentenlieferanten nach Europa rüberholt.“ (Exp.)

„Jetzt hat die Automobilindustrie extrem gelernt, dass die Single-Source-Strategie nicht mehr geht. Da war Fukushima ein erster kräftiger Warnschuss. Und der letzte Warnschuss, der jetzt außerhalb von Corona kam, das war der Warnschuss von Prevent Richtung VW beziehungsweise von Neue Halberguss in Richtung der ganzen Branche. Diese Strategie wird sich stark verändern. Die sehen alle, wie anfällig das System ist, wenn man ausschließlich auf Basis von Preisen den billigsten Anbieter nimmt. Sondern dass man da tatsächlich eine Strategie braucht, die für Resilienz sorgt.“ (Exp.)

Diese Dual-Sourcing-Strategie erlaubt schnelleres Handeln, denn der Aufbau einer zweiten Produktion ist als rasche Reaktion in einer Krise nicht möglich.

„Unserer Ansicht nach hat es etwas mit ‚time-to-second-tool‘ zu tun. Das heißt, beim Bau eines zweiten Werkzeugs ist die

Frage, wie schnell sie das hinkriegen, wie flexibel wir bei den Produktionsmitteln sind. Da haben wir zwar drüber gesprochen, aber unsere Fähigkeiten in der Krise nicht verbessern können. Wir haben Sinn und Unsinn einer Second Source diskutiert. Wir glauben an eine Second Source, können die aber in der Krise nicht über Nacht erzeugen. Aber wir haben den Wert erkannt.“ (Exp.)

Allerdings ist diese Einkaufsstrategie sehr abhängig von der Unternehmensgröße beziehungsweise von den aufgerufenen Stückzahlen.

„Wir sind zu klein, wir können uns kein Double Sourcing leisten. Wir müssten alle Werkzeuge zwei Mal bauen, vor dem Hintergrund der kleinen Stückzahl rechnet sich das nicht. Tendenziell sind wir aufgrund der Wirtschaftlichkeit nicht in der Lage zu Double Sourcing. Das stampfen wir nur aus dem Boden, wenn es richtig kritisch ist und der ursprünglich Ausgewählte gar nicht performt.“ (Exp.)

Lokale Lieferketten stützen

Fünf Interviewpartner:innen nannten eine stärkere Ausrichtung auf lokale Lieferketten als mögliche strategische Option für das jeweilige Unternehmen, drei davon bewerteten diese Maßnahme als kritisch für die Widerstandsfähigkeit zukünftiger Wertschöpfungsnetzwerke. Als „geografisch lokal“ werden dabei zum Teil nicht nur die baden-württembergischen oder innerdeutschen Lieferantenbeziehungen bewertet, sondern im größeren Maßstab auch die europäischen.

„Wir haben lange Lieferketten, irgendwoher müssen die Vorprodukte kommen. Und wir haben jetzt auch nicht eine so starke Fertigungstiefe, weder bei den OEM noch bei Tier 1 oder Tier 2, dass wir alles selbst herstellen können.“ (Exp.)

Wichtiger Treiber für den Aufbau internationaler Lieferketten war die Verlagerung von Produktion in Ländern mit niedrigerem Lohnniveau bzw. der Zukauf von Teilen und Komponenten aus diesen Ländern, das gilt sowohl innerhalb der Weltmarktregionen an sich als auch für die Beziehungen zwischen den drei Weltmarktregionen. Der Kostendruck bleibt für die Unternehmen gerade wegen der Nachfrageschwäche des europäischen Markts weiterhin bestehen. Lokale – und damit theoretisch stabilere – Lieferketten nennen die Expert:innen als eine langfristig-strategische Handlungsoption, um in zukünftigen Krisen besser gegen Störungen gewappnet zu sein. Aufgrund der Covid-19-Pandemie wird die Notwendigkeit gesehen, die Ein-

kaufsstrategien im Sinne einer größeren Stabilität anzupassen. Hier sehen einige der betrieblichen Expert:innen einen Vorteil in größerer räumlicher Nähe – hin zu einem Schwerpunkt der Lieferketten in den europäischen Ländern oder vielleicht zukünftig auch in den (nord-)afrikanischen Ländern. Das Thema wurde in Unternehmen teilweise sehr intensiv diskutiert; aufgrund langfristiger Verträge mit den Zulieferern ist es jedoch nur eine perspektivische Handlungsoption.

„Ist die Belieferung sichergestellt, wenn ich aus Deutschland oder Europa und nicht aus Indien oder Malaysia, Vietnam [...] beziehe? Das sind Fragen, die wir uns jetzt im Moment stellen müssen. Hier wird überprüft, wie man Lieferketten robuster und solider aufstellen kann. Wenn ein Lockdown gilt, dann ist es egal, ob ein Zulieferer aus Deutschland zu ist oder ein anderer. Aber in den anderen Zeiten brauchen Sie verlässliche Partner, die vernünftig liefern können, damit Sie hier kein hohes Risiko haben.“ (Exp.)

„Das ist schon eher eine Sache, dass Firmen, Geschäftsführungen und Bereichsleiter:innen erkennen, dass die Welt nach Corona eine andere ist als vorher und wir uns selbst solider und robuster darstellen sollen. Das ist ein Prozess, der muss angestoßen werden. Der muss dringend angestoßen werden. Den müssen wir letztlich auch durchführen und können ihn sicherlich erst nach drei, vier oder fünf Jahren abschließen.“ (Exp.)

Gleichzeitig schränken die betrieblichen Expert:innen ein, dass ein Bezug von Komponenten und Teilen aus europäischen Standorten mit höheren Kosten gegenüber einem Bezug aus asiatischer Produktion verbunden ist. Deshalb muss zwischen den Vorteilen regionalisierter Lieferketten und den höheren Kosten abgewogen werden. Dabei stellt sich die Frage, wie weit die aktuellen Eindrücke aus der Covid-19-Pandemie in die Zukunft reichen oder ob Einkaufsentscheidungen schon bald wieder vorrangig nach Maßgabe der Kosteneffizienz getroffen werden. Zudem müsse der Begriff „lokaler Lieferketten“ bzw. einer „lokalen Produktion“ in der Automobilindustrie in einem größeren Maßstab verstanden werden, „lokale Produktion“ kann sich nicht nur auf Baden-Württemberg beschränken, sondern schließt europäische Nachbarländer mit ein.

„Sollten wir viel mehr in Baden-Württemberg kaufen und nicht in China? Da habe ich ein klares Statement gesetzt, dass Wettbewerb gut ist und auch gut bleibt. Ich glaube nicht, dass es wegen Covid sinnvoll ist, nur noch rund um den Kirchturm zu kaufen. Ich glaube, dass der internationale globale Handel eher zu- als abnimmt.“ (Exp.)

„Anders sieht es aus, wenn wir Europa als ‚lokal‘ betrachten. [...] Wir müssen die europäische Sicht einnehmen, [...] zumindest wird es die Lösungsfindung im geografisch europäischen Raum intensivieren, das glaube ich schon.“ (Exp.)

Im Werkzeugmaschinenbau verstärkt die Covid-19-Pandemie lokale Strategien, die allerdings in den drei Weltmarktregionen gleichzeitig vorangetrieben werden. Das stärkt perspektivisch die Unternehmen, bringt aber in der aktuellen Phase der Globalisierung Risiken für die Beschäftigung an deutschen Standorten mit sich.

„Als Maßnahme setzt das Unternehmen jetzt auf eine stärkere Qualifizierung von Mitarbeiter:innen in den Weltmärkten, um die Inbetriebnahme und den Service stärker zu dezentralisieren.“ (Exp.)

„Die Märkte sind weniger offen, das wird heute mit der Pandemie, aber auch in den Handelsauseinandersetzungen deutlich. Deshalb werden wir unsere Präsenzen im Ausland kritisch anschauen: Wo kann durch die Qualifizierung der ausländischen Mitarbeiter:innen Handlungsfähigkeit erhöht werden? Das ändert allerdings die Arbeitsteilung in unserer Gruppe und damit möglicherweise auch die Beschäftigung in Deutschland. Diese dezentrale Struktur mit ausländischen Standorten treiben wir seit Jahrzehnten voran: seit den 1980er, 1990er Jahren. Ursprünglich wurden die ausländischen Standorte zur Absicherung von Währungsrisiken gegründet.“ (Exp.)

Auf Verlässlichkeit des politischen Handelns achten

Nach politischen Handlungsmöglichkeiten gefragt, stand für die befragten Expert:innen die Verlässlichkeit des politischen Handelns und damit die Wahrung der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Stabilität im Vordergrund. Dieses Thema ist bei den langfristigen Maßnahmen mit sieben Nennungen am häufigsten angeführt worden, dabei wurde es von vier Auskunftgeber:innen als besonders bedeutend angesprochen. Hier lassen sich drei Handlungsebenen unterscheiden: Die kommunale Ebene beziehungsweise die des Bundeslandes, die nationale Ebene (gleichermaßen Deutschland wie auch andere Nationalstaaten) und die gesamteuropäische Ebene.

Die Politik gibt mit ihren Entscheidungen zum Umgang mit und zur Eindämmung der Covid-19-Pandemie ganz wesentliche Rahmenbedingungen vor, unter denen die wirtschaftliche Tätigkeit wie die eigene Produktion, der Bezug von Vorleistungen

und der Verkauf der eigenen Produkte erst möglich ist. Nur eine möglichst wirksame Begrenzung der Pandemie schützt vor Beschränkungen der eigenen Produktion. Die Gesprächspartner:innen sahen durchaus die großen Schwierigkeiten, vor denen die Politiker:innen mit dem erstmaligen Beschluss des Lockdowns in der deutschen Geschichte standen. Trotzdem ist es Unternehmen hilfreich, wenn auf kommunaler Ebene über verschiedene Land- und Stadtkreise hinweg verlässliche und vergleichbare Regelungen gelten. Das war im ersten Lockdown im März/April 2020 nicht immer gegeben.

„Es gab hier ja wöchentlich neue Vorgaben der Regierung, wie mit Covid-19 umzugehen ist. An den Lockdown und die Öffnung sind wir ja mit der praktischen Erfahrung herangeführt worden. Da gab es keine Verlässlichkeit und keine Planbarkeit. Auch daraus müssen wir lernen, wie man das besser machen könnte. Dass bei Krankmeldungen nicht von verschiedenen Gesundheitsämtern unterschiedliche Angaben kommen, wann jemand in Quarantäne geht, wann jemand wieder rauskommt, wer von den Kontakten betroffen ist usw. Die Ämter unterscheiden sich hier extrem. Die Politik muss das einheitlich gestalten, zumindest auf Landesebene. Da haben selbst in Baden-Württemberg Städte und Gemeinden unterschiedlich gehandelt. Damit können wir als Lieferanten [...] nicht umgehen. Das ist nicht planbar. Ein Shutdown muss gezielter gestaltet werden.“ (Exp.)

Für die stark vom Außenhandel abhängigen Unternehmen der Automobilindustrie gilt diese Forderung nach politisch geregelten „stabilen Rahmenbedingungen“ auch für andere Staaten, mit denen sie wirtschaftliche Beziehungen unterhalten. Denn auch dort kann eine Begrenzung der Pandemie vor einem Lockdown schützen. Diese Änderung von Lieferketten ist allerdings mit Nachteilen bei der Kosteneffizienz verbunden und je nach Unternehmensstrategie nicht für alle umsetzbar.

„Meine Konsequenz: Ich werde die Supply Chains so umbauen, dass ich nicht mehr in Ländern ohne Krisenmechanismus einkaufe. Auf die kann ich nicht zählen, wenn ich meine Produktion wieder anfare. Da zählt beispielsweise Tschechien dazu und Polen. Italien hat dagegen aus der Krise gelernt und beispielsweise wie Frankreich Kurzarbeit eingeführt. Aber in den osteuropäischen Ländern gibt es diese Lösung nicht. Aufgrund dieses neuen Konzepts werde ich die Supply Chain ändern.“ (Exp.)

„Kurzfristig gibt es keine Änderungen, langfristig muss man schauen. Dann würde ich auf die Stabilität des Landes achten,

das ist eine konkrete Auswirkung. Dass dort Strukturen aufgebaut sind, die solche übergreifenden Themen ernsthaft betreiben und auch die Kompetenz und Mittel haben, das zu tun [...]. Je entwickelter das Land ist, desto besser.“ (Exp.)

Im Gegenzug erwarten die Unternehmen die Stabilität innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums und Absprachen über Grenzübertritte für geschäftliche Zwecke. Hier unterscheiden sich allerdings die Erwartungen von Unternehmen der Automobilindustrie und des Werkzeugmaschinenbaus: Während es in der Automobilindustrie vor allem um die Lieferung von Komponenten und Teilen von ausländischen Produktionsstandorten ging, bestand für den Werkzeugmaschinenbau die größte Schwierigkeit vor allem bei der Lieferung der Maschinen sowie in der Inbetriebnahme und der Reparatur von Maschinen im Ausland.

„Aber unser größtes Problem, womit wir überhaupt nicht gerechnet hatten, das war ein Lockdown innerhalb der EU. Italien, das war der Super-GAU. [...] Wenn sie nicht mal in einem Wirtschaftsraum mit einer eigenen Währung und offenen Grenzen eine stabile Lieferkette haben. [...] Das wäre genauso, wenn es im Kreis Gütersloh einen wichtigen Zulieferer gibt und dann gibt es dort einen kompletten Lockdown für zwei Wochen. Wie wollen sie da die Lieferketten noch einmal resilienter machen?“ (Exp.)

„Aber starke Auswirkungen hatten die extremen Zutrittsbeschränkungen von Werken durch den Lockdown in Deutschland und in den anderen Ländern. Der Werkzeugmaschinenbau ist als Weltmarktbranche auch in Übersee tätig, allein 20 bis 25 % des Umsatzes erfolgen in China. Hier gab es für erleichterte Zugänge keine politische Unterstützung.“ (Exp.)

4.5 Zwischenfazit und Handlungsoptionen

Trotz vorangegangener Krisen erwies sich die Covid-19-Pandemie als Schock für die Wirtschaft: Erstmals ist – mit leichtem zeitlichem Versatz – die gesamte Welt betroffen. Mit der zweiten Infektionswelle im Herbst/Winter 2020/2021 in Deutschland wurde deutlich, dass die Verhaltensumstellungen und -einschränkungen weiter anhalten werden. Diese Krise verschärft die konjunkturelle und wahrscheinlich strukturelle Krise der baden-württembergischen Automobilindustrie und des Maschinenbaus, war jedoch nicht alleiniger Auslöser des Nachfrageeinbruchs, der sich in der Automobilindustrie seit 2019 und im Maschinenbau seit 2018 abzeichnete. Schon im Sommer 2020 – nach dem ersten Lockdown und einer Bes-

serung der Infektionslage – geriet die Covid-19-Pandemie vor der Nachfragekrise und Fragen der Transformation hin zu neuen Technologien der Elektrifizierung und Digitalisierung in den Hintergrund. Die steigenden Infektionszahlen im Februar und März 2020 in Deutschland führten zu einem beispiellosen Lockdown, mit dem auch die Automobilproduktion und der Verkauf von Pkw in Deutschland praktisch gestoppt wurden. Doch entgegen der ersten Darstellungen im Frühjahr 2020 lagen die größten Folgen der Pandemie nicht in gerissenen Lieferketten. In den Expertengesprächen wurde deutlich, dass es zwar bei einzelnen Komponenten bzw. Teilen und in Bezug auf einzelne ausländische Lieferanten und bei den weltweiten Lieferketten Schwierigkeiten gab, diese aber nicht ausschlaggebend für den rund sechswöchigen Produktionsstopp in der Automobilindustrie waren. Vielmehr wollten die OEM einen Lageraufbau durch den Nachfragerückgang im Frühjahr 2020 vermeiden.

Für resilientere Lieferketten ergaben sich aus den Expertengesprächen Forderungen an die Politik, aber die Unternehmen können auch selbst ihre Strategien neu justieren. Auf Unternehmensebene ergeben sich Ansätze für neue Einkaufs- und Logistikstrategien, um die Lieferketten langfristig widerstandsfähiger gegen Krisen zu machen: Betrieblich wird über eine erhöhte Lagerhaltung und Dual Sourcing – insbesondere bei kritischen Komponenten – nachgedacht. Ebenfalls wird eine Stärkung lokaler (deutscher bzw. europäischer) Wertschöpfungsnetzwerke bei kritischen Komponenten in Betracht gezogen. Beides wird jedoch eher als „inkrementelle Verbesserung“ denn als grundlegender Strategiewechsel bezeichnet. Und beides führt im Sinne eines systematischeren Managements von Supply-Chain-, Produkt- und Zuliefererisiken eher zu einer ganzheitlicheren Betrachtung von Lieferantenbeziehungen.

Einhellig bewerteten die Gesprächspartner:innen die Herangehensweise der deutschen Politik in der Pandemie als erfolgreich, wenn sich auch über einzelne Maßnahmen in Relation diskutieren ließe. Sie sehen aber auf mehreren Ebenen Handlungsoptionen, die sich immer auf die Wahrung stabiler Rahmenbedingungen und einen verlässlichen Umgang in und mit dieser Krise beziehen:

- Die baden-württembergische Politik kann Unternehmen in dieser und vergleichbaren Krisen unterstützen, indem sie innerhalb Baden-Württembergs und innerhalb Deutschlands vergleichbare Rahmenbedingungen schafft. Auch wenn insbesondere der Lockdown bzw. die im Herbst

getroffenen Entscheidungen zu einem „Lockdown light“ je nach Infektionsgeschehen flexibler gehandhabt werden könnten, besteht gleichzeitig die Anforderung nach bundesweit oder zumindest – aus Sicht der Gesprächspartner:innen – landesweit möglichst einheitlichen Regelungen. Insbesondere unterschiedliches Vorgehen auf kommunaler Ebene hat die Unternehmen vor Schwierigkeiten beispielsweise mit der Quarantäne von Mitarbeiter:innen gestellt.

- Die Stabilität anderer Länder und insbesondere deren Fähigkeit zur Krisenbewältigung könnte mit Blick auf zukünftige Krisen eine höhere Relevanz als heute erhalten. Denn die weiteren Untersuchungen zeigen, dass die weltweiten Lieferketten und Abhängigkeiten gerade für die Transformation der Automobilindustrie weiterhin wichtig sind (siehe Kapitel 5 und 6).
- Auf EU-Ebene ist die Wahrung eines einheitlichen Wirtschaftsraums die wichtigste politische Aufgabe bei der Begrenzung bzw. Bewältigung der wirtschaftlichen Pandemiefolgen.

Exkurs: Die „Halbleiterkrise“ als Folge der Covid-19-Pandemie

Hintergrund der Halbleiterkrise

In direkter Folge der Covid-19-Pandemie brachen sowohl Nachfrage als auch Absatz auf dem globalen Pkw-Markt ein. Die Covid-19-bedingten Schließungen von Produktionswerken führten zu weltweiten Produktionsausfällen der Automobilhersteller, im ersten und zweiten Quartal 2020 verringerte sich die Automobilproduktion insgesamt um ca. 9,6% (ca. 7,7 Mio. Fahrzeuge) und entsprechend wurden Bedarfe für Zulieferteile von den OEMs in Kapazitätsplanungen reduziert – so auch von Elektronikbauteilen und Halbleitern. Ende des Jahres 2020 aber stieg die Nachfrage wieder überraschend schnell an – insbesondere getrieben durch eine Erholung auf dem chinesischen Automobilmarkt und durch die mit der Innovationsprämie verbundenen höheren Verkaufszahlen von Elektrofahrzeugen. Alleine der Pkw-Absatz in China lag bis Ende des Jahres ca. 500.000 Fahrzeuge über den noch im Herbst 2020 prognostizierten Werten (LBBW Research, 2021).

Gleichzeitig stieg während der Covid-19-Pandemie die Nachfrage nach Unterhaltungselektronik (z. B. Smartphones, Spielekonsolen, Fernsehgeräte) an, was zu einer veränderten Priorisierung und Umschichtung der Kapazitäten bei Halbleiter-Produzenten hin zu IT- und Unterhaltungselektronik-Abnehmern führte. Dies sorgte in Konsequenz u. a. dafür, dass Engpässe bei der Produktion und Lieferung von Elektronikbauteilen für die Automobilindustrie auftraten, im ersten Quartal 2020 zuerst und insbesondere bei den Zulieferern. Mittlerweile aber sind nicht nur die Zulieferer, sondern nahezu alle Automobilhersteller betroffen, die aufgrund fehlender Komponenten und Teile die Produktion von Fahrzeugen reduzieren oder (zeitweise) ganz stoppen mussten.

Auswirkungen des Chipmangels

Eine exemplarische Übersicht von Auswirkungen bei OEM (Stand: 30.06.2021) ist im Folgenden dargestellt (automobilproduktion, 2021).

Audi musste aufgrund fehlender Elektronikbauteile in den Werken Ingolstadt und Neckarsulm (A4 und A5) für einen Teil der Belegschaft Kurzarbeit umsetzen.

BMW hatte kurzzeitige Produktionsstopps in den Werken Regensburg (1er, 2er, X1, X2), Leipzig (i3) und im englischen Oxford (Mini) aufgrund fehlender Teilelieferungen zu beklagen.

Daimler musste einen Produktionsstopp in den Werken Sindelfingen (E-Klasse), Bremen (C-Klasse, GLC), Rastatt sowie im ungarischen Standort Kecskemet (A-Klasse, B-Klasse, GLA) einleiten, für die jeweiligen Mitarbeiter:innen wurde befristet Kurzarbeit angemeldet. Die Lieferung von Elektronik-Komponenten wird so gesteuert, dass diese priorisiert in margenstarken Modellen (wie z. B. in der S-Klasse oder im EQS) Anwendung finden und diese weiterhin produziert werden können.

Ford musste die Produktion im Werk Köln für mehrere Wochen einstellen, betroffen sind ungefähr 5.000 der dortigen 15.000 Mitarbeiter:innen. Ebenfalls wurde die Produktion in den Werken Saarlouis (Focus), im türkischen Gölcük, im rumänischen Craiova, in Valencia sowie in einigen Werken in den USA reduziert oder gänzlich unterbrochen. Das Unternehmen rechnet für 2021 mit einem durch die Lieferengpässe verursachten Rückgang des Gewinns um 1 bis 2,5 Mrd. Dollar.

Bei der Marke **Volkswagen** sind die Werke in Wolfsburg (Golf), Emden (Passat), Mexiko (Jetta, Tiguan) und in der Slowakei (Bratislava, v. a. SUV-Modelle) betroffen. Konzernübergreifend konnten im ersten Quartal 2021 aufgrund der Halbleiter-Engpässe ungefähr 100.000 Fahrzeuge weniger produziert werden. In Konsequenz reagiert Volkswagen so, dass eigene Beziehungen zu Halbleiter-Produzenten aufgebaut werden, um Kapazitäten direkt verhandeln und besser steuern zu können. Auch die Lagerbestände sollen für spezielle Chips zukünftig erhöht werden.

Weiterhin berichteten u. a. auch Opel, Tesla, Toyota, Nissan, Hyundai, Jaguar Land Rover sowie Peugeot und Renault von Problemen durch fehlende Bauteile und Lieferengpässe im Jahr 2021.

Insgesamt ist damit zu rechnen, dass die Lieferengpässe zu einer drastischen Reduktion der Produktionsvolumina im Jahr 2021 und sogar darüber hinausführen können. Die

Unternehmensberatung Alix Partners geht davon aus, dass im Jahr 2021 weltweit rund 3,9 Mio. Fahrzeuge im Wert von ca. 90 Mrd. EUR weniger produziert werden (Alix Partners, 2021). LMC Automotive erwartet, dass durch die geringere Verfügbarkeit von Chips ein Produktionsrückgang von ca. 1,3 bis 2,2 Mio. Pkw eintreten könnte, dies entspräche einem Rückgang von ca. –1,5% bis –2,5% bei einem erwarteten Gesamtvolumen von ca. 88 Mio. Einheiten (LBBW Research, 2021). Auch über 2021 hinaus könnte die Versorgungsknappheit laut Erwartung der Expert:innen andauern (Elektroniknet, 2021).

Kurz- und langfristige Gründe für anhaltende Versorgungsgpässe

Verschiedene Faktoren führen zu den derzeitigen Lieferengpässen, wobei sowohl akut wirkende Störfälle als auch längerfristig wirkende Rahmenbedingungen Einfluss auf das Produktionsvolumen und die Verfügbarkeit der elektronischen Bauteile für die Automobilindustrie haben. **Die kurzfristig wirkenden Störfälle** sind u. a.:

■ ein Feuer in einer Halbleiter-Fabrik des Chip-Herstellers AKM in Nobeoka City (Japan)

Im Oktober 2020 führte ein Brand in einer Halbleiter-Fabrik des japanischen Chip-Herstellers AKM, einer Tochterfirma von Asahi Kasei K.K., zur vollständigen Schließung der Produktionslinien des Werks in Nobeoka City für ungefähr zwölf Monate (AKM, 2021). Die dort hergestellten Elektronikbauteile werden u. a. in Audio- und Navigationssystemen der Automobilindustrie verwendet.

■ eine Kältewelle in Austin, Texas (USA)

Im Februar 2021 führte ein arktischer Wintersturm zum Zusammenbruch der Stromversorgung und zur Schließung von Halbleiter-Fabriken im US-amerikanischen Bundesstaat Texas. Betroffen waren u. a. Werke von NXP Semiconductors N.V., einem der größten Zulieferer für die Automobilindustrie, der Samsung Group und der Infineon Technologies AG (NXP, 2021; BusinessKorea, 2021; Infineon, 2021). Die Produktion war für ca. ein bis eineinhalb Monate eingeschränkt.

■ ein Feuer in einer Halbleiter-Fabrik des Chip-Herstellers Renesas in Naka (Japan)

Im März 2021 führte ein Brand in einer Halbleiter-Fabrik des japanischen Chip-Herstellers Renesas Electronics K.K. in Naka zu einem Stopp der Produktion von insbesondere Wafer-Bauteilen (Renesas, 2021).

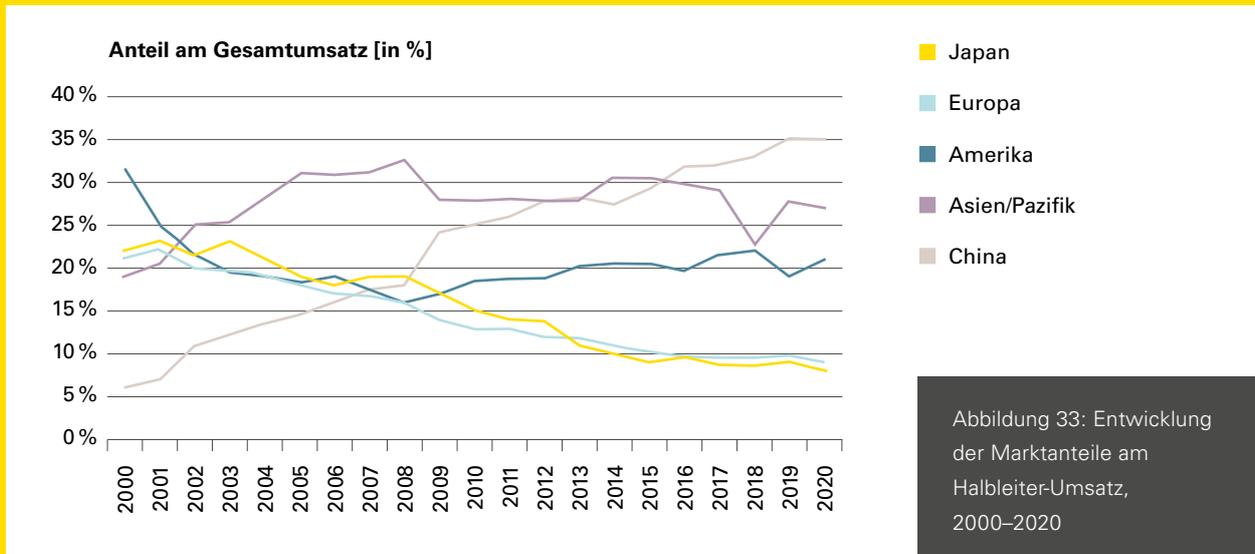
Die längerfristig wirkenden Faktoren sind in der Struktur des Halbleiter-Markts und der Halbleiter-Industrie selbst sowie in komplexen, langwierigen Produktionsprozessen zur Herstellung der Chips begründet. Diese eher strukturellen Rahmenbedingungen führen dazu, dass das Problem für die Automobilindustrie in absehbarer Zeit nur schwer lösbar ist.

Struktur des Halbleiter-Markts und Automotive-Anteil

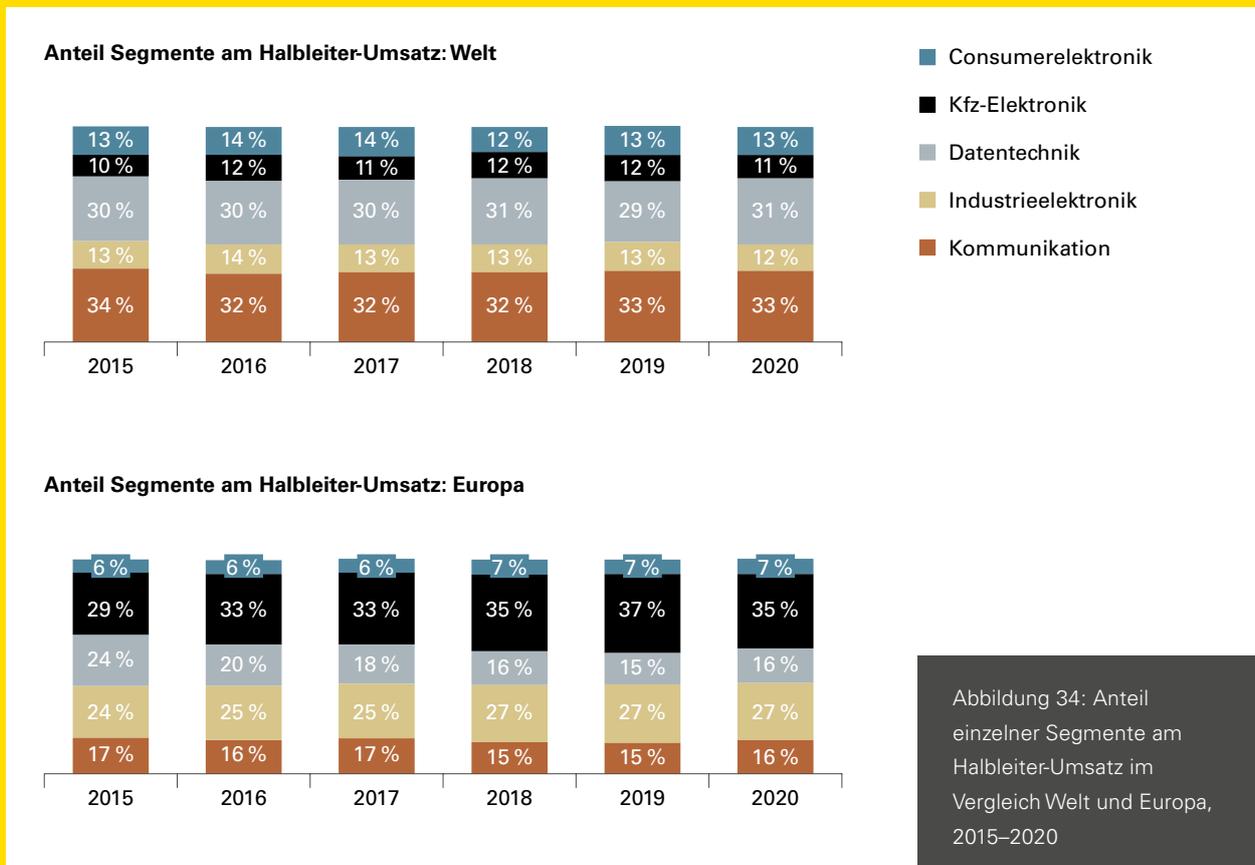
Die Struktur des Halbleiter-Markts wirkt den Möglichkeiten einer kurzfristigen Steigerung der Produktionskapazitäten für die Abnehmer in der Automobilindustrie entgegen, da diese im Vergleich zu anderen Segmenten (wie z. B. Kommunikation) einen nur geringen Anteil am Umsatz darstellen. Im Jahr 2020 lag die Automobilindustrie bei weltweiter Betrachtung beispielsweise bei nur ca. 11% Umsatzanteil, während die Segmente Kommunikation und Datentechnik einen Anteil von fast 65% am Gesamtumsatz i. H. v. ca. 352 Mrd. EUR hatten (ZVEI, 2020a).

China ist mittlerweile über alle Anwendungen hinweg der weltweit größte Absatzmarkt für Halbleiter-Anwendungen mit einem Marktanteil von 35% im Jahr 2020. Die Entwicklung der Marktanteile für die Weltregionen China, Amerika, Europa und Asien/Pazifik ab dem Jahr 2000 ist in Abbildung 33 dargestellt.

Europa und Japan liegen jeweils bei unter 10% Marktanteil insgesamt. Im Vergleich der Weltregionen ist der europäische Markt stärker automotivegetrieben: In Europa betrug der Automotive-Anteil am Halbleiter-Umsatz im Jahr 2019 37%, in Japan 28%. In den Weltregionen USA (mit 10% Automotive-Anteil) und China (7%) hingegen dominieren andere Segmente die Nachfrage. So liegt in den USA mit einem Anteil von 38% das Segment „Computer“ in Führung, in China mit 42% das Segment „Kommunikation“.



Die Anteile der einzelnen Segmente am Gesamtumsatz des Halbleiter-Markts im Vergleich der Regionen „Welt“ und „Europa“ ist in Abbildung 34 grafisch dargestellt – der starke Automotive-Fokus für Europa (dargestellt in Schwarz) ist deutlich zu erkennen.



Exemplarisch für acht der größten Halbleiter-Hersteller dargestellt ist im Folgenden die jeweilige Relevanz des Automotive-Business am Umsatz: Nur NXP (44 %), Infineon (42 %) und Renesas (48 %) besitzen signifikante Umsatzanteile durch den Automobilbereich. Die weiteren Hersteller Texas Instruments (20 %), Qualcomm (4 %), AMD/ATI (1 %) und NVIDIA (6 %) bedienen vorrangig Kund:innen im Kommunikations- und Consumersegment – die insgesamt also viel höhere Stückzahlen abnehmen und zudem den Chip-Herstellern größere Gewinnmargen ermöglichen. Auch der weltweit größte Chip-Hersteller TSMC (Taiwan) hat einen Automotive-Anteil am Umsatz von nur 3 % (Geschäftsberichte von NXP, Infineon, Renesas, Texas Instruments, Qualcomm, AMD, NVIDIA, TSMC, 2020). Die Markt- und Verhandlungsposition der Automobilindustrie für Halbleiter-Produkte ist im Vergleich mit anderen Industrien entsprechend geringer.

Im Bereich der Halbleiter-Komponenten für automatisiertes und autonomes Fahren setzen die deutschen Hersteller Audi, BMW, Mercedes und VW hauptsächlich auf eine Zusammenarbeit mit den US-amerikanischen Unternehmen Qualcomm und Texas Instruments, zudem in Teilen auch auf NVIDIA. Bei Elektronikbauteilen zur Verarbeitung von Signal- und Informationsdaten werden die deutschen OEMs u. a. von Texas Instruments beliefert, BMW und Volkswagen zusätzlich von NXP (Niederlande), Audi zusätzlich von Renesas (Japan). Für die Belieferung mit Leistungshalbleitern zur Fahrzeugsteuerung setzen alle deutschen OEMs v. a. auf eine Kooperation mit Infineon (Deutschland) (Geschäftsberichte Audi, BMW, Infineon, Mercedes, NXP, Qualcomm, Renesas, Texas Instruments, VW, 2019).

Struktur der Halbleiter-Industrie und Produktionskapazitäten

Auch die Struktur der Halbleiter-Industrie selbst und der komplexe Produktionsprozess wirken einer kurzfristigen Entspannung der Versorgungssituation in der Automobilindustrie entgegen. Unternehmen der Halbleiter-Industrie können generell eingeteilt werden in Auftragsfertiger mit Produktionskapazitäten (sog. Foundries) und Unternehmen ohne eigene Herstellungs- und Fertigungsstätten (sog. Fabless).

Letztere fokussieren ihre Tätigkeiten insbesondere auf die Bereiche der Entwicklung überlegener Funktionen und De-

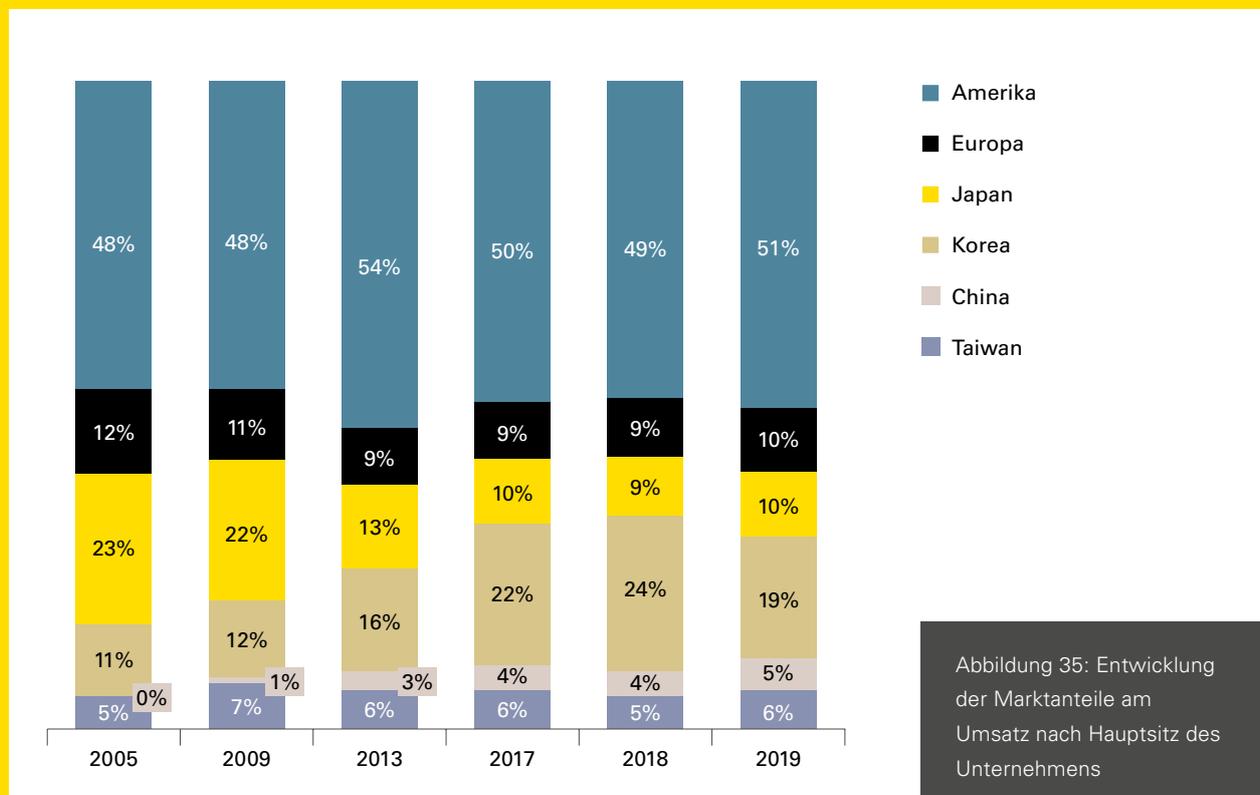
signs (z. B. der Schaltungen), nicht aber auf die Entwicklung und den Aufbau von investitionsintensiven Produktionsanlagen. Zu den sog. Fabless-Unternehmen gehören u. a. NVIDIA (USA), AMD/ATI (USA) und Qualcomm (USA), die alle – wie oben dargestellt – keinen Umsatz-Schwerpunkt im Automotive-Business besitzen. Trotzdem entwickeln sie auch Produkte, die Voraussetzung für die Realisierung von Funktionen des automatisierten und autonomen Fahrens sind. Hauptsächlicher Auftraggeber dieser Unternehmen ist TSMC in Taiwan, das nach Produktionskapazitäten im 200-mm-Wafer-Bereich weltweit führende Unternehmen (IC Insights, 2021). TSMC besitzt aber ebenfalls einen nur sehr geringen Automotive-Anteil am Umsatz.

Die Foundries besitzen eigene Fertigungskapazitäten zur Herstellung von Halbleiter-Produkten, die von hohen Investitionssummen in den Aufbau hochautomatisierter Fertigungslinien geprägt sind und nur über große Produktionsvolumina und Stückzahlen – oftmals im Dreischichtbetrieb und 24/7 – ökonomisch wettbewerbsfähig arbeiten können. Die Kosten zum Aufbau geeigneter Fertigungsstätten betragen mehrere Milliarden Dollar (Puffer, 2007). Zu den Foundries gehören Hersteller wie TSMC (Taiwan), Texas Instruments (USA), Infineon (Deutschland), NXP (Niederlande) und Renesas (Japan). Diese Produzenten konzentrieren sich hauptsächlich auf die Herstellung von Chips zur Verarbeitung von Signal- und Informationsdaten (z. B. Netzwerkcontroller und Navigation) oder zur Fahrzeugsteuerung. Die meisten weiteren produzierenden Unternehmen sind in Asien angesiedelt, z. B. Samsung (Südkorea), UMC (Taiwan), SMIC (China), TowerJazz Panasonic Semiconductor (Japan), VIS (Taiwan), PSMC (Taiwan), Hua Hong (China) und DB HiTek (Südkorea).

Auch bei der Produktion von für die Halbleiter-Komponenten benötigten sog. Wafers (das Ausgangsmaterial elektronischer Bausteine, vorrangig aus Silizium hergestellt) führen Produktionsstätten an chinesischen Standorten im Vergleich der monatlichen Produktionskapazitäten von 200-mm-Varianten: Mit ca. 5,6 Mio. Stück und einem Anteil von 20 % vor Taiwan mit ca. 5,3 Mio. Stück (19%), Südkorea und Japan mit jeweils ca. 4,8 Mio. Stück (17%), den USA mit 3,1 Mio. Stück (11 %) und Europa mit 2,2 Mio. Stück (8%). Fabriken in diesen sechs Weltregionen stellen insgesamt 92 % der globalen Wafer-Produktion (ca. 28 Mio. Stück pro Monat) dar. Expert:innen erwarten, dass sich dieser Anteil bis 2024 noch weiter in Richtung chinesischer Produktionsstätten verschiebt, bei gleichzeitigem Wachs-

tum der globalen Ausbringungsmenge pro Jahr von ca. 5 % auf dann ca. 36 Mio. Stück pro Monat (ZVEI, 2019).

Bei einer Analyse nach Hauptsitz der führenden Halbleiter-Unternehmen dominierten 2019 hingegen weiterhin US-amerikanische Hersteller mit 51 % Umsatzanteil am Weltmarkt, gefolgt von Südkorea (19%), Europa und Japan (je 10%), Taiwan (6%) und China (5%). Die US-amerikanischen Unternehmen haben dabei über einen Zeitraum von ca. zehn Jahren einen konstant hohen Anteil am Umsatz (zwischen 48 % und 54 %), ähnlich auch Europa und Taiwan mit jedoch viel niedrigeren Umsatzanteilen (zwischen 12 % und 9 % bzw. 4 % und 7 %). Japan hat im gleichen Zeitraum seit 2001 einen starken Rückgang von 28 % auf nur noch 10 % (2019) zu verbuchen, während gleichzeitig südkoreanische Unternehmen den Umsatzanteil von 6 % auf 24 % (2018) steigern konnten. 2019 ging er allerdings wieder auf 19 % zurück. Auch chinesische Unternehmen steigerten ihren Umsatzanteil von 0 % (2001) auf 5 % bis 2019 (ZVEI, 2020).



Komplexe Produktionsprozesse und Lieferketten

Die Fertigung von Halbleiter-Bauteilen unterliegt einem komplexen und langwierigen Produktionsprozess, der einer schnellen Entspannung der Versorgungssituation in der Automobilindustrie ebenfalls entgegenwirkt. Von der Bestellung bis zur Auslieferung der Komponente vergehen insgesamt ca. fünf bis acht Monate. Die Herstellung des Wafers nimmt dabei mit ca. drei Monaten die meiste Zeit in Anspruch: Das hierfür notwendige Rohmaterial Silizium wird bei hohen Temperaturen über eine chemische Reaktion aus dem Quarzgestein abgetrennt (sog. Rohsilizium) und von Fremdstoffen (wie Eisen, Aluminium, Phosphor) befreit. Anschließend wird die Anordnung der atomaren Gitterstruktur homogenisiert und ein sog. Einkristall aus dem Siliziumsubstrat erzeugt bzw. aus der Siliziumschmelze „gezogen“ (sog. Ingot).

Aus diesen einkristallinen Stäben werden danach über unterschiedliche Prozessschritte Scheiben (sog. Wafer) gearbeitet, diese werden lackiert und zu extrem ebenen Flächen poliert, in die danach z. B. mit hoch energetischen Lasern die Schaltkreis-Strukturen im Nanometer-Bereich auf unterschiedlichen Ebenen eingebrannt werden (sog. Lithografie). Abschließend erfolgt die Abtrennung der einzelnen Chips aus dem Wafer, z. B. durch Sägen.

Wafer werden in unterschiedlichen Größen von 100 mm bis 300 mm hergestellt, wobei mit Erhöhung des Durchmessers ein größerer Produktionsdurchsatz und damit geringere Fertigungskosten erzielt werden können. Durch eine Erhöhung des Durchmessers von 200 mm auf 300 mm beispielsweise kann eine Verdopplung der Chip-Anzahl je Wafer realisiert werden. Bei weiterer Erhöhung des Durchmessers (auf z. B. 450 mm) ergeben sich derzeit noch Probleme durch aufwändigere Verarbeitungsschritte und mögliche Verformungen.

In Abbildung 36 ist der Produktionsprozess von der Auftragserteilung bis zur Auslieferung schematisch dargestellt.

Steigende Bedeutung von Mikroelektronik in der Automobilindustrie

Die Nachfrage nach und der Markt für Halbleiter-Elemente werden in Zukunft auch im Automotive-Bereich noch weiter wachsen. Hierfür verantwortlich sind die im Vergleich zu heutigen konventionell betriebenen Fahrzeugen höheren Anforderungen an digitale und vernetzte Funktionen im Fahrzeug, zunehmende Automatisierungsgrade, der Einsatz von Fahrerassistenzsystemen sowie die Elektrifizierung des Antriebsstrangs.

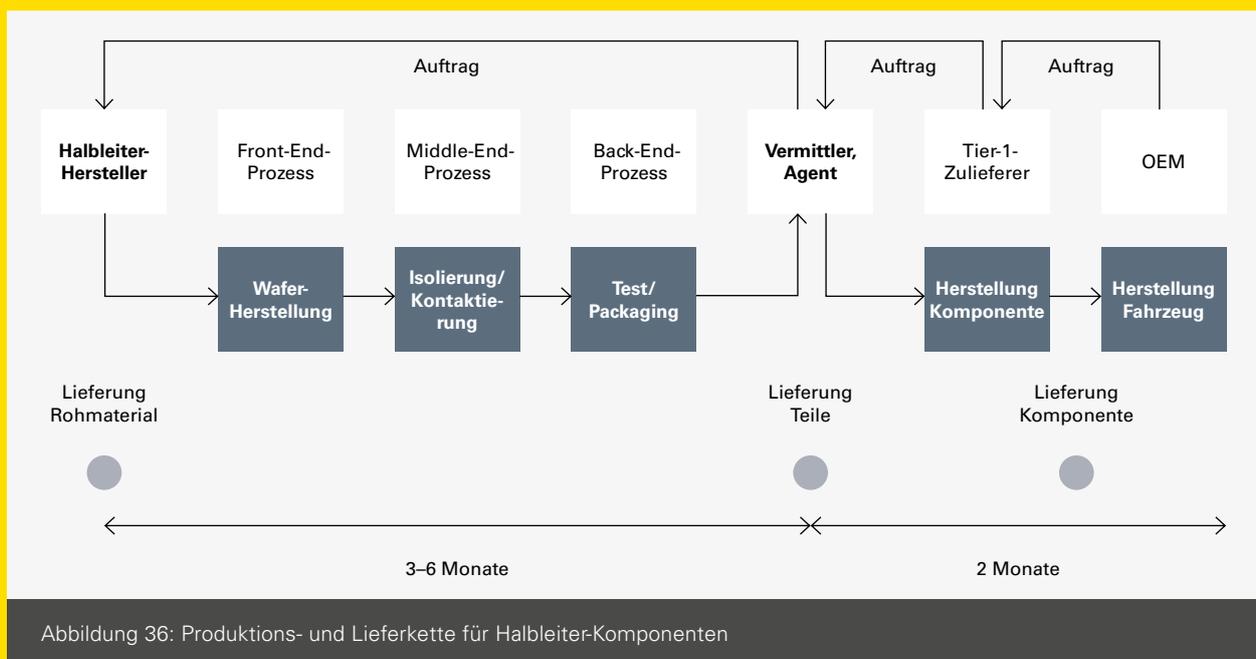


Abbildung 36: Produktions- und Lieferkette für Halbleiter-Komponenten

Die Wertanteile für Halbleiter-Komponenten steigen so alleine vor dem Hintergrund elektrifizierter Antriebskomponenten von ca. 330 EUR auf ca. 690 EUR Materialwert bei Plug-in-Hybriden bzw. rein batterieelektrischen Fahrzeugen. Durch automatisierte und/oder autonome Fahrfunktionen werden weitere Halbleiter-Elemente mit einem reinen Materialwert von bis zu ca. 1.030 EUR benötigt (Infineon, 2020). Die Kosten der Halbleiter-Endprodukte im Gesamtfahrzeug betragen laut Roland Berger in einem Premiumfahrzeug mit Verbrennungsmotor heute sogar schon ca. 2.500 EUR und werden bis 2025 in einem Pkw mit halbautonomen Fahrfunktionen auf ca. 5.900 EUR steigen (Roland Berger, 2020). Der wachsende Markt für elektrifizierte und automatisierte Fahrzeuge steigert die Absatzmöglichkeiten für Halbleiter in der Zukunft weiter. Die Halbleiter-Hersteller reagieren auch darauf mit Investitionen in den Ausbau zusätzlicher Produktionskapazitäten. In der Regel ist davon auszugehen, dass die Bauphase für eine Halbleiter-Fabrik ca. drei Jahre und Kosten von bis zu 20 Mrd. EUR (bei modernster Fertigung im 5-nm-Bereich) umfasst.

Pläne zur Erhöhung von Fertigungskapazitäten

Die Pläne zum Auf- und Ausbau von Fertigungsstätten umfassen allein in den Jahren 2020, 2021 und 2022 Investitionen von über 168 Mrd. EUR, wobei insgesamt 50 neue Fabriken von den Herstellern geplant sind oder sich schon im Bau befinden. Diese werden zu großen Teilen in Asien umgesetzt: 17 Fabriken in China, 13 in Taiwan, vier in Südostasien und drei in Japan. In den USA sind insgesamt acht Fabriken geplant oder bereits im Bau, in Europa und im Mittleren Osten jeweils vier. Die zusätzlichen Produktionskapazitäten seit 2021 belaufen sich laut Prognose auf ca. 2,6 Mio. Wafer (200-mm-Äquivalente) pro Monat und sollen dazu beitragen, die Engpässe auch im Automotive-Bereich zu mindern (Elektroniknet, 2020; SEMI, 2021a; SEMI, 2021b).

Auch über 2022 hinaus sind weiterhin hohe Investitionen der Halbleiter-Hersteller in den Aufbau zusätzlicher Produktionskapazitäten angekündigt (Heise, 2021): Samsung (Südkorea) plant z. B. Investitionen von ca. 127 Mrd. EUR bis 2030, TSMC (Taiwan) von ca. 85 Mrd. EUR bis 2024, SK Hynix (Südkorea) will ca. 81 Mrd. EUR in die Erweiterung bestehender Werke und ca. 89 Mrd. EUR in neue Produktionsstätten in Südkorea investieren, Nanya Technology

(Taiwan) ca. 9 Mrd. EUR für eine neue Halbleiter-Fabrik in Taiwan. Der Chip-Hersteller Globalfoundries (USA) investiert ca. 3,5 Mrd. EUR in eine neue Fertigungsanlage in Singapur, auch die Chipfabrik am Standort Dresden soll durch zusätzliche Investitionen i. H. v. ca. 400 Mio. EUR ausgebaut und erweitert werden. Neben zwei neuen Fabriken in Arizona (ca. 17 Mrd. EUR) bis 2024 will Infineon (USA) ebenfalls u. a. am Standort Dresden ca. 1,1 Mrd. EUR investieren, um die dort bestehenden Produktionskapazitäten auszuweiten und verdoppeln zu können. Auch hat die Robert Bosch GmbH ca. 1 Mrd. EUR in den Aufbau einer neuen Halbleiter-Fabrik in Dresden investiert.

Unternehmen mit Bezug zu Wertschöpfungsaktivitäten im Bereich Halbleiter in Baden-Württemberg sind exemplarisch:

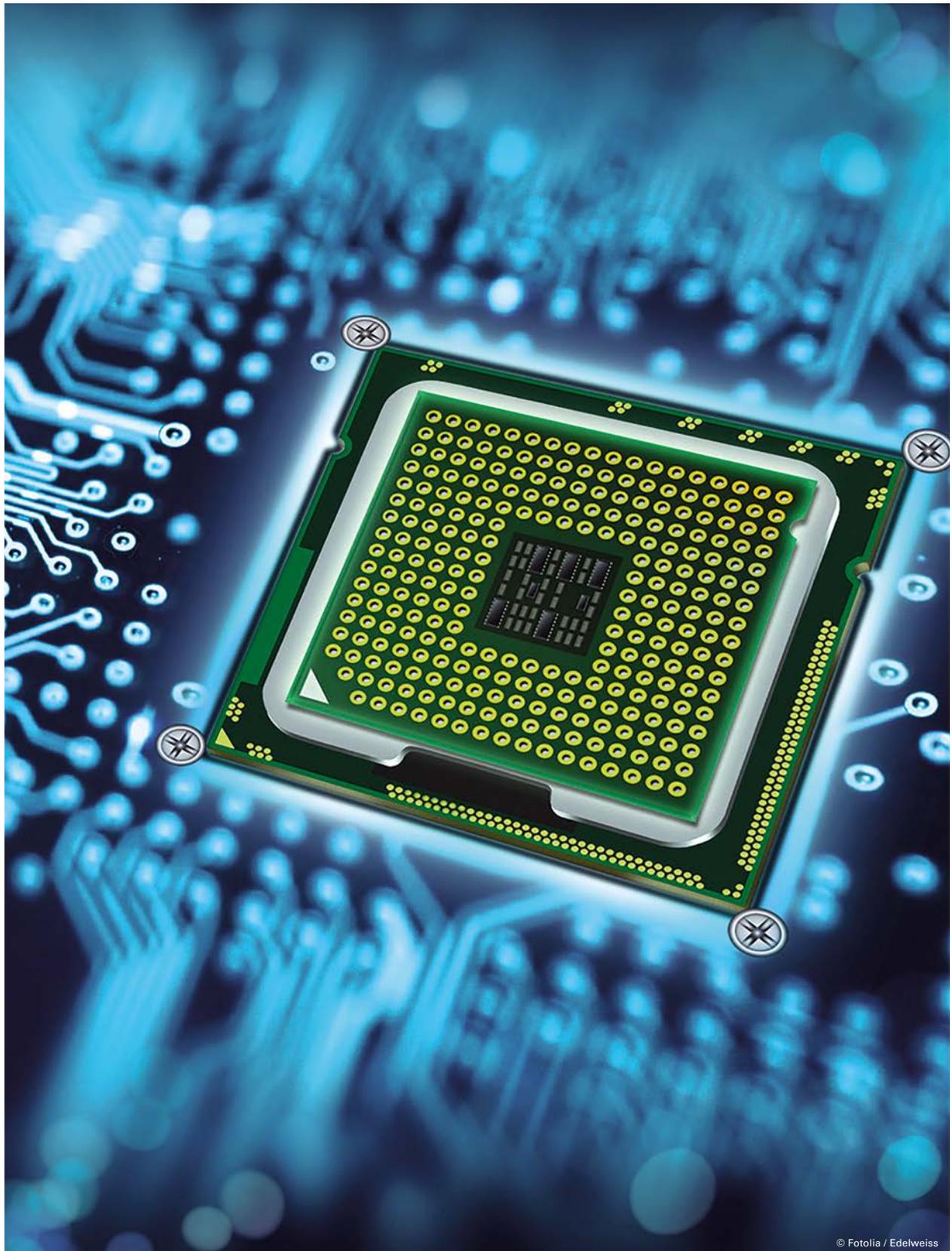
- AP&S International GmbH in Donaueschingen
- Azur Space Solar Power GmbH in Heilbronn
- Carl Zeiss SMT GmbH in Oberkochen
- Dialog Semiconductor GmbH in Kirchheim u.T.
- Robert Bosch GmbH in Reutlingen
- TDK-Micronas GmbH in Freiburg

Industriepolitische Ziele im Vergleich

Aufgrund der strategischen Bedeutung von Halbleitern als kritische Komponenten für heutige und zukünftige Produkte ist der Aufbau von Technologie- und Fertigungskompetenz auch Teil industriepolitischer Ziele und Diskussionen. So planen u. a. Deutschland und Frankreich eine europäische Halbleiter-Allianz zur Stärkung von Investitionen und zur Ausweitung von Produktionskapazitäten, um strategische Abhängigkeiten – insbesondere von Asien – im Bereich der Mikroelektronik verringern zu können. Konkret soll ein weiteres „Important Project of Common European Interest“ (IPCEI) umgesetzt und mit Fördergeldern i. H. v. mehreren Mrd. EUR unterstützt werden. Hierbei soll neben dem Aufbau von eigenen Produktionsstandorten (mit Chipgrößen bis ca. 10 nm) auch in den weiteren Aufbau von Kompetenz in der Chip-Entwicklung und im Chip-Design investiert werden. Ziel der Initiative ist es, den Anteil der europäischen Halbleiter-Fertigung an der weltweiten Produktion bis zum Jahr 2030 von ca. 10 % auf 20 % zu steigern.

Auch die **USA** haben strategische Ziele für die Halbleiter-Industrie definiert und fördern diese – insbesondere zur Verringerung von handelspolitischen Gefahren – durch hohe Milliardenbeträge. So hat der US-Senat u. a. einen Gesetzesentwurf verabschiedet, der Forschung und Entwicklung sowie die Herstellung von Halbleitern fördern soll und eine Summe von ca. 45 Mrd. EUR innerhalb der nächsten fünf Jahre umfasst. Ziel ist es, die Abhängigkeiten in den Lieferketten von anderen Weltregionen, z. B. Taiwan, zu verringern und eigene Kompetenzen im Design und in der Produktion von Halbleitern zu stärken. Zudem wurde eine sog. Entity-Liste implementiert, die Verkäufe relevanter Unternehmen im Halbleiter-Bereich an chinesische Institutionen verhindert.

China hat im Rahmen des aktuellen 5-Jahres-Plans bis 2025 das strategische Ziel ausgerufen, eine 70%ige Autonomie in der Versorgung mit Halbleiter-Chips zu erreichen. Dieses Ziel wird u. a. durch Förder- und Investitionsfonds unterstützt, die für den Bereich Halbleiter einen Umfang von ca. 25 Mrd. EUR umfassen. Über die letzten zehn Jahre hinweg wurden bereits ca. 125 Mrd. EUR in den Aufbau von Forschungs- und Produktionskapazitäten für Mikroelektronik investiert. Auch weitere Staaten unterstützen die Entwicklung und Herstellung von Halbleiter-Elementen durch Fördergelder. So hat z. B. **Südkorea** staatliche Fördergelder i. H. v. ca. 730 Mio. EUR in die Entwicklung von Chips für Anwendungen der Künstlichen Intelligenz (KI) bis 2029 freigegeben. Weiterhin plant das Ministerium für Informations- und Kommunikationstechnologien, über 14,5 Mrd. EUR in die Entwicklung von „Next Generation Chips“ im Rahmen des Korean New Deal bis 2025 zu investieren.



05

Wertschöpfungsstrategien im Rahmen der Transformation



05

Wertschöpfungsstrategien im Rahmen der Transformation

In Kürze

- Über krisenbedingte Störungen der weltweiten Lieferketten hinaus zeichnen sich mit der Transformation der Automobilindustrie langanhaltende Veränderungen ab, die die grundlegende Struktur bestehender Wertschöpfungs-systeme betreffen.
- Aktuelle Unternehmens-, Innovations-, Produkt- und Plattformstrategien der deutschen Automobilhersteller lassen eine eindeutige Ausrichtung auf batterieelektrische Antriebe erkennen.
- Der Vergleich von Lieferstrukturen und Produktionsnetzwerken bei aktuellen Verbrenner- und Elektromodellen zeigt eine Verschiebung der Wertschöpfung am Antriebsstrang auf: sowohl geografisch hin zu asiatischen Standorten/ Unternehmen als auch vertikal stärker integrierend bei Automobilherstellern.
- Mit dem Wechsel zu elektrifizierten Antrieben werden neue Materialien und Komponenten erforderlich, die neue Kritikalitäten und strategische Abhängigkeiten – v. a. von asiatischen Unternehmen – erzeugen. Eine Fallstudie im Bereich „Batteriesystem“ zeigt diese im Detail auf.
- Mit einer hohen Variantenvielfalt soll der Absatz durch die Erfüllung individueller Kundenwünsche gesichert werden; in den Produktionsstrategien sind OEM an besonders „später“ Fahrzeugindividualisierung interessiert,

perspektivisch soll hier zunehmend die Software individuelle Funktionen steuern.

- Die von den OEM gewählte Produktionsstrategie ist stückzahlabhängig: Bei eher niedrigeren Stückzahlen im Premiumbereich setzen die OEM auf eine hochflexible Produktion, Volumenproduzenten wie Volkswagen setzen dagegen auf möglichst hoch automatisierte Linien für hohe Stückzahlen.

Der Strukturwandel hin zu alternativen Antriebsformen bewirkt eine fundamentale Wertschöpfungsveränderung am Fahrzeug. Technologien wie der Elektroantrieb können über neue Plattformkonzepte konventionelle Antriebsformen langfristig obsolet machen. Da die Wertschöpfung mit OEM und Zulieferern sowie allen weiteren Stakeholdern ganze Netzwerke umfasst, werden bisherige Prozesse maßgeblich beeinflusst. Aus diesem Transformationsprozess heraus resultieren mehrschichtige Herausforderungen für Unternehmen, Politik und Gesellschaft.

Einhergehend mit diesem Wandel verändern sich die bisherigen Wertschöpfungsstrukturen auch durch das Eintreten neuer Konkurrenten und durch kürzer werdende Innovations- sowie Marktzyklen. So liegt laut Strukturstudie BW[®] mobil 2019 die schwerwiegendste Herausforderung „in der zeitlichen Parallelität der Veränderungsanforderungen sowie der Vielschichtigkeit und Dynamik des Transformationsprozesses“ (e-mobil BW, 2019a).

Die deutsche Automobilindustrie richtet sich stark nach dem asiatischen Markt aus, v. a. nach dem chinesischen. OEM und Zulieferer müssen ihre Geschäftsmodelle und Produktange-

bote anpassen, wodurch hohe Investitionen in F&E und der Aufbau neuer, ggfs. regional differenzierter, Produktionskapazitäten notwendig werden (Hagedorn et al., 2019). Darüber hinaus sind bisherige Produktionslinien umzustrukturieren und ein Aufbau von Know-how bei neuen Technologien des Antriebsstrangs und der Digitalisierung ist essenziell. Deutsche und internationale OEM reagieren auf diesen Strukturwandel mit einer Anpassung und/oder sogar Neuausrichtung ihrer Wertschöpfungsaktivitäten.

Diese Veränderung bei Wertschöpfungsaktivitäten wird im Folgenden beschrieben. Hierfür werden relevante Aktivitäten ausgewählter OEM hin zu einer Neuausrichtung des Produktportfolios ausdifferenziert und im Vergleich dargestellt. Dies umfasst die jeweiligen Unternehmensstrategien und -ziele, die Ausrichtung der Innovationsaktivitäten und den Umfang von F&E-Investitionen, die Veränderung des Produktangebots und -portfolios sowie Veränderungen in der Entwicklung von Fahrzeugplattformen und zugehöriger Produktionsstrategien.

5.1 Technologische Treiber der Transformation und kritische Komponenten

Drei große technologische Trends treiben die Veränderung von Wertschöpfungsstrategien und -aktivitäten in der Automobilindustrie: Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung. Diese führen dazu, dass das Fahrzeug in der Zukunft voraussichtlich rein elektrisch oder zumindest teilelektrifiziert fährt. Zudem wird es vernetzt und – wo möglich – hochautomatisiert oder autonom fahrend Teil eines zukünftigen Verkehrs- und Energiesystems sein. Es ist (lokal) emissionsfrei, nutzt kontinuierlich Informationen und Daten zur Optimierung der Fahrwege und Verkehrsflüsse und kommuniziert mit anderen Fahrzeugen und Verkehrsteilnehmer:innen – auch um die Sicherheit im motorisierten Individualverkehr aktiv zu erhöhen.

Eine große Herausforderung stellt die Transformation für die Automobilhersteller und -zulieferer dar: Seit Jahren erfolgreiche und stetig optimierte Geschäftsmodelle und -beziehungen müssen angepasst oder sogar gänzlich weiterentwickelt werden. Durch die zunehmende Elektrifizierung der Fahrzeuge müssen neue Technologien und Komponenten etabliert werden, während die vorhandenen Kompetenzen im „klassischen“ Antriebsstrang mittelfristig an Relevanz verlieren. Die Transformation zur Elektromobilität und zu datengetriebenen Geschäftsmodellen verändert die Automobilindustrie, da sich Wertschöpfungsanteile, -strukturen und -netzwerke in der Fahrzeugentwicklung und -produktion verändern oder ganz neu ausgestalten – speziell im Automotive-geprägten Baden-Württemberg.

Neue, modifizierte und nicht mehr benötigte Komponenten im Antriebsstrang

Mit einer zunehmenden Elektrifizierung und Automatisierung der Fahrzeuge verändern sich auch die für die Wertschöpfung relevanten Schlüsselkomponenten. Die nicht mehr notwendigen, modifizierten und neuen Komponenten je Antriebskonzept sind in Tabelle 11 dargestellt. Neben den aufgeführten Veränderungen bei Antriebsstrangkomponenten führen auch die zusätzlichen Module und Komponenten, die für das automatisierte und autonome Fahren notwendig sind, zu neuen Wertschöpfungspotenzialen. Diese sind unter anderem: Radar, LiDAR, Kamerasysteme, Sensoren sowie neue Module zur Positionierung und Kommunikation der Fahrzeuge. Sie werden aber im Rahmen dieser Studie nicht ausführlich betrachtet, weil der Fokus auf dem Wandel zur Elektromobilität liegt.

Antriebskonzepte	ICE	HEV	PHEV	REEV	BEV	FCEV
Komponenten	Veränderungen der Systeme bis 2030					
Verbrennungsmotor	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Entfällt
Starter und Lichtmaschine	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Entfällt
Abgasanlage/Luftsystem	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Modifiziert
Kraftstoffversorgung	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Modifiziert
Getriebe	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert/ Entfällt	Modifiziert/ Entfällt	Modifiziert/ Entfällt
Elektrische Antriebsmaschine	n. V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Batteriesystem für Antrieb	n. V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Leistungselektronik	n. V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Ladesystem intern	n. V.	n. V.	Neu	Neu	Neu	n. V.
Brennstoffzellen-System	n. V.	n. V.	n. V.	n. V.	n. V.	Neu

Quelle: e-mobilität BW, 2019a.
ICE = Internal Combustion Engine; HEV = Hybrid Electric Vehicle; PHEV = Plug-in Hybrid Electric Vehicle; REEV = Range-extended Electric Vehicle; BEV = Battery Electric Vehicle; FCEV = Fuel Cell Electric Vehicle

Tabelle 11: Übersicht neuer, modifizierter und nicht mehr notwendiger Komponenten nach Antriebskonzept

Die Entwicklung der unterschiedlichen Antriebskonzepte (konventionell, hybrid, elektrisch) wurde von den meisten deutschen Herstellern in der Vergangenheit parallel verfolgt, da sich nicht klar abzeichnete, welche Technologie sich zu welchem Zeitpunkt im Markt etablieren wird. Mittlerweile aber ist eine stärkere Tendenz der Hersteller hin zu rein batterieelektrischen Pkw zu erkennen. Forschungs- und Entwicklungs-, Produkt- und Plattformstrategien aller großen deutschen Hersteller lassen den Schluss zu, dass die rein batterieelektrische Mobilität die mittelfristig dominierende Antriebsform beim Pkw darstellen wird.

Szenarien, die mit den Klimazielen des Pariser Abkommens vereinbar sind, gehen bis zum Jahr 2030 von einem weltweiten Neuzulassungsanteil von 30 % bei E-Fahrzeugen aus, so dass auch ca. 8 bis 14 % der gesamten Pkw im Bestand zu diesem Zeitpunkt elektrifiziert wären. Davon sind je nach Marktentwicklung ca. 89 bis 166 Mio. rein batterieelektrische

Fahrzeuge und 46 bis 71 Mio. Plug-in-Hybridfahrzeuge (IEA, 2020).

Der globale Bestand von E-Fahrzeugen (BEV und PHEV) nahm im Jahr 2020 um ca. 3 Mio. Fahrzeuge zu, so dass Ende 2020 weltweit ca. 10,8 Mio. E-Fahrzeuge zugelassen waren. Im Vergleich zum Vorjahr war dies eine Steigerung des Bestands um knapp 38 %, nach ebenfalls schon hohen Wachstumsraten in den unmittelbaren Vorjahren (+40 % 2019, +64 % 2018). Trotzdem ist im Vergleich mit konventionell betriebenen Fahrzeugen der Anteil elektrisch betriebener Fahrzeuge am Gesamtbestand nach wie vor gering und liegt bei nur ca. 1 %. China hat insgesamt mit Abstand die meisten E-Fahrzeuge im Markt: 3,8 Mio. im Jahr 2019 und 5 Mio. im Jahr 2020. In Deutschland liegen die Bestandszahlen bei 0,24 Mio. (2019) und 0,57 Mio. (2020). In den USA nahmen die Bestandszahlen im Betrachtungszeitraum vergleichsweise wenig zu: 1,45 Mio. im Jahr 2019 und 1,77 Mio. im Jahr 2020.

In der EU lagen die Neuzulassungen bei ca. 1,45 Mio. E-Fahrzeugen, dies entspricht einem Marktanteil von ca. 11 % am Gesamtmarkt 2020. Deutschland lag (auch aufgrund der Innovationsprämie und der MwSt.-Senkung) mit rund 14 % leicht über dem EU-Durchschnitt. Auch Frankreich (ca. 11 %), v. a. aber die Niederlande (ca. 25 %) und Norwegen (ca. 75 %), konnten überdurchschnittliche Wachstumsraten verzeichnen. Europa war 2020 damit insgesamt größter E-Auto-Markt, der Anteil an PHEV ist aber (z. B. im Vergleich mit China) relativ hoch.

Für Nutzfahrzeuge und weitere Verkehrsmittel (Schiffe, Flugzeuge) sind andere Antriebskonzepte wahrscheinlicher, so dass die Entwicklung weiterer Technologien zur Umstellung aller Verkehrssegmente auf CO₂-Neutralität erforderlich ist.

Verschiebung der Wertschöpfungsanteile im Antriebsstrang

Aufgrund des Strukturwandels hin zu alternativen Antrieben kommt es zu Wertschöpfungsverschiebungen, insbesondere getrieben durch die technologischen Trends der Elektrifizierung und Digitalisierung. Ungefähr ein Viertel der Wertschöpfung eines konventionellen Pkw entfällt auf den Antriebsstrang. Gerade im Bereich der Entwicklung hocheffizienter Verbrennungsmotoren besitzt die deutsche Automobilindustrie ausgeprägtes Know-how. Durch die Elektrifizierung von Pkw werden die bisherigen Wertschöpfungsaktivitäten in Bezug auf konventionelle Antriebsstränge (u. a. Verbrennungsmotoren, Getriebe, Abgaskomponenten) signifikant verändert. Neben den OEM sind ebenfalls die Zulieferer gezwungen, ihr bisheriges Geschäftsmodell zu überarbeiten. Das gilt vor allem für die baden-württembergischen Zulieferer, die zu einem relevanten Anteil auf den Antriebsstrang und damit bisher auf Verbrennungsmotoren spezialisiert sind (die „Strukturstudie BW^e mobil 2019“ geht von einem Anteil >40 % aus; e-mobil BW, 2019a).

Dennoch bietet die Transformation hin zu neuen Antriebskomponenten und -technologien Potenziale für neue Wertschöpfungsaktivitäten. Großes Potenzial liegt in der Wertschöpfung im Bereich der Batterieherstellung. Diese umfasst ca. 40 % am gesamten BEV und ca. 57 % an einem BEV-Antriebsstrang. Die Zellherstellung nimmt dabei ca. zwei Drittel und die Packherstellung ein Drittel der Wertschöpfung für ein Batteriesystem ein.

Die größten Wertschöpfungsanteile am Antriebsstrang eines BEV stellen neben dem Batteriesystem die Leistungselektronik mit ca. 20 %, die E-Maschine mit ca. 18 % und das Getriebe mit ca. 2 % dar. Der größte Wertschöpfungsanteil eines konventionellen Pkw nimmt dagegen der Verbrennungsmotor mit rund 39 % ein, danach folgt das Getriebe mit ca. 21 %. Rund 11 % sind der Abgas- und Kraftstoffanlage zuzuordnen.

Strategische Abhängigkeiten, kritische Ressourcen und Komponenten

Durch die Veränderung von Schlüsselkomponenten in einem zukünftig stärker elektrifizierten und digitalisierten Fahrzeug ändern sich auch die zur Herstellung notwendigen Materialien und Ressourcen, so dass sich neue Zuliefererbeziehungen – und damit auch neue strategische Abhängigkeiten – für die deutsche und die europäische Automobilindustrie ausbilden. Besonders hoch werden sie dort, wo für die Wettbewerbsfähigkeit relevante Schlüsselkomponenten betroffen sind und die Versorgung von wenigen – möglicherweise politisch instabileren – Weltregionen abhängig ist. Diese im Rahmen des Technologiewandels sog. kritischen Komponenten und deren Versorgungssituation (inkl. Materialien/Rohstoffe) sollen im Folgenden beispielhaft für das Batteriesystem und die E-Maschine dargestellt werden. Auch Halbleiter können zu diesen kritischen Komponenten gezählt werden, so dass an dieser Stelle auf den Exkurs „Die Halbleiterkrise als Folge der Covid-19-Pandemie“ in Kapitel 4 verwiesen wird.

Eine strategische Abhängigkeit kann sich auf verschiedene Stufen der Wertschöpfung beziehen: auf die Rohstoffgewinnung und -verfügbarkeit, auf Kapazitäten und Technologien zur (Weiter-)Verarbeitung dieses Rohstoffs hin zu einem Vorprodukt sowie auf die Herstellung des Endprodukts selbst. Ein Großteil der als kritisch einzustufenden Materialien und Rohstoffe bezieht sich auf die Schlüsselkomponenten Batteriesystem, E-Maschine und Leistungselektronik, u. a. sind dies: Lithium, Kobalt, Nickel, Kupfer, Graphit, Silizium, Chrom und Seltenerdmetalle wie Neodym, Dysprosium, Bor, Praesodym. Aber auch bei weiteren Materialien wie z. B. Magnesium sind hohe strategische Abhängigkeiten vorhanden. Eine Übersicht über heute und in Zukunft verstärkt kritische Materialien im Zuge der Elektrifizierung, deren Anwendung im Produkt und Abhängigkeit ist in Abbildung 37 dargestellt.

Kritikalität	Material	Anwendung/Produkt	Größte Abhängigkeit von
■■■■■	Seltenerdmetalle	- Permanentmagnet - Traktionsmotor/Brennstoffzelle	 China (98–99 %)
■■■■■	Magnesium	- Strukturelemente - Brennstoffzelle	 China (93 %)
■■■■■	Niobium	- Anode - Batteriesystem	 Brasilien (85 %)
■■■■■	Kobalt	- Kathode - Batteriesystem/BZ	 Kongo (68 %)
■■■■■	Graphit	- Anode - Batteriesystem/BZ	 China (47 %)
■■■■■	Lithium	- Kathode/Elektrolyt - Batteriesystem/BZ	 Chile (78 %)
■■■■■	Titan	- Anode - Batteriesystem/BZ	 China (45 %)
■■■■■	Silizium	- Halbleiter/Anode - Motor/Batterie/BZ	 Norwegen (30 %)

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung an EC, 2020, Flaggen: © Christophe Testi/shutterstock

Abbildung 37: Ausgewählte kritische Materialien, Anwendung und Abhängigkeiten

Strategische Abhängigkeiten in der Wertschöpfungskette „E-Motor“

Der Wertschöpfungsprozess¹⁸ kann beim E-Motor generell in die drei Kategorien Rohmaterialien, verarbeitete Materialien und Komponenten untergliedert werden. Auch beim E-Motor ist die deutsche Automobilindustrie auf allen Wertschöpfungsstufen in hohem Maße von Fremdleistungen abhängig.

Die Rohmaterialien zur Herstellung eines Traktionsmotors umfassen u. a. für Permanentmagnete Neodym, Dysprosium, Bor und Prasesodym. Weitere Materialien sind Silizium (Halbleiter), Eisen (Gussteile, Magnete), Aluminium (Gussteile) und Kupfer (Wicklungen, Drähte). In Legierungen kommen Chrom und Molybdän (z. B. zum Korrosionsschutz) zum Einsatz. Aktuelle Forschungsarbeiten konzentrieren sich u. a. darauf, den Anteil von Seltenerdmetallen bei Permanentmagneten (z. B. Neodym,

Dysprosium) zu reduzieren, zu ersetzen und die Effizienz beim Materialeinsatz zu erhöhen.

Wie beim Batteriesystem stammt auch bei der Wertschöpfungskette der Elektromotoren nur 1 % aller o. g. kritischen Rohmaterialien aus dem europäischen Umfeld, so dass derzeit in erster Stufe der Wertschöpfungskette eine sehr hohe strategische Abhängigkeit von einzelnen Ländern und/oder Weltregionen vorhanden ist. 89 % der Rohstoffe werden in den Regionen Asien (74 %), Südamerika (11 %) und Afrika (4 %) gefördert, alleine China hat einen Anteil von 65 % an der Gesamtmenge. Weitere 5 % der kritischen Rohmaterialien stammen aus den USA. Bei Detailbetrachtung der Versorgungssituation für Seltenerdmetalle kann eine extreme Abhängigkeit erkannt werden: China ist hier für 98 bis 99 % aller Lieferungen an die EU verantwortlich (EC, 2020).

18 | Für eine detaillierte Darstellung des Aufbaus sowie der Fertigung von E-Motoren siehe (e-mobil BW, 2020), für weitergehende Analysen zu Wertschöpfungspotenzialen bei E-Motoren siehe (e-mobil BW, 2021).

China dominiert auch die zweite Stufe in der Wertschöpfungskette. Die hier verarbeiteten Materialien beziehen sich z. B. auf die Herstellung der NdFeB-Permanentmagnete – Chinas Anteil an der globalen Produktion dieses Bauteils beträgt ca. 85 %. Weitere ca. 10 % werden in Japan hergestellt. Auch die weiteren verarbeiteten Materialien in dieser Wertschöpfungsstufe – wie z. B. Verbindungen und Gehäuse – hängen mit einem Anteil in Höhe von 55 % von China ab. Weitere jeweils 4 % kommen aus Japan, den USA und Südamerika. Die EU hat in dieser Wertschöpfungsstufe einen Anteil von ca. 7 %.

In dritter Stufe der Wertschöpfungskette – bei den Komponenten – verschieben sich die strategischen Abhängigkeiten innerhalb des asiatischen Raums von China nach Japan. So stammen ca. 52 % aller Traktionsmotoren aus Japan, nur weitere 15 % aus China. Die USA liefern hier ca. 10 % des weltweiten Anteils in die EU, die selbst für ca. 8 % der E-Motoren-Produktion verantwortlich ist.

Das Versorgungsrisiko in den Lieferketten für E-Motoren wird für die deutsche Automobilindustrie insbesondere bei Rohstoffen als hoch bewertet, bei den verarbeiteten Werkstoffen und Bauteilen sowie bei Komponenten liegt es im mittleren Bereich.

Weitere detaillierte Darstellungen zum Wertschöpfungs-system „Batterie“ folgen im nächsten Abschnitt.

5.2 Fallstudie: Produktionskette „Batteriesystem“ und kritische Ressourcen

Ausgangslage

Lithium-Ionen-Batterien stellen derzeit den Stand der Technik bei Energiespeichern für E-Fahrzeuge dar. Typische Batterien im Pkw-Segment enthalten Lithium (Li), Kobalt (Co) und Nickel (Ni) in der Kathode, Graphit in der Anode sowie Aluminium und Kupfer in weiteren Zell- und Packbauteilen. Die in Lithium-Ionen-Batterien verwendeten Kathoden können generell aus Lithium-Nickel-Kobalt-Mangan-Oxid (NCM), Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (NCA) oder Lithium-Eisen-Phosphat (LFP) bestehen, wobei die Batterietechnologien kontinuierlich weiterentwickelt und optimiert werden. Zudem sind in Zukunft gänzlich neue oder verbesserte Zellchemien, wie z. B. Lithium-Schwefel oder Lithium-Luft, zu erwarten.

Aufgrund des anhaltenden Markthochlaufs bei Elektrofahrzeugen steigt die weltweite Nachfrage nach Batterie-(Roh-)Materialien und Produktionskapazitäten für Batteriezellen an, so dass auch Versorgungsrisiken in den Lieferketten entstehen können. Insbesondere bei strategisch relevanten Materialien kann die Versorgungssicherheit bei deutschen und europäischen Automobilherstellern aufgrund geopolitischer Konzentrationen kritisch werden, beispielsweise im Zusammenhang mit dem Abbau von Kobalt- und Lithiumreserven. Die Produktionskapazitäten für Batterien werden voraussichtlich schneller wachsen als die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen – so kann die steigende Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien auch in anderen Sektoren befriedigt werden, während gleichzeitig Liefer- und Produktionsengpässe abgedeckt werden können. (WEF, 2019). Weltweit sind bereits mehr als 90 sog. Gigafabriken in Planung, über die diese Bedarfe in Zukunft gedeckt werden sollen (Harrison, 2021).

Entwicklung des Batteriemarkts und Automotive-Anteil

Die weltweite Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batteriespeichern nahm in der vergangenen Dekade kontinuierlich um ca. 25 % pro Jahr zu und erreichte ein Gesamtvolumen von ca. 184 Gigawattstunden (GWh) im Jahr 2018 und 282 GWh im Jahr 2020. Dies entspricht einem Marktvolumen von ca. 36 Mrd. EUR. Die deutsche Batterieindustrie verzeichnete im Jahr 2020 mit 34 Unternehmen und ca. 10.870 Beschäftigten einen Umsatz i. H. v. ca. 4,7 Mrd. EUR, davon ca. 3,3 Mrd. EUR im Inland und 1,4 Mrd. EUR im Ausland (Statistisches Bundesamt, 2021). Das Importvolumen von Batteriezellen und -systemen erreichte einen Wert von ca. 7,3 Mrd. EUR (+33 % im Vergleich zu 2019), davon waren ca. 5,4 Mrd. EUR (ca. 74 %) Lithium-Ionen-Batterien. Mit einem Zuwachs von ca. 64 % wuchsen diese Importe überproportional stark an. China ist mit einem Importvolumen von ca. 1,6 Mrd. EUR wichtigster Handelspartner außerhalb Europas, gefolgt von Südkorea (0,9 Mrd. EUR) und Japan (0,3 Mrd. EUR) (ZVEI, 2020).

Für die kommenden Jahre wird mit stark zunehmenden Wachstumsraten gerechnet: auf ca. 970 GWh im Jahr 2025 (ca. 71 Mrd. EUR Marktvolumen) und auf 2.600 GWh im Jahr 2030. Bei optimistischer Entwicklung könnte bis dahin sogar eine weltweite Nachfrage von über 3.500 GWh erreicht werden. Dieses Wachstum wird insbesondere durch Anwendungen im Automotive-Sektor (Pkw, Nfz) getrieben: 2020 betrug dessen Anteil an der weltweiten Nachfrage ca. 242 GWh (85 %), für das Jahr 2025 wird erwartet, dass dieser auf ca.

835 GWh (86 %) ansteigt, 2030 auf mind. 1.746 GWh bis max. 3.389 GWh (86–95 %) (Bernhart, 2019; Fröndhoff und Witsch, 2021; WEF, 2019). Die Anteile der einzelnen Segmente am Gesamtumsatz des Batteriemarkts für 2020 und prognostiziert für die Jahre 2025 und 2030 sind in Abbildung 38 grafisch dargestellt – der starke Automotive-Fokus ist in der Steigerung der Produktionskapazitäten über die Jahre hinweg deutlich zu erkennen.

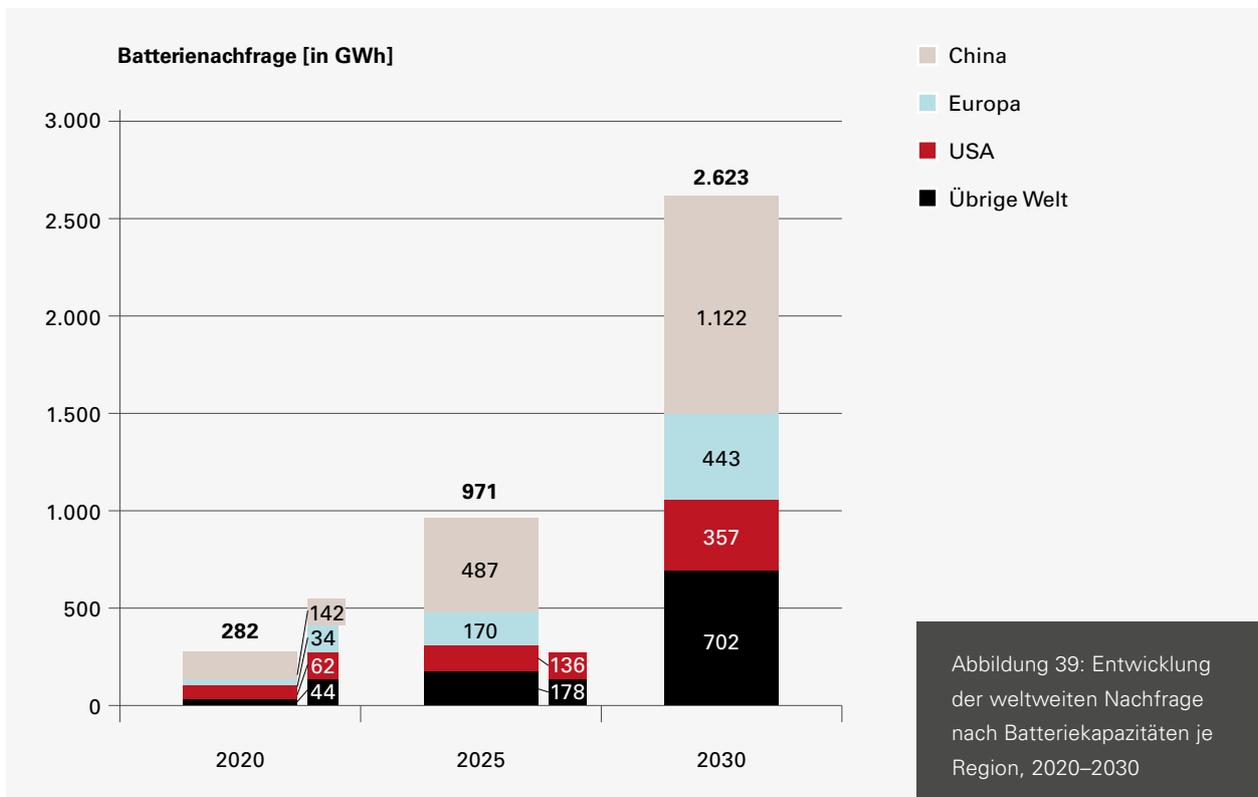
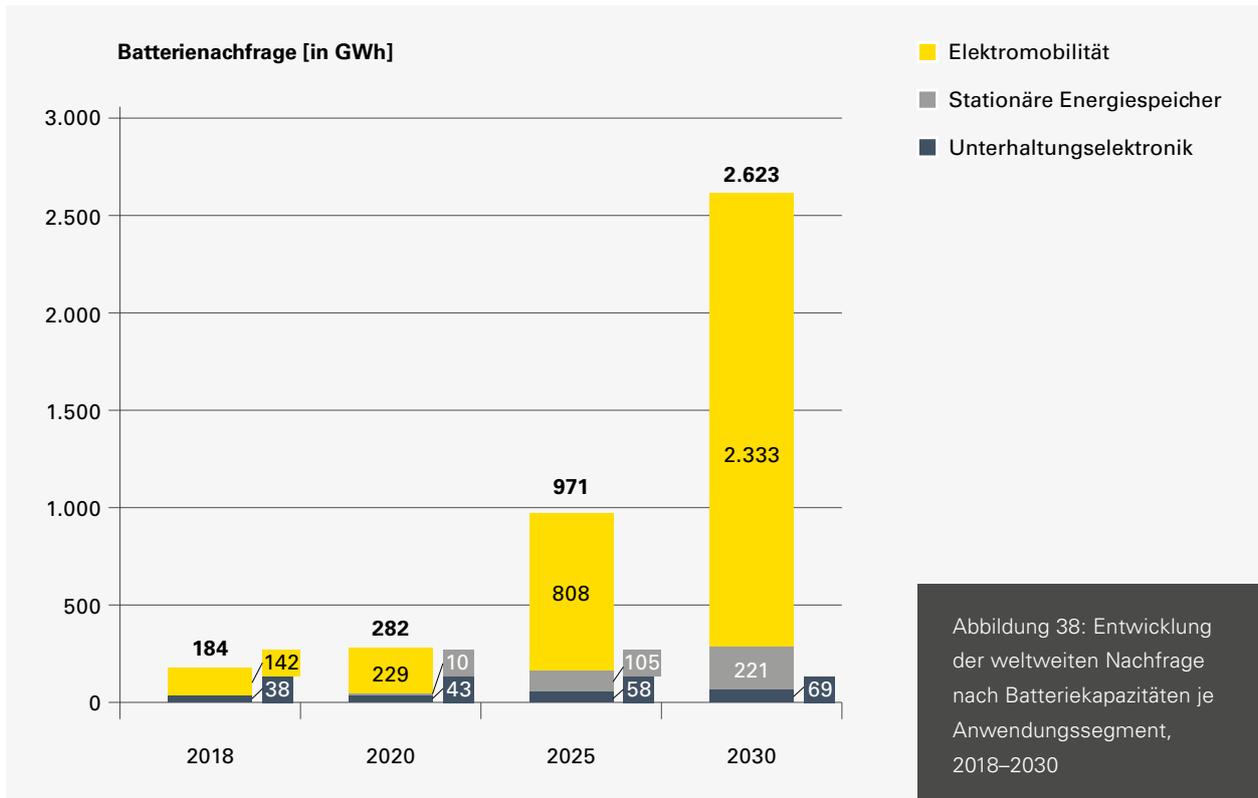
Diese Entwicklung (vgl. Abbildung 39) wurde in den vergangenen Jahren insbesondere durch eine steigende chinesische Nachfrage getrieben, so dass China mittlerweile über alle Anwendungen hinweg der weltweit größte Absatzmarkt für Batterieanwendungen ist. Betrug die Nachfrage Chinas nach Batteriekapazität im Jahr 2020 noch ca. 142 GWh (ca. 50 % Anteil am globalen Gesamtmarkt), so wird erwartet, dass diese im absoluten Umfang auch in den kommenden Jahren weiter ansteigt: auf ca. 487 GWh (50 %) im Jahr 2025 und 1.122 GWh (43 %) im Jahr 2030.

Ebenfalls wird prognostiziert, dass der europäische Anteil an der weltweiten Nachfrage absolut über die Jahre zunimmt: von ca. 34 GWh im Jahr 2020 (12 %) auf ca. 170 GWh im Jahr 2025 (18 %) und ca. 443 GWh 2030 (17 %). Die USA besitzen einen Anteil an der Gesamtnachfrage i. H. v. ca. 62 GWh im Jahr 2020 (22 %) und prognostizierte 136 GWh für das Jahr 2025 (14 %) sowie 357 GWh für 2030 (14 %) (WEF, 2019). Auch in den übrigen Ländern nimmt die Batterienachfrage bis 2030 stark zu, sowohl absolut (+658 GWh) als auch relativ, auf 27 % Weltmarktanteil.

Struktur der Batterieindustrie und Ausbau von Produktionskapazitäten

Entlang der steigenden Nachfrage werden auch die Pläne zum Aus- und Aufbau von Produktionskapazitäten für Batteriezellen weltweit ausgerichtet. So soll allein in Europa über Investitionen in neue Fertigungsstätten bis 2030 ein Volumen von (bei maximalem Ausbau der Standorte) insgesamt über 950 GWh gedeckt werden können, ca. 400 GWh davon in Deutschland (Battery-News, 2022). Derzeit existieren 14 Fabriken im europäischen Raum, ca. 30 weitere sind angekündigt. Zum Vergleich: In den USA produzieren derzeit neun Fabriken Batteriezellen und -systeme, weitere zwölf sind geplant. Im asiatischen Raum hingegen sind ca. 100 Produktionsstandorte verzeichnet, die bis 2030 um weitere ca. 55 ausgebaut werden sollen (Harrison, 2021).

Die größten Kapazitäten in Deutschland werden dabei die Standorte Grünheide (max. 200 GWh, Tesla), Erfurt (max. 100 GWh, CATL), Kaiserslautern (max. 64 GWh, Stellantis) und Salzgitter (max. 24 GWh, Northvolt/Volkswagen) besitzen. Geplante Standorte in Baden-Württemberg sind z. B. Willstätt (2,5 GWh, Leclanché/Eneris), Ellwangen (bis zu 2 GWh, Varta) und Reutlingen (bis zu 0,4 GWh, Customcells/Porsche). Die in Europa vorhandenen und geplanten Produktionsstandorte sind in Abbildung 40 dargestellt.



Batterieprojekte: März 2022

Europa: 13 GWh + X

	2026, Kaliningrad Bis zu 12 GWh
	202X, Europa X GWh
	2023, Europa 1 GWh + X

Großbritannien: 135 GWh + X

	2023, GB 10 GWh + X
	2025, Coventry Bis zu 60 GWh
	2030, Sunderland Bis zu 35 GWh
	2023, Blyth Bis zu 30 GWh

Frankreich: 98 GWh

	2022, Douvrin Bis zu 24 GWh
	2023, Dunkirk Bis zu 50 GWh
	2024, Douai Bis zu 24 GWh

Spanien: 70 GWh + X

	2026, Saugnt 40 GWh
	2027, Noblejas 20 GWh
	2026, Spanien 10 GWh

Italien: 102 GWh

	202X, Termoli 24 GWh
	2024, Italien Bis zu 70 GWh
	2024, Terevola Bis zu 8 GWh

Deutschland: 477,6 GWh

	202X, Deutschland 20 GWh		2024, Döbeln Bis zu 5 GWh
	2020, Willstätt Bis zu 2,5 GWh		20XX, Bitterfeld Bis zu 16 GWh
	2024, Reutlingen >0,1 GWh + X		2024, Salzgitter Bis zu 24 GWh
	2023, Überherrn 24 GWh		2025, Erfurt Bis zu 100 GWh
	2022, Kaiserslautern Bis zu 24 GWh		202X, Grünheide Bis zu 200 GWh
	2026, Heide Bis zu 60 GWh		2026, Ellwangen Bis zu 2 GWh

Polen: 65 GWh

	2022, Wrocław Bis zu 65 GWh
---	--------------------------------

Slowakei: 10 GWh

	2020, Bratislava 10 GWh
--	----------------------------

Schweden: 110 GWh + X

	2025, Skellefteå, Göteborg & Borlänge 110 GWh + X
	

Serbien: 16 GWh

	2029, Subotica 16 GWh
---	--------------------------

Tschechische Republik: X GWh

		202X X GWh
---	---	---------------

Norwegen: 125 GWh + X

	2028, Mo i Rana Bis zu 83GWh
	2024, Rogaland 10 GWh
	2024, Agder Bis zu 32 GWh

Ungarn: 87,3 GWh

	2021, Göd Bis zu 40 GWh
	2028, Komarom und Ivasca Bis zu 47,3 GWh

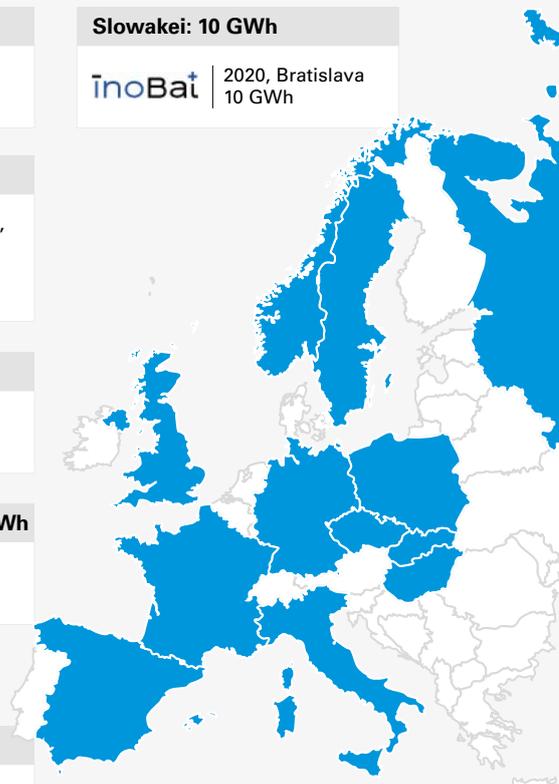


Abbildung 40: Übersicht über vorhandene und geplante Batterie-Produktionsstandorte und -kapazitäten in Europa

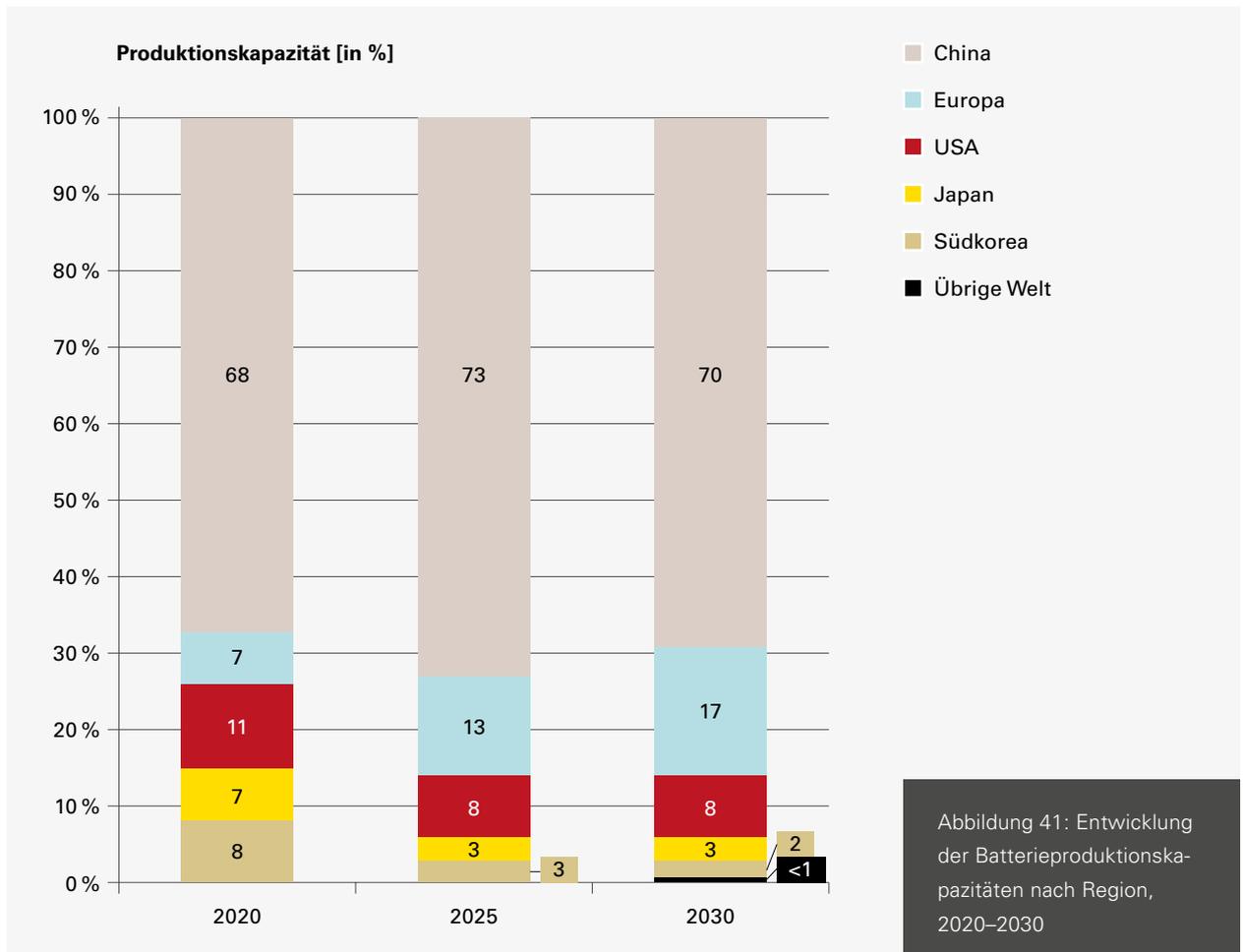
Derzeit liegt der Anteil der aus Europa stammenden Batterieproduktion an der weltweiten Kapazität für Automotive-Anwendungen bei ca. 7 %. Er soll über die nächsten zehn Jahre auf ca. 17 % ansteigen (VDE, 2021). Zu beachten ist dabei allerdings, dass dieser Zuwachs zu großen Teilen von asiatischen Unternehmen (z. B. LG Chem, CATL) getrieben wird, die in den Aufbau weiterer Fertigungsstätten in Europa investieren wollen. Der Anteil europäischer Batteriefirmen an der globalen Produktionskapazität liegt so derzeit bei nur 1 %, wobei erwartet wird, dass er innerhalb der nächsten zehn Jahre auf ca. 6 % ansteigt.

Den mit Abstand größten Anteil an der Batteriezellproduktion haben chinesische Unternehmen (51 %), dieser wird voraussichtlich in den nächsten zehn Jahren noch weiter steigen – auf dann ca. 59 %. Auch bei Betrachtung der regionalen Verteilung von Produktionsstätten ist das Land führend: Werden alle Produktionsstätten in China (auch von nicht chinesischen

Unternehmen) betrachtet, so ist derzeit ein Anteil von über 68 % der weltweiten Produktionskapazität in China verortet. Dieser soll bei wachsendem Markt innerhalb der nächsten zehn Jahre noch weiter ansteigen und einen Wert von dann sogar 70 % erreichen.

Für den gleichen Zeitraum wird prognostiziert, dass trotz des weiteren Ausbaus der Produktionskapazitäten in den Ländern die Anteile der US-amerikanischen Kapazitäten von derzeit 11 % auf nur noch 8 % sinken, die der japanischen von heute 7 % auf 3 %. Auch die südkoreanischen Anteile werden voraussichtlich zurückgehen: von 8 % auf nur noch 2 % (Roland Berger und fka, 2019).

Exemplarisch für sechs der größten Batterieproduzenten dargestellt wird im Folgenden deren Anteil am Gesamtmarkt für elektrifizierte Pkw im Jahr 2020, anschließend auch für das erste Quartal 2021 zum Vergleich.



Mit einer installierten Gesamtkapazität von ca. 38 GWh führend ist 2020 das südkoreanische Unternehmen LG Chem, gefolgt von CATL (China, ca. 30 GWh) und Panasonic (Japan, ca. 30 GWh), BYD (China, ca. 10 GWh), Samsung SDI (Südkorea, ca. 8 GWh) und SK Innovation (Südkorea, ca. 6 GWh). Weitere Hersteller sind für insgesamt zusätzliche 14 GWh verantwortlich.

LG, Samsung und SK Innovation haben dabei mit Anteilen von ca. 61 %, 81 % bzw. 75 % einen starken Fokus auf dem europäischen Markt, CATL und BYD hingegen setzen die größten Anteile (ca. 80 % bzw. 100 %) auf dem chinesischen Markt ab. Mit einem Anteil von ca. 50 % liegt der Fokus von Panasonic vor allem auf dem US-amerikanischen Markt (InsideEVs, 2021).

Im ersten Quartal 2021 verschiebt sich die Verteilung der Anteile unter den führenden Zellherstellern: Mit 13,3 GWh installierter Batteriekapazität führt nun CATL vor LG Chem (11,9 GWh) und Panasonic (9,1 GWh). Danach folgen die Unternehmen BYD (ca. 3 GWh), Samsung SDI (ca. 2,7 GWh) und SK Innovation (ca. 2,3 GWh) (Adamas Intelligence, 2021).

Produktionsprozesse und Wertschöpfungsstufen

Die Fertigung von Batteriesystemen für Automotive-Anwendungen unterliegt einem komplexen Produktionsprozess, der in unterschiedliche Schritte entlang der Wertschöpfungskette eingeteilt werden kann. Er umfasst die Phasen „Rohstoffgewinnung“, „Rohstoffverarbeitung“, „Zellproduktion“, „Modulfertigung“, „Packfertigung“ und „Fahrzeugintegration“ sowie nachgelagert das „Recycling“ von relevanten Batteriematerialien (NPM, 2019).

Auf allen Stufen der Wertschöpfung sind die deutsche und die europäische Automobilindustrie derzeit in hohem Maße von Fremdleistungen abhängig. In Abbildung 43 ist die Wertschöpfungskette für ein Batteriesystem zur Anwendung in einem Fahrzeug schematisch dargestellt. Die einzelnen Prozessschritte werden im Folgenden beschrieben (vgl. Kwade et al., 2018). Die **Rohstoffgewinnung** umfasst den Abbau der für die Batteriezelle relevanten Rohstoffe und Materialien, derzeit insbesondere Lithium, Nickel, Mangan und Kobalt. Diese werden

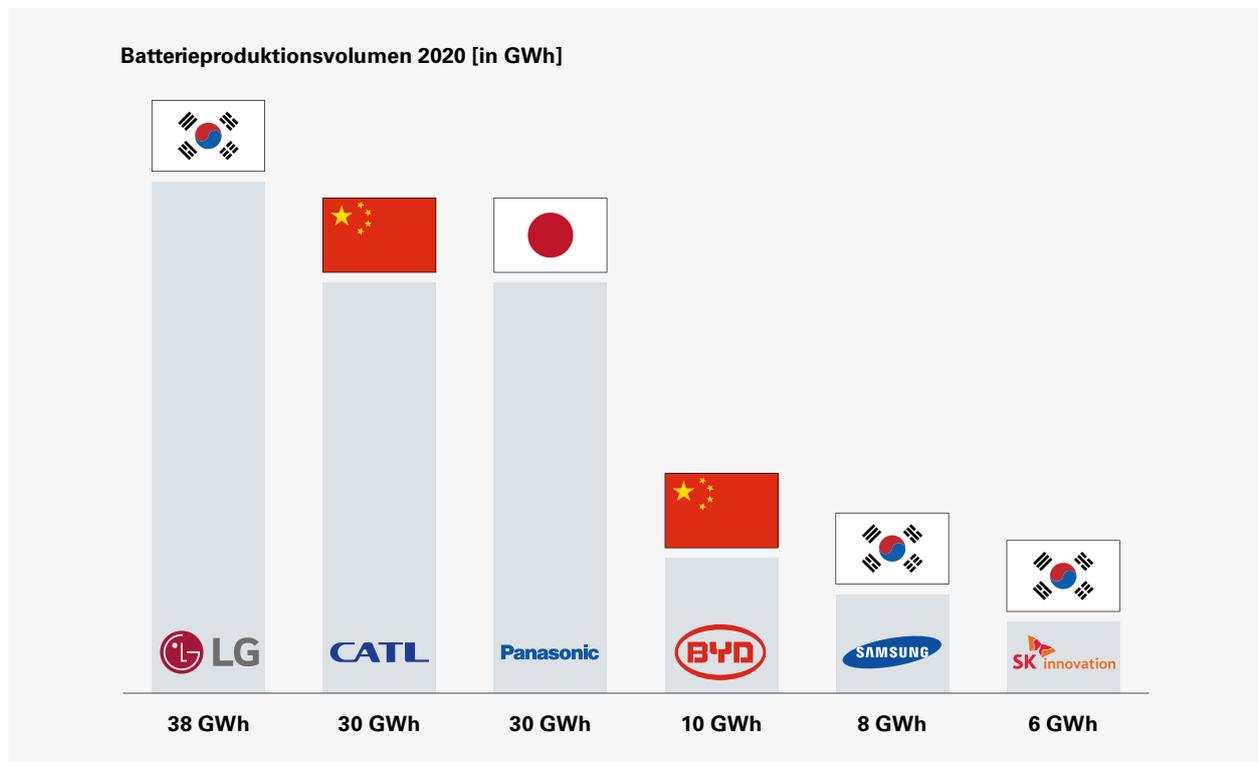


Abbildung 42: Führende Batteriezellhersteller für Pkw-Anwendungen im Jahr 2020

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung an Adamas Intelligence, 2021.
 Flaggen: © Christophe Testi/shutterstock

v. a. in Minen über und unter Tage abgebaut oder – im Falle von Lithium – aus unterirdischen Solen gewonnen, anschließend vorverarbeitet, gereinigt sowie chemisch und/oder metallurgisch aufbereitet, um eine höchstmögliche Reinheit des Materials gewährleisten zu können (e-mobil BW, 2019b).

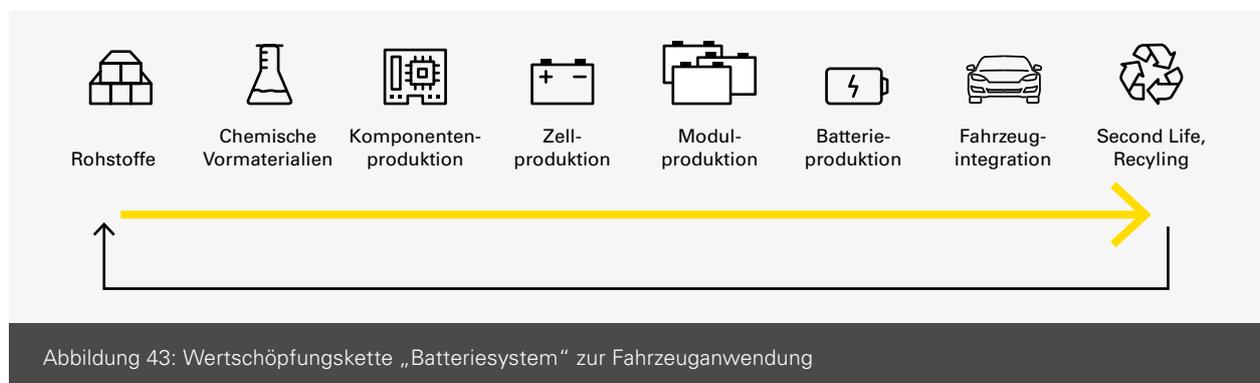
Die **Rohstoffverarbeitung** umfasst die anschließende Herstellung der chemischen Vormaterialien und die Bauteil- bzw. Komponentenproduktion. Insbesondere relevant ist hierbei die Verarbeitung der Rohstoffe zu sog. Aktivmaterialien (Kathode, Anode) und sog. Inaktivmaterialien, wozu beispielsweise Separatoren und Elektrodenfolien gehören. In unterschiedlichen Prozessschritten werden die zur Herstellung der Bauteile notwendigen Materialien (z. B. bei der Kathode: Nickel, Mangan, Kobalt) gemischt, zusammengeführt und erhitzt. Die Inaktivmaterialien werden beispielsweise durch Druckumformverfahren wie Walzen (z. B. bei Folien) erzeugt, anschließend beschichtet und zu sog. Coils verarbeitet oder mittels Schmelzverfahren hergestellt (z. B. bei Separatoren) und weiter verarbeitet.

In der anschließenden **Zellproduktion** werden die Elektroden zu Zellen zusammengefügt und final zur Verwendung vorbereitet. Hierfür kommen je nach Zelltyp (Rundzelle, prismatische Zelle, Pouch-Zelle) unterschiedliche Verfahren zum Einsatz, um die Elektrodenfolien zu falten, zu wickeln oder übereinanderzustapeln, anschließend zu kontaktieren, in einem Gehäuse einzuschließen und mit einer Elektrolytflüssigkeit zu befüllen. Abschließend erfolgen mehrere Prozessschritte, um die Batteriezellen für den Einsatz vorzubereiten, u. a. werden Lade- und Entladevorgänge (die sog. Formation) und ein kontrolliertes Altern in unterschiedlichen Temperaturfenstern durchgeführt.

Die **Modulproduktion** umfasst die Montage, Zusammenschaltung und Kontaktierung der einzelnen Zelleinheiten, die sowohl parallel als auch seriell verschaltet werden. Die Anzahl der parallel verschalteten Zellen bestimmt die Gesamtkapazität des Moduls, die Anzahl der seriell verschalteten Zellen die Spannung. In diesem Produktionsschritt werden zudem Bauteile für das Thermomanagement (z. B. Kühlelemente) und zum Zellschutz bzw. zur Zellüberwachung (z. B. Sensoren) ergänzt.

Die Module werden anschließend in der **Packproduktion** zu einem Batteriepack zusammengefügt und montiert. Hierbei findet die Integration der Module über Befestigungssysteme in ein übergeordnetes Gehäuse (inkl. weiterer Kühlungs- und Isolierungselemente) statt. Dabei wird auch das sog. Batteriemanagementsystem (BMS) ergänzt, das die Be- und Entlade-funktionen der Batterie sowie Überwachung und Regelung der Ströme, Spannungen und Temperaturen der Einzelzellen und des Gesamtsystems übernimmt.

Abschließend sind die fertigen Batteriepacks und -systeme für die **Fahrzeugintegration** vorzubereiten. Sie werden verschraubt und über elektronische Leiter und Hochvoltkabel mit der Fahrzeugelektronik, dem Ladesystem und dem E-Motor verbunden. Nach Nutzung der Batterie in mobilen Anwendungen kann in einer finalen Stufe des Wertschöpfungsprozesses, dem **Recycling**, das in der Batterie verarbeitete Material teilweise zurückgewonnen und in die Herstellung neuer Batterien überführt werden. Die Batterien werden hierfür demon-tiert, mechanisch aufbereitet und in Öfen thermisch aufgeschmolzen.



Kritische Ressourcen und strategische Abhängigkeiten

Strategische Abhängigkeiten bei kritischen Ressourcen und/oder Komponenten können sich auf verschiedene Stufen der Wertschöpfungskette beziehen: auf die Rohstoffgewinnung, auf Kapazitäten und Technologien bei der Verarbeitung von Rohstoffen zu Bauteilen, Komponenten und Modulen sowie auf die Herstellung des Endprodukts selbst. Ein Großteil der im Rahmen der Transformation zu elektrifizierten Antriebssträngen als kritisch einzustufenden Materialien und Rohstoffe bezieht sich auf die Schlüsselkomponente „Batteriesystem“ (vgl. auch e-mobil BW, 2019b).

Die Rohmaterialien zur Herstellung eines Batteriesystems umfassen im Detail: Lithium (Kathode, Elektrolyt), Nickel (Verbundstoff), Kobalt (Kathode), Mangan (Kathode), Graphit (Anode), Kupfer (Folie, Drähte), Aluminium (Folie, Gehäuse), Eisen, Zinn, Phosphor und Fluor. Auch die Materialien Silizium (Anode), Titan (Anode) und Niobium (Anode) werden zukünftig stärker relevant, um die Leistungseigenschaften der Batterien (z. B. Energiedichte, Haltbarkeit) verbessern zu können.

Bei Gegenüberstellung des prognostizierten Bedarfs und der verfügbaren Reserven ist generell für die Rohstoffe Lithium, Kobalt und Nickel in Bezug auf die Gesamtmenge wenig Risiko einer physischen Verknappung zu erkennen – vorausgesetzt ist eine kontinuierliche Steigerung der jährlichen Abbaumengen (im Detail siehe auch e-mobil BW, 2019b). Bis zum Jahr 2050 wird ein Bedarf von ca. 14 bis 20 Mio. Tonnen für Lithium prognostiziert, für Kobalt sind es ca. 6 bis 9 Mio. Tonnen. Dem gegenüber stehen derzeit wirtschaftlich abbaubare Reserven i. H. v. ca. 17 Mio. Tonnen und ca. 80 Mio. weiteren theoretisch abbaubaren Tonnen in Reserve bei Lithium sowie i. H. v. ca. 7 Mio. Tonnen und ca. 25 Mio. weiteren Tonnen in Reserve bei Kobalt (Fluchs, 2021). Dennoch können kurzfristige Schwankungen von Angebot und Nachfrage sowie volatile Preisentwicklungen zu zeitlich und/oder lokal begrenzten Versorgungsschwierigkeiten bei den oben genannten und weiteren Batterierohstoffen führen (Reuter und Hendrich, 2020).

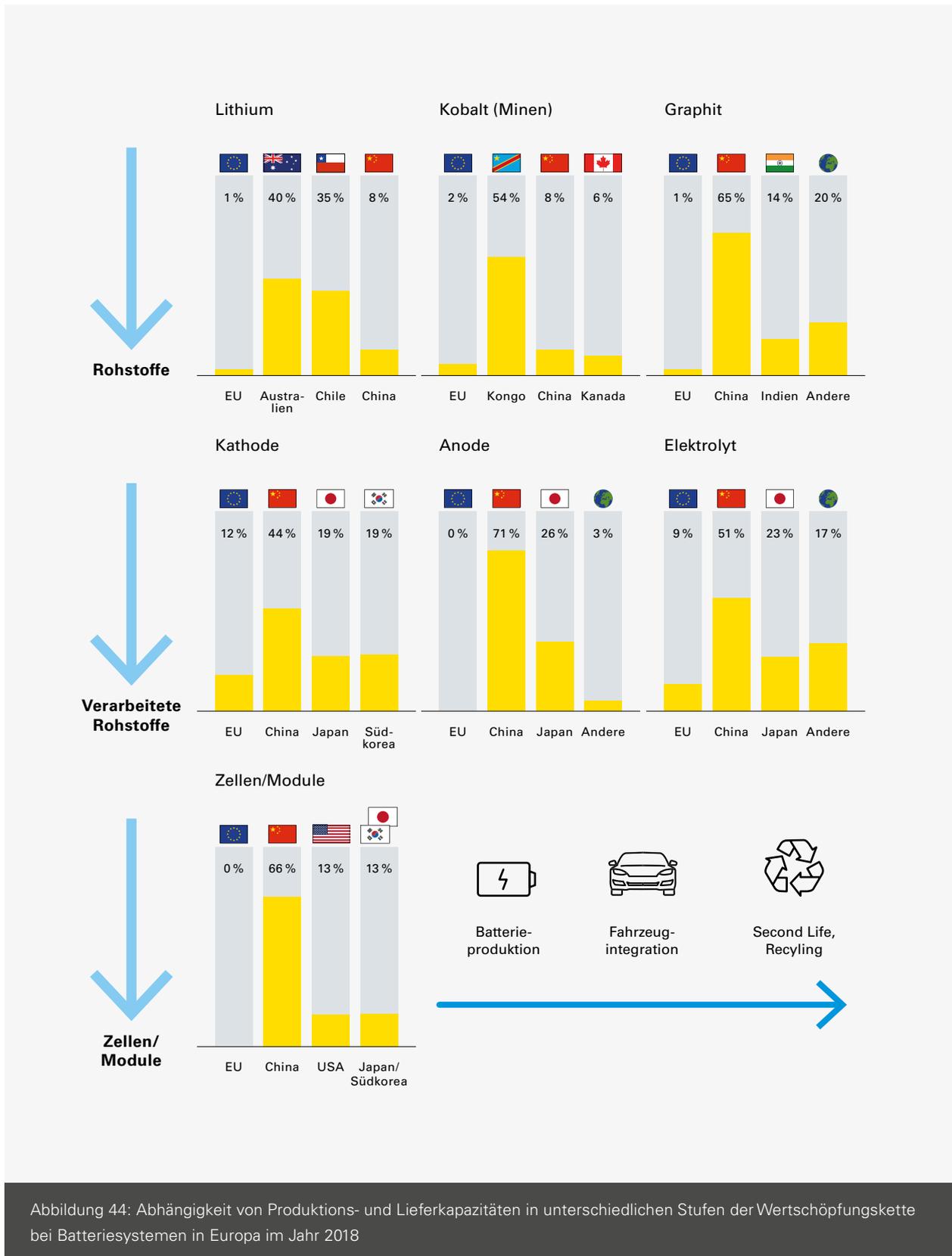
Bei Betrachtung der einzelnen Glieder der Wertschöpfungskette können beim Batteriesystem generell hohe strategische Abhängigkeiten der deutschen und der europäischen Automobilindustrie von Fremdleistungen identifiziert werden, diese sind in Abbildung 44 beispielhaft auf Rohstoffebene für Lithium, Kobalt und Graphit, auf Bauteilebene für Kathode, Anode und Elektrolyt sowie auf Komponentenebene für die Bat-

teriezelle und das Batteriemodul aufbereitet. Dargestellt sind die jeweils wichtigsten Länder und Regionen und deren Anteil an den Produktions- bzw. Lieferkapazitäten für den Europäischen Wirtschaftsraum im Jahr 2018 (EC, 2019, 2020, 2021a; Agora, 2021; Harrison, 2021).

Insgesamt stammt nur 1 % aller kritischen Rohmaterialien des Batteriesystems (u. a. Lithium, Nickel, Kobalt, Mangan, Graphit) aus dem europäischen Umfeld, so dass derzeit eine sehr hohe strategische Abhängigkeit von einzelnen Ländern und/oder Weltregionen gegeben ist. Insgesamt werden 86 % der relevanten Rohstoffe in den Regionen Asien (44 %), Afrika und Südamerika (jeweils 21 %) gefördert, China hat mit 32 % den größten Anteil.

Bei Detailbetrachtung der Versorgungssituation für den Rohstoff Lithium kann ebenfalls eine hohe Abhängigkeit von nur wenigen Ländern identifiziert werden. Chile besitzt mit ca. 52 % den größten Anteil der weltweit bekannten Lithiumvorräte, wobei Australien 2019 mit ca. 40 % den größten Anteil der Produktion verantwortete, gefolgt von Chile mit ca. 35 % und China sowie Argentinien mit jeweils ca. 8 %. Die weltweit größten Zulieferer für den Rohstoff sind Albermarle Corp. (USA), Sociedad Química y Minera (Chile), Livent Corp. (USA), Tianqi Lithium Industries Inc. (China) und Ganfeng Lithium (China). Letzteres Unternehmen hat direkte und langfristige Versorgungsverträge u. a. mit BMW, Volkswagen und LG abgeschlossen. Auch in Deutschland werden Möglichkeiten zum Abbau von Lithiumreserven erörtert. So plant beispielsweise das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), eine Pilotanlage zur Lithiumgewinnung aus Thermalwasser am Oberrhein zu errichten, und hat das Verfahren dafür bereits patentiert (KIT, 2020). Perspektivisch könnten mehrere Tausend Tonnen Lithium jährlich gefördert werden.

Ähnlich ist die Situation beim Rohstoff Kobalt: 54 % der weltweiten Kobaltminenproduktion stammen aus nur einem Land, der Demokratischen Republik Kongo. Auf den weiteren Plätzen folgen China (8 %), Kanada (6 %), Neukaledonien (5 %) und Australien (4 %). Bei aus Raffination gewonnenem Kobalt ist wiederum eine hohe einseitige Abhängigkeit von China (46 %) zu erkennen, gefolgt von Finnland (13 %), Kanada und Belgien (beide 6 %). Führende Kobaltzulieferer sind Glencore plc (Schweiz), China Molybdenum (China), Katanga Mining Ltd. (Tochter von Glencore, Schweiz), Umicore NV/SA (Belgien) und Eurasian Resources Group (Luxemburg). Einige Automobilhersteller haben direkt mit den Rohstoffförderern Lieferverträge abgeschlossen, z. B. BMW mit Glencore und Audi mit



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung an EC 2019, 2020, 2021a, Flaggen: © Christophe Testi/shutterstock

Abbildung 44: Abhängigkeit von Produktions- und Lieferkapazitäten in unterschiedlichen Stufen der Wertsöpfungskette bei Batteriesystemen in Europa im Jahr 2018

Umicore. Auch beim Rohstoff Graphit stammt ein überwiegender Teil aus nur einer Weltregion, China liefert 65 % des Rohstoffs in die EU, gefolgt von Indien mit 14 %.

Auch bei den verarbeiteten Materialien für Bauteile und Komponenten in zweiter (z. B. Kathodenmaterialien) und dritter (z. B. Kathode) Stufe der Wertschöpfungskette existieren hohe strategische Abhängigkeiten. Der EU-Anteil an der Produktion lag 2018 nur bei 8 % bzw. 9 %. Insbesondere abhängig ist die Automobilindustrie hierbei von den zur Herstellung von Anode (z. B. Graphit) und Kathode (z. B. NCM, Nickel-Kobalt-Mangan) notwendigen Materialien und Fertigungsschritten. 84 % dieser Materialien und der daraus resultierenden Bauteile werden ebenfalls in Asien produziert. China hat dabei einen Anteil von 52 % und ist der Hauptlieferant von Anodenmaterialien sowie NCM- und Lithium-Kobalt-Oxid-Kathodenmaterialien, Japan hat einen Anteil von 31 % und liefert hauptsächlich das Material NCA, ebenfalls zur Verwendung in Kathoden.

Bei Detailbetrachtung der einzelnen Bauteile ist die größte Abhängigkeit bei Anoden zu erkennen, die EU hat hier so gut wie keinerlei Anteil an der Belieferung. China dominiert mit einem Anteil von 71 %, gefolgt von Japan mit 26 %. Führende Unternehmen in der Herstellung von Anodenmaterialien sind Hitachi Chemicals (Japan), BTR Energy (China), Nippon Carbon (Japan), Ningbo Shanshan (China), Hunan Shinzoom Technology (China) und Jiangxi Zeto New Energy Tech (China). Deutsche Unternehmen mit Kompetenzen in der Herstellung von Anoden sind Custom Cells, Evonik sowie SGL Carbon.

Bei der Herstellung von Kathoden und Elektrolyten hingegen sind europäische Anteile an der Produktion zu erkennen, wenn auch in geringem Ausmaß: Insgesamt 12 % Anteil besitzt die EU an der Kathodenherstellung, 44 % kommen aus China, weitere je 19 % aus Japan und Südkorea. Deutsche Unternehmen tragen mit einem Anteil von 2 % zu den europäischen Anteilen bei, zu nennen sind hier u. a. BASF sowie die deutsche Tochter von Umicore. Die größten Hersteller von Kathodenmaterialien weltweit sind Umicore (Belgien), Nichia (Japan), Toda Kogyo (Japan), Beijing Easpring (China), Ningdo Jinhe (China), GEM (China), Shanshan Energy (China), Xiamen Tungsten (China) und Kingray New Materials Science & Tech (China). Kathodenmaterialien bestimmen generell die wesentlichen Leistungseigenschaften einer Batterie und sind dementsprechend relevant, u. a. werden über Ausgestaltung und Kombination dieser Materialien Effizienz, Kosten, Lebensdauer und Zuverlässigkeit einer Batterie definiert. Sie machen darüber hinaus mit ca. 70 % den mit Abstand größten Anteil an

den Materialkosten einer Batteriezelle aus, ca. 30 % der Gesamtkosten (NPM, 2019). Ähnliche Abhängigkeiten können bei der Elektrolytherstellung identifiziert werden, die EU besitzt hier einen Anteil von 9 %, China hat 51 % und Japan ist für 23 % verantwortlich. Die führenden Unternehmen kommen ebenfalls aus diesen Ländern: CapChem Technology (China), Tinci Materials Tech (China), Guotai-Huarong (China), Panax Etec (China), Ningbo Shanshan (China), Mitsui Chemicals (Japan), Ube (Japan) und Mitsubishi Chemicals (Japan). Deutsche Unternehmen mit Kompetenz im Bereich Elektrolyte sind z. B. Wacker Chemie (Hauptsitz in München; Standorte in Baden-Württemberg: Stuttgart, Stetten) und E-Lyte (Münster).

In vierter Stufe der Wertschöpfungskette (Zellfertigung) ist die europäische Automobilindustrie bei Batteriezellen fast vollständig von Zulieferern aus dem EU-Ausland abhängig. 79 % der weltweiten Produktionskapazitäten stammen aus Asien, weitere ca. 13 % aus den USA. Mit 66 % Anteil an der weltweiten Produktion von Li-Ion-Batteriezellen nimmt China dabei den größten Anteil ein. Die EU selbst verzeichnet derzeit nur einen Anteil von 0,2 %. Deutsche Unternehmen mit Kompetenzen im Bereich der Zellherstellung sind u. a. Custom Cells, LIACON und Varta. International führende Unternehmen sind z. B. LG Energy Solution (Südkorea), Contemporary Amperex Technology Co. Limited (CATL) (China), BYD (China), Panasonic (Japan), SK Innovation (SKI) (Südkorea), Samsung SDI (Südkorea), Guoxuan High Tech Power (China), Dynavolt (China), Farasis (China), BAK Battery (China), Lishen (China), Envision AESC (China), EVE Energy (China), DLG (China), DFD (China), Phylion Battery (China), Microvast (China), Tianneng (China), SVOLT (China) und SAFT (Frankreich).

Das Versorgungsrisiko in den Lieferketten bei Batteriesystemen ist für die deutsche und die europäische Automobilindustrie insbesondere bei Rohstoffen insgesamt hoch bis sehr hoch, aber auch bei den weiterverarbeiteten Materialien, bei Bauteilen sowie bei Komponenten kann eine hohe und z.T. kritische Abhängigkeit mit einseitigen Lieferbeziehungen erkannt werden.

Ein Ausbau der europäischen Produktionskapazitäten für Batteriezellen über die nächsten Jahre soll die strategische Abhängigkeit zumindest auf dieser Wertschöpfungsstufe perspektivisch verringern, ebenfalls sollen eigene Abbaukapazitäten bei ausgewählten Rohstoffen – z. B. Lithium – ausgebaut und vermehrt Potenziale des Recyclings kritischer Materialien genutzt werden.

Zuliefererbeziehungen der deutschen Automobilindustrie

Die Lieferkette für Batterien ist hochkomplex und besteht aus einer Vielzahl von kritischen Rohstoffen, Materialien, Bauteilen und Komponenten, von denen viele von Unternehmen bezogen und hergestellt werden, die z.T. neu in der Automobilbranche agieren. Die Rohstoffe werden in unterschiedlichen Weltregionen gewonnen, z. B. in Afrika, Australien, China und Südamerika. Die Verarbeitung der Rohstoffe und die Herstellung der Vorprodukte (z. B. Kathode, Anode) sind zu großen Teilen in Asien konzentriert.

Um die Versorgung mit Rohstoffen und Batteriezellen für die Zukunft zu sichern, gehen immer mehr Automobilhersteller (z. B. BMW, Volkswagen, Ford, Toyota) neue Technologie- und Lieferpartnerschaften ein oder etablieren Joint-Ventures mit Unternehmen aus dem Umfeld der Batterieindustrie. Zudem wollen die OEM vermehrt Wertschöpfungsstufen der Produktionskette stärker vertikal in das eigene Unternehmen integrieren, etwa die Zellfertigung, aber auch den Abbau und die Verarbeitung von Schlüsselmaterialien. Zunehmend setzen die Automobilhersteller auf diversifizierte Batteriestrategien, um die unterschiedlichen Anforderungen variierender Kundengruppen, Markt- und Fahrzeugsegmente in Bezug auf Preis, Qualität, Reichweite und Energiedichte bestmöglich erfüllen zu können. Der Fokus insbesondere von Premiumherstellern liegt in der Optimierung der Zellchemien sowie der Kombination bzw. des Einsatzes der Materialien, um so durch überlegene Produkte Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz etablieren zu können. OEM etablieren auf diese Weise z.T. gleichzeitig Verträge mit mehreren Zelllieferanten, um von unterschiedlichen technologischen Entwicklungen profitieren zu können oder um diese mit eigener (Teil-)Entwicklung und Produktion – und damit Kompetenzaufbau – verbinden zu können (Harrison, 2021).

Die deutschen Automobilhersteller Volkswagen, Audi, Porsche, BMW und Mercedes setzen so ebenfalls auf eine Diversifizierung der Zuliefererbasis, z.T. auch regional ausdifferenziert, um unterschiedliche Märkte (lokaler) bedienen zu können. Volkswagen hat beispielsweise für frühere Generationen elektrifizierter Modelle (z. B. e-Golf) ausschließlich Batterien von Samsung SDI bezogen, mittlerweile aber – auch vor dem Hintergrund gestiegener Absatzziele rein elektrischer Pkw – zusätzlich Lieferungen mit u. a. LG Chem, Samsung SDI und SKI für die Produktion in Europa, CATL für China und SKI für Nordamerika ab 2022 vereinbart. Zudem hat Volkswagen eine Ver-

einbarung mit dem schwedischen Unternehmen Northvolt geschlossen und sich kürzlich mit 20 % am Unternehmen beteiligt. Audi verwendet hauptsächlich Zellen von LG Chem sowie Samsung SDI. Das Unternehmen integriert die Zellen und Module selbst in einem Montagewerk in Brüssel mit einer Gesamtkapazität i. H. v. 3 GWh im Jahr 2020. Auch weitere OEM, hierunter BMW, haben mehrere Vereinbarungen mit Batterielieferanten unterzeichnet, darunter z. B. CATL, Samsung SDI und Northvolt. Während BMW für die existierende Modellpalette Batteriezellen hauptsächlich von Samsung SDI und A123 Systems bezieht, werden die kommenden Modelle mit Zellen des chinesischen Zulieferers CATL ausgestattet. BMW ist eine Partnerschaft mit dem schwedischen Batteriehersteller Northvolt eingegangen, zudem auf Materialebene mit der schweizerischen Unternehmensgruppe Glencore. Mercedes erhält Batteriezellen von dem südkoreanischen Hersteller LG Chem und SK Innovation sowie den chinesischen Zulieferern Farasis und CATL.

Die Zuliefererstrategien der deutschen Automobilhersteller zielen insgesamt darauf, zunehmend lokalere Multi-Sourcing-Modelle, in einigen Fällen auch strategische Joint Ventures und Technologiepartnerschaften zu etablieren, um Batteriezellen und -komponenten in der Zukunft zum einen flexibler von anderen, ggfs. technologisch fortschrittlicheren, Lieferanten beziehen zu können und zum anderen diese perspektivisch selbst entwickeln und produzieren zu können, um Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz zu etablieren. Weiterhin prüfen die Automobilhersteller zunehmend Möglichkeiten der stärkeren vertikalen Integration der Batterieproduktion, um zusätzliche Vorteile in Bezug auf Transparenz und zusätzliche Kontrolle über die Lieferkette und vorgelagerte Wertschöpfungsprozesse zu ermöglichen.

Technologische Trends in der Zellentwicklung

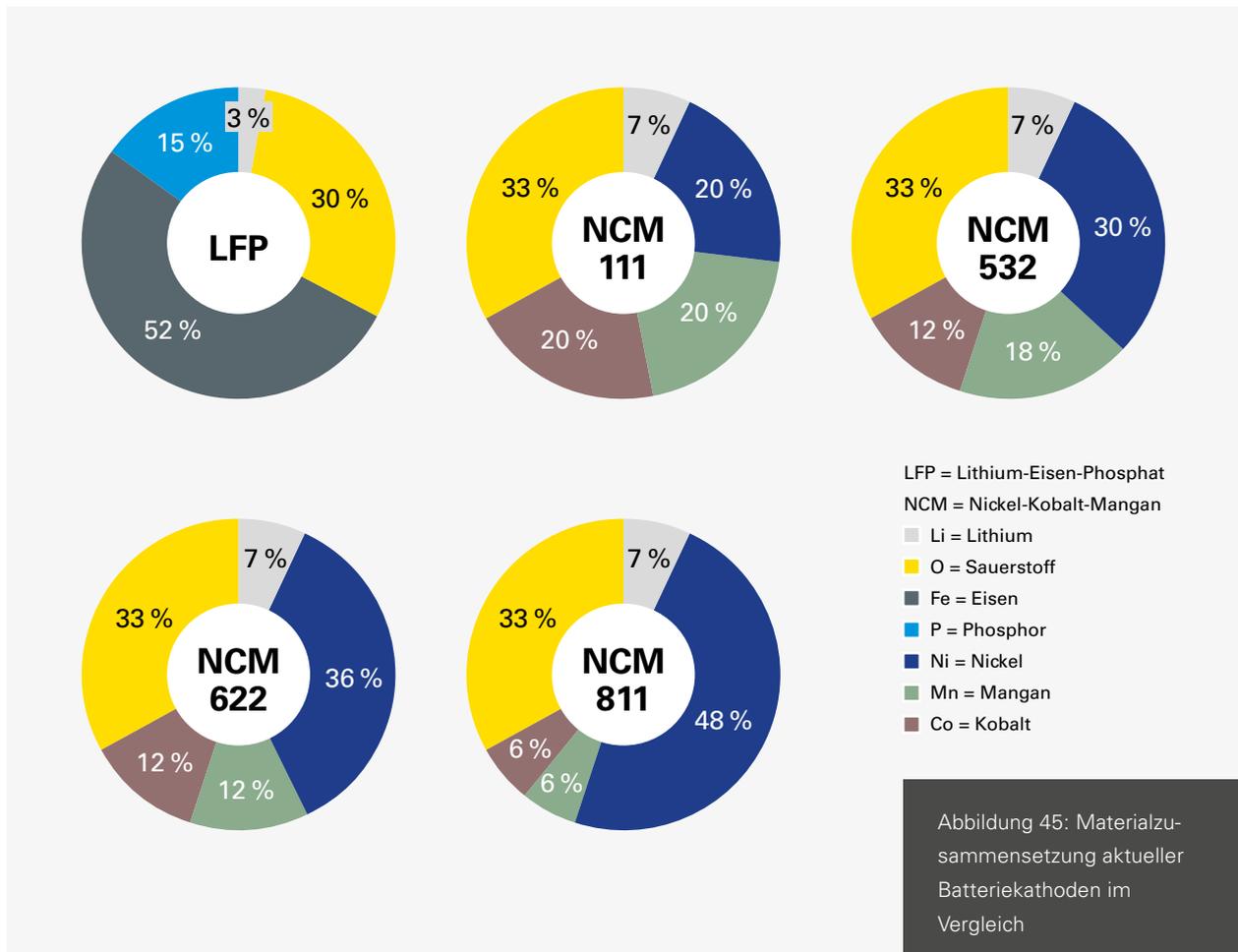
Die real zu erwartenden Risiken in der Versorgung mit kritischen Materialien in der Wertschöpfungskette hängen eng mit der Entwicklung der Zellchemien und den verwendeten Kathoden- und Anodenmaterialien zusammen. Verschiedene Trends können hierbei derzeit beobachtet werden.

Zum einen ist zu erkennen, dass der derzeitige Trend zur Nutzung von Lithium-NCA- und Lithium-NCM-Batterien fortgeführt wird, wobei das teure (und kritische) Material Kobalt immer stärker durch Nickel substituiert werden soll. Dies hat in der Vergangenheit bei Kathodenmaterialien zu einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der verwendeten Materialien von

einem ausgeglichenen Verhältnis Nickel-Kobalt-Mangan von 1:1:1 (NCM111) zu NCM523, NCM622 und mittlerweile sogar NCM811 geführt (Avicenne, 2019).

Die Materialzusammensetzung wird stetig optimiert, wobei erwartet wird, dass eine neue, dominierende Zellchemie für Hochenergieanwendungen NCM955 ab voraussichtlich 2028 verfügbar sein wird. Damit einher geht eine stetige Verbesserung der Energiedichten (bis ca. 210 Wh/kg auf Systemebene), so dass bei gleichem Gewicht und gleichem Volumen der Batteriezelle mehr Reichweite generiert werden kann. Zudem ist es Ziel, durch die stetige Optimierung der Materialzusammensetzung die zyklische und kalendarische Lebensdauer zu erhöhen und diese weiter dem Lebenszyklus von Pkw annähern zu können (Xu et al., 2020).

Neben der Substitution durch Nickel kann der Rohstoff Kobalt auch vermehrt durch sog. Konversionsmaterialien ersetzt werden, z. B. durch Kupfer- und Eisenfluoride oder Silizium. Dank verbesserter chemischer Eigenschaften sind diese Materialien in der Lage, zusätzliche Lithium-Ionen bei im Vergleich ähnlichem Beschichtungsvolumen zu speichern. Die unterschiedlichen Materialzusammensetzungen bei aktuellen Batteriezellen sind in Abbildung 45 im Vergleich dargestellt.



Auch Anodenmaterialien unterliegen einer stetigen Weiterentwicklung und können durch Optimierung zu einer signifikanten Verbesserung der Leistungseigenschaften einer Batterie beitragen. Zur Realisierung verbesserter Hochenergiezellen – z. B. im Einsatz in leistungsstarken E-Fahrzeugen im Premiumsegment – kann beispielsweise durch die Verwendung von Silizium oder Silizium-Kohlenstoff-Kompositen die Speicherkapazität von Lithium-Ionen um bis zu einem Faktor zehn im Vergleich zur Verwendung von (natürlichem) Graphit gesteigert werden. Gleichzeitig ist es so möglich, die im Premiumsegment besonders relevanten Leistungseigenschaften, wie z. B. Ladegeschwindigkeiten und -zeiten, zu verbessern.

Ein weiterer Trend besteht in der Entwicklung von kostengünstigeren Zellchemien als Ersatz der kritischen Materialien Kobalt, Nickel und Mangan für Volumenanwendungen und damit einhergehend mit geringeren Anforderungen an die Leistungseigenschaften. Hierbei werden insbesondere Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien (LFP, LiFePO₄) entwickelt und vermehrt im Zuge von Pkw-Anwendungen eingesetzt. Vorteile der LFP-Batterien sind die im Vergleich zu NCM oder NCA weniger komplexen Produktionsprozesse, die Verfügbarkeit der Ausgangsrohstoffe und damit letztlich geringere Material- sowie Produktionskosten. LFP-Batterien bieten zudem Vorteile in Bezug auf ihre zyklische Lebensdauer und verhalten sich thermisch stabiler, so dass die Sicherheit auch in Crashsituationen drastisch erhöht werden kann (Nitta et al., 2015). Dem gegenüber stehen im Vergleich zu NCM oder NCA geringere spezifische Energiedichten, die auf Systemebene derzeit ca. 130 Wh/kg erreichen. Während der Materialbedarf im Automotive-Sektor vor allem bei den kritischen Rohstoffen Nickel, Kobalt, Mangan und Silizium durch Verwendung von LFP-Batterien verringert werden kann, würde der Bedarf an Aluminium, Kupfer und Graphit ansteigen.

Ein zusätzlicher Trend in Bezug auf die Entwicklung von Batteriezelltechnologien sind Festkörperbatterien in Form von z. B. Lithium-Schwefel- und Lithium-Luft-Chemien. Diese könnten perspektivisch ab 2030 die heutigen Lithium-Ionen-Batterien vollständig ersetzen, befinden sich derzeit aber noch in einem frühen Stand der Technologieentwicklung (e-mobil BW, 2019a). Insbesondere ergeben sich Herausforderungen aus einer noch zu niedrigen Zykluslebensdauer, aus Aspekten der Sicherheit und aus der zur erfolgreichen Kommerzialisierung notwendigen Vereinfachung von komplexen und aufwändigen Produktionsprozessen (Denk et al., 2020). Theoretisch erreichen diese Chemien spezifische Energiedichten von ca. 300 Wh/kg (Lithium-Schwefel) bzw. 400 Wh/kg (Lithium-Luft) auf Batterie-

systemebene. Durch eine (schrittweise) Einführung dieser Technologien in die Pkw-Anwendung ab ca. 2030 würde sich der Bedarf an kritischen Materialien wie Nickel, Kobalt, Mangan, Silizium und Graphit kontinuierlich reduzieren lassen. Ebenfalls ist bei dieser Zelltechnologie ein geringerer Materialeinsatz von Aluminium und Kupfer notwendig.

Industriepolitische Ziele in der EU

Aufgrund der strategischen Bedeutung von Batteriesystemen als kritische Komponente für heutige und zukünftige Fahrzeuge ist der Aufbau von Technologie- und Fertigungskompetenz auf allen Stufen der Wertschöpfung auch Teil industriepolitischer Ziele und Diskussionen. So plant u. a. die Europäische Kommission die Umsetzung einer Roadmap zur Einführung von Umweltkriterien für die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien – auch mit dem Ziel, die Lokalisierung der Produktion an europäischen Standorten zu stärken. Ab 2024 sollen so für die Wertschöpfung relevante Komponenten wie Kathode und Anode aus dem Europäischen Wirtschaftsraum bezogen werden, ab 2027 soll eine vollständige Belieferung aller Komponenten von EU-Standorten aus erfolgen (EC, 2021b). Im Handelsabkommen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich sind ebenfalls konkrete Anteile lokal herzustellender Komponenten genannt: Bis 2023 müssen 30 % der Komponenten eines Batteriesystems aus dem gemeinsamen Handelsraum kommen, ab 2024 steigt dieser Wert dann auf 50 % an (EC, 2021c).

Weiterhin wird eine **europäische Batterieallianz** zur Stärkung von Investitionen und zur Ausweitung von Produktionskapazitäten umgesetzt, um strategische Abhängigkeiten – insbesondere von Asien – verringern zu können und die Wertschöpfungskette auf allen Stufen zu stärken. Konkret wurde 2021 hierfür zusätzlich zu den im Jahr 2019 bereitgestellten 3,2 Mrd. EUR ein weiteres „Important Project of Common European Interest“ (IPCEI) in Form der European Battery Innovation etabliert und mit Fördergeldern i. H. v. 2,9 Mrd. EUR finanziert. Hierbei soll neben dem Aufbau von eigenen Produktionsstandorten auch in den weiteren Aufbau von Kompetenz in Forschung und Entwicklung investiert werden. Mehrere baden-württembergische Unternehmen sind hier beteiligt: Varta, ElringKlinger, Cellforce Group, Manz und ACI Systems; abgedeckt werden die Wertschöpfungsstufen Rohstoffe und Materialien sowie Batteriezellen und Batteriesysteme. Am Recycling ist kein baden-württembergisches Unternehmen beteiligt (BMWK, 2021). Weiterhin wurde von der EU das Ziel kommuniziert, bis zum Jahr 2025 jährlich sieben Mio. Elektrofahrzeuge

produzieren sowie zu diesem Zeitpunkt ca. 80 % aller benötigten Lithiumrohstoffe aus eigenen europäischen Quellen beziehen zu können (Osusky, 2021).

Die Europäische Kommission hat zudem neue **spezifische Recyclingziele** für Lithium-Ionen-Batterien vorgeschlagen. In dem Vorschlag werden spezifische Rückgewinnungsquoten für die kritischen Rohstoffe Kobalt, Nickel, Lithium und Kupfer festgelegt sowie die Forderung formuliert, dass neue Batterien ab 2030 erstmals einen Mindestanteil an recyceltem Material besitzen sollen. Die derzeit vorgeschlagenen Ziele schreiben eine Recyclingeffizienz (Material-Input vs. Material-Output) von 65 % bis 2025 und 70 % bis 2030 vor. Darüber hinaus wird in dem Vorschlag empfohlen, die spezifischen Verwertungsquoten für Kobalt, Nickel, Lithium und Kupfer von 90 % im Jahr 2025 auf 95 % im Jahr 2030 weiter zu steigern.

5.3 Veränderungen bei Plattformstrategien

Eine Fahrzeugplattform stellt eine übergreifende, gemeinsame Basis einer Produktfamilie dar, die die bei allen Produktvarianten genutzten Funktionen und/oder Komponenten beinhaltet. Sie definiert damit einen strukturellen Rahmen, der über verschiedene Modelle einer Fahrzeugfamilie hinweg – ggfs. sogar über verschiedene Produktgenerationen – gemeinsam genutzt werden kann (Muffato und Roveda, 2000; Krause und Gebhardt, 2018). Fahrzeugdimensionen wie Länge, Breite und Radstand werden dadurch definiert, ebenso die Freiheitsgrade bei Ausgestaltung und Packaging der Kernkomponenten. Gerade weil sich aus der Plattformstrategie eine mittel- bis langfristige Ausrichtung für das Produktangebot eines Herstellers ergibt, werden vorwiegend in ihr Kerntechnologien sowie -kompetenzen gebündelt.

Eine skalierbare, ggfs. modulare Fahrzeugplattform bietet insbesondere in der Fertigung Kostenvorteile durch die Möglichkeit zur Umsetzung von Skaleneffekten, da Gleichteile genutzt und Fertigungsprozesse zu großen Teilen standardisiert und automatisiert werden können. Auch in der Fahrzeugentwicklung können so Kosten eingespart werden, da sich die Freiheitsgrade in Konstruktion und Ausgestaltung verringern – der Fokus kann so stärker auf die unmittelbar für die Kund:innen relevanten Anforderungen gelegt werden. Die Vielfalt wird vor allem über unterschiedliche „sichtbare Teile“ hergestellt (z. B. die Karosserie) und möglichst auf die Endmontage konzentriert (Kampker et al., 2019).

Insgesamt werden über die Entwicklung von Plattformen Entwicklungsaufwände reduziert und über höhere Stückzahlen von Standardbauteilen werden die Produktionskosten verringert (Diez, 2019). Um möglichst viele Gleichteile bzw. standardisierte Baukästen einsetzen zu können, erfolgt die Individualisierung des Fahrzeugs für Kund:innen möglichst spät im Rahmen von Produktion und Fahrzeugmontage. Die Hersteller teilen das Gesamtfahrzeug in Baugruppen/Module wie die Bodengruppe, den Antriebsstrang, das Cockpit oder das Fahrwerk auf. Dabei bezieht sich die Plattform auf die Fahrzeugbasis selbst, Module können in verschiedenen Fahrzeugklassen und Baukästen in allen Modellen eingesetzt werden (Bratzel, 2015). Eine skalierbare Plattformarchitektur bietet das Potenzial, dass konzeptbestimmende Abmessungen wie z. B. Radstand, Spurbreite oder die Sitzposition in einem variablen Bereich ausgestaltet werden können. Standardisierte Bereiche wie z. B. der Abstand zwischen Gaspedal und Mitte des Vorderads stellen die Einheitlichkeit der Varianten sicher.

Die Kombination anderer Produktstrukturstrategien mit einer Plattform bietet weitere Potenziale zur Kostenoptimierung. Vor allem die skalierbare Plattform – als Verknüpfung zwischen Plattformstrategie und Baureihe – ermöglicht differenzierte Größen- und Leistungsstufen des Produkts. Auch das Prinzip des Modulbaukastens kann hiermit verknüpft werden, um über eine Modulstrategie eine produktfamilienübergreifende Nutzung von Motoren, Klimageräten und weiteren Komponenten zu ermöglichen.

Zusammenhang von Plattformkonzept und Antriebstechnologie

Angesichts des derzeitigen Strukturwandels in der Automobilbranche und der Verschärfungen von CO₂-Zielen elektrifizieren OEM immer weitergehendes das Produktportfolio. Verschiedene Plattformkonzepte haben sich aus der resultierenden Hybridisierung von Pkw und der Entwicklung rein batterieelektrischer Fahrzeuge ergeben (Vogel und Olle, 2019). Die gesamte Ausrichtung der Lieferkette auf die bisher erfolgreiche modulare Architektur wird im Zuge der Elektrifizierung hinterfragt (Stüvel, 2020). Generell unterschieden werden kann in folgende Fahrzeugplattformen, die in Abstufungen den Übergang vom Verbrennerantrieb zu elektrischen (insbesondere batterieelektrischen) Antrieben darstellen.

- **Dedizierte Elektroplattformen:** Plattformvariante, die rein für BEV entwickelt wird (Purpose Design)

■ **Elektroplattform mit ICE-/FCEV-Option:**

Plattformvariante, die für BEV entwickelt wird, jedoch auch die Möglichkeiten für Verbrenner (z. B. Zusatzaggregate wie ein Range-Extender) oder Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie offenlässt (Multitraktionsplattform)

■ **Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption:**

Plattformvariante, die auf einer Verbrennerplattform aufbaut und elektrifiziert werden kann (HEV/PHEV/FCEV) (Multitraktionsplattform)

■ **Verbrennerplattform mit BEV-Option:**

Plattformvariante, die auf einer Verbrennerplattform aufbaut und soweit elektrifiziert werden kann, dass BEV darauf aufbauen (Multitraktionsplattform)

■ **Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption und BEV-Option:** Plattformvariante, die auf einer Verbrennerplattform aufbaut und sowohl Hybride als auch BEV ermöglicht (Multitraktionsplattform)

Derzeit zeichnet sich eine Differenzierung von Plattformstrategien ab (Olle et al., 2020). Zum einen ist ein Trend hin zu dedizierten Elektroplattformen erkennbar, die exklusiv für die Anforderungen eines rein batterieelektrischen Pkw entwickelt werden und segmentübergreifend nutzbar sind. Zum anderen entwickeln OEM ebenfalls sog. Multitraktionsplattformen, um v. a. eine Flexibilität in der Produktion von Fahrzeugen mit unterschiedlichem Antriebskonzept auf z. B. einer Fertigungslinie zu ermöglichen. Erstere Variante bietet die Möglichkeit der Nutzung von Skaleneffekten durch hohe Volumina, wodurch sich Kostenvorteile ergeben. Ebenfalls können bei Umsetzung einer dedizierten E-Plattform geringere Entwicklungs- und Produktionskosten sowie eine Reduktion von Komplexität in Produktion, Einkauf und Logistik realisiert werden (Knauer, 2019). Beide Varianten haben jedoch Anforderungen in Bezug auf Software und Konnektivität gemeinsam, wodurch neue IT- und Elektronikarchitekturen in die Plattformkonzepte zu integrieren sind (Vogel und Olle, 2019).

Trends in der Weiterentwicklung von Fahrzeugplattformen und Variantenvielfalt

Auf den Trend der Internationalisierung und Individualisierung der Kundenwünsche reagiert die Automobilindustrie mit einer deutlichen Zunahme von Modellen und Varianten seit etwa 1985; selbst bei einem deutlichen Rückgang der Anzahl der Automobilhersteller. Über die Ausweitung werden zunehmend speziellere Fahrzeuge, beispielsweise für Langstrecken oder den Stadtverkehr, angeboten und in den letzten Jahren konnten Kund:innen aus einer Vielzahl von Antriebsoptionen wäh-

len. Außerdem kommen die global aufgestellten Hersteller so auch lokalen Anforderungen und rechtlichen Vorgaben nach (ein weiterer Treiber für regional aufgestellte Produktionsnetzwerke). Zudem bieten die Hersteller in immer kürzeren Abständen Produktaktualisierungen und Modellwechsel an, bei europäischen Herstellern sind die Zeiträume von etwa acht Jahren zwischen Modellwechseln teilweise auf drei Jahre verkürzt worden. Diese Variantenvielfalt prägt vor allem das Premiumsegment, in dem die Automobilhersteller ihre Angebote den individuellen Kundenpräferenzen anpassen. Und sie ist eine Maßnahme, um sich in einem stagnierenden (beispielsweise dem europäischen) Markt von anderen Herstellern zu differenzieren (Diez et al., 2019; Cüppers, 2018; Bratzel, 2015; Emons, 2014). Zwei Beispiele verdeutlichen den hohen Umfang dieser Variantenvielfalt: Ein VW Golf kann in 1.023 verschiedenen Varianten zusammengestellt werden und innerhalb von fünf Jahren sind unter 1,1 Mio. Mercedes A-Klassen nur zwei Fahrzeuge komplett identisch (Wilberg, Eickenmeyer, 2019). Diese Entwicklung geht mit der zunehmenden Nachfrage nach individualisierten Fahrzeugen einher und dem parallelen Rückgang von Kundeninteresse an einheitlichen Fahrzeugmodellen. Cüppers (2018) merkt hier an, dass trotz der zunehmenden Komplexität und Individualität der Produkte die Kosten nicht steigen sollen.

Diese Modell- und Variantenvielfalt führt zu geringeren Stückzahlen pro Variante sowie zu einer zunehmend komplexeren und teureren Produktion. Die Endmontage der OEM wird deshalb auch als „Variantenfließfertigung“ bezeichnet, als Kombination zwischen einem getakteten Arbeitssystem einerseits und deren Variation hin zu einer „Losgröße 1“ (Wilbert und Eickenmeyer, 2019). Automobilhersteller stehen daher bei ihren Produktionsstrategien vor der Herausforderung, diese Variantenvielfalt zu beherrschen und dabei die Kostensteigerung einzuschränken. Das gilt insbesondere für hoch automatisierte Herstellungsschritte wie den Karosseriebau, der mit sehr hohen Investitionen (Pressen, Press- und Stanzwerkzeuge, Schweißroboter) verbunden ist, die häufig nur für einen Modellzyklus eingesetzt werden können. Unterscheiden sich Nachfolgebaureihen in den verwendeten Materialien, der Aufbauabfolge oder in den Fügetechniken vom Vorgängermodell, sind die Anlagen heute in aller Regel komplett zu erneuern (Cüppers, 2018).

Nahezu alle Hersteller haben in den letzten Jahren – die Covid-19-Pandemie hat das eher verstärkt – die Verringerung ihrer Variantenvielfalt bei den batterieelektrischen Fahrzeugen angekündigt und ihre bisherigen Varianten um selten nachgefrag-

te (Motor-)Varianten bereinigt. Volkswagen beispielsweise will durch Module die Entwicklungszeiten pro Fahrzeug um etwa 30 % und die Zahl der Motor- und Getriebevarianten um fast 90 % verringern; außerdem sollen damit die Material- bzw. Beschaffungskosten um 20 % gesenkt werden. Erwartet werden dadurch nach Expertenschätzungen deutliche Gesamteinsparungen von bis zu 1.500 EUR je Fahrzeug (Bratzel, 2015).

Die Bedeutung von Plattformen wird im Zuge der zunehmenden Integration von Fahr-, Assistenz- und Komfortfunktionen sowie durch den steigenden Grad von Digitalisierungs- und Konnektivitätsanforderungen der Fahrzeuge weiter zunehmen. So sollen zukünftige Fahrzeugplattformen nicht mehr prioritär durch die Anforderungen von Hardware und Komponenten definiert sein. Zunehmend wird die Software- und Elektronikarchitektur im Mittelpunkt der Entwicklung stehen. Perspektivisch wird die Produktdifferenzierung immer stärker über Software gestaltet, so dass z. B. zusätzliche Fahr- und Assistenzfunktionen für Kund:innen individuell zubuchbar werden. Damit lässt sich Variantenvielfalt für Hersteller noch kostengünstiger erreichen und Kund:innen können zusätzliche Funktionen flexibler und sogar zeitlich begrenzt dazukaufen.

Welche Plattformstrategie im Hinblick auf die Elektrifizierung des Antriebsstrangs und die derzeitige Unsicherheit im Markt die richtige ist, kann derzeit nicht abschließend geklärt werden (Stüvel, 2020). Dennoch ist ein Trend bei allen großen OEM hin zu dedizierten E-Plattformen zu erkennen, wie die Darstellung der Fallbeispiele in Kap. 5.6 zeigt.

5.4 Veränderungen bei Produktstrategien

Die Produktstrategie eines Automobilherstellers definiert letztlich die Struktur und die technischen Ausprägungen seines Produktangebots, um damit optimal eine vom Kunden bzw. von der Kundin oder vom Markt induzierte Nachfrage bedienen zu können. In der Automobilbranche wird die Produktstrategie technisch über die Plattform- bzw. Modul- oder Baukastenstrategie ausdifferenziert (Busche, 2014). Unterschieden werden kann zwischen differenzierten, standardisierten und hybriden Produktstrategien.

Eine differenzierte Produktstrategie setzt den Fokus auf die Erschließung neuer Käufergruppen sowie die Auslegung der Produkte nach landesspezifischen Rechtsvorschriften, um hiermit z. B. Handelshemmnisse zu reduzieren. Das Hauptaugenmerk der standardisierten Produktstrategie liegt dagegen in der Kostenreduktion in Forschung und Entwicklung sowie in

der Produktion möglichst großer Volumina, die eine Fixkostendegression herbeiführt und Skaleneffekte ermöglicht. Die hybride Produktstrategie kann Zielkonflikte aufgrund der Kombination der beiden zuvor beschriebenen Strategien verringern.

Der Zielkonflikt international agierender OEM besteht darin, optimale Kosteneffizienz durch weltweit standardisierte Produkte zu erzielen sowie gleichzeitig heterogene Märkte und individuelle Kundenanforderungen bestmöglich in der Ausgestaltung des Produktportfolios zu berücksichtigen. Eine mögliche hybride Wettbewerbsstrategie ist in diesem Kontext „Mass Customization“, die es mit Hilfe von Modularisierungskonzepten ermöglicht, Produkte in großen Volumen sowie kundenindividuell zu produzieren.

Ein konkretes Beispiel einer Produktstrategie im Premiumsegment der Automobilindustrie ist die durch überlegene Leistungseigenschaften des Produkts angestrebte Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb, die in Konsequenz zu immer leistungsstärkeren Motoren und zumeist energieintensiven Ausstattungsmerkmalen zugunsten eines z. B. verbesserten Komforts der (Mit-)Fahrer:innen bei Pkw geführt hat. Im Vordergrund aktueller Strategien zur Elektrifizierung des Produktportfolios stehen zusätzlich verstärkt die Ziele der Ressourcenschonung sowie der Emissions- und Verbrauchsreduktion – auch, um die CO₂-Vorgaben auf EU-Ebene einhalten zu können und keine Strafzahlungen leisten zu müssen. Die bis etwa 2020 von vielen Herstellern verfolgte Strategie der multiplen Antriebskonzepte entspricht einer Differenzierung der Produktstrategie (Kleinert, 2017). Mit der Trendwende hin zu einem schnelleren Ausstieg aus der Verbrennertechnologie schwenken die OEM eher in Richtung der standardisierten Produktstrategie bei reinen E-Fahrzeugen um.

5.5 Veränderungen bei Produktionsstrategien

Die effiziente Produktion wird auch bei Elektrofahrzeugen als zentrales Erfolgskriterium für Hersteller und Zulieferer gesehen:

„Neben einer tiefen Produktkenntnis ist es für Autohersteller und Zulieferer entscheidend, wie sich Elektromobilität in ihren Werken effizient umsetzen lässt und welches Know-how sie für die Fertigungs- und Qualitätssicherungsprozesse aufgebaut haben.“ (Automobil Produktion, 2020f)

Vor allem bei der Antriebstechnik ändert sich die Produktion dabei von der bisherigen Dominanz zerspanender und montierender Arbeitsschritte hin zur Umformung und Zusammenfügung von Metallteilen: Hier kann von einer disruptiven Innovation durch neue Produktionstechnologien und neue Produktionsmittel in der Serienproduktion gesprochen werden (Kampker et al., 2017). Außerdem beschleunigt sich das Marktwachstum von Elektrofahrzeugen derzeit so stark, dass Prognosen mit großen Unsicherheiten verbunden sind. Die Hersteller und Zulieferer müssen dies mit erheblichem zeitlichen Vorlauf antizipieren: Produktions- und Investitionsplanung beginnen etwa vier bis fünf Jahre vor dem „Baustart“ und etwa acht Jahre vor dem Erreichen der vollen Produktionskapazität.

Die strategischen Entscheidungen in der Automobilindustrie sind stark von der Entwicklungsdauer und den Lebenszyklen der Automodelle geprägt: Die Entwicklungszeit beträgt für ein neues Modell etwa vier bis fünf Jahre, die anschließende Laufzeit der Produktion etwa sechs bis acht Jahre (vgl. Kampker et al., 2017; Scheuplein, 2011). Zudem beschleunigen sich Modellwechsel auf bis zu drei Jahre. Entsprechend werden jetzt die Weichen dafür gestellt, welche Fahrzeuge und Stückzahlen an welchen Standorten um das Jahr 2030 herum mit hoher Kapazität produziert werden. Parallel zu diesen mehrjährigen Planungshorizonten bei den Fahrzeugen selbst müssen für die Software im Fahrzeug deutlich kürzere Vorlauf- und Aktualisierungszeiten umgesetzt werden, was insbesondere für die Automobilhersteller eine große Herausforderung darstellt.

Bei der Umstellung auf Elektrofahrzeuge verfolgen die Hersteller derzeit zwei verschiedene Produktionsstrategien: Während beispielsweise Volkswagen einzelne Werke komplett auf

Elektrofahrzeuge umstellt (beispielsweise Zwickau), setzen andere Hersteller wie Mercedes-Benz und BMW auf flexible Fertigungslinien, in denen Fahrzeuge mit verschiedenen Antriebssträngen – Otto- oder Dieselmotor, batterieelektrisches oder hybrides Fahrzeug – gefertigt werden. So produziert BMW im Stammwerk München alle 3er-Modelle auf einer Linie, unabhängig vom jeweiligen Antriebsstrang (Automobil Produktion, 2020b). Auch in der 2020 eröffneten „Factory 56“ von Mercedes-Benz können Fahrzeuge der S-Klasse mit Verbrennungs- bzw. Hybridmotor und der batterieelektrische EQS auf einer Linie gefertigt werden. Während sich die flexible Reaktion auf Kundenwünsche und die flexible Fertigung im Übergangszeitraum vorteilhaft auswirken, stehen der Strategie der Zusammenführung mehrerer Antriebsarten auf einer Plattform auch Nachteile gegenüber. So müssen verschiedene Kompromisse eingegangen werden: Bei der Ausnutzung des möglichen Bauraums sowie bei den unterschiedlichen Fahrzeugeigenschaften (beispielsweise beim Fahrzeugschwerpunkt, der beim konventionell betriebenen Fahrzeug meistens im vorderen Motorraum und bei batterieelektrischen Fahrzeugen im Fahrzeugboden bei den Batterien liegt). Die Produktionsstrategie muss die Nachfrage bzw. den Absatz von Neufahrzeugen antizipieren, deshalb tragen unterschiedliche Produktionsstrategien vor allem unterschiedlichen Stückzahlen Rechnung. Eine hochflexible Fertigung eignet sich eher für die Produktion kleinerer Stückzahlen oder die Fertigung verschiedener Antriebskonzepte auf einer Linie – wie bei der S-Klasse von Mercedes, dem EQS oder dem e-Tron von Audi, für die in den letzten Jahren entsprechend flexible Produktionsstätten eingerichtet wurden. Für höhere Stückzahlen werden die Produktionsanlagen weniger flexibel ausgelegt.

Flexible Produktionskonzepte müssen Anforderungen wie Produktflexibilität, Wandlungsfähigkeit für neue Varianten bzw.

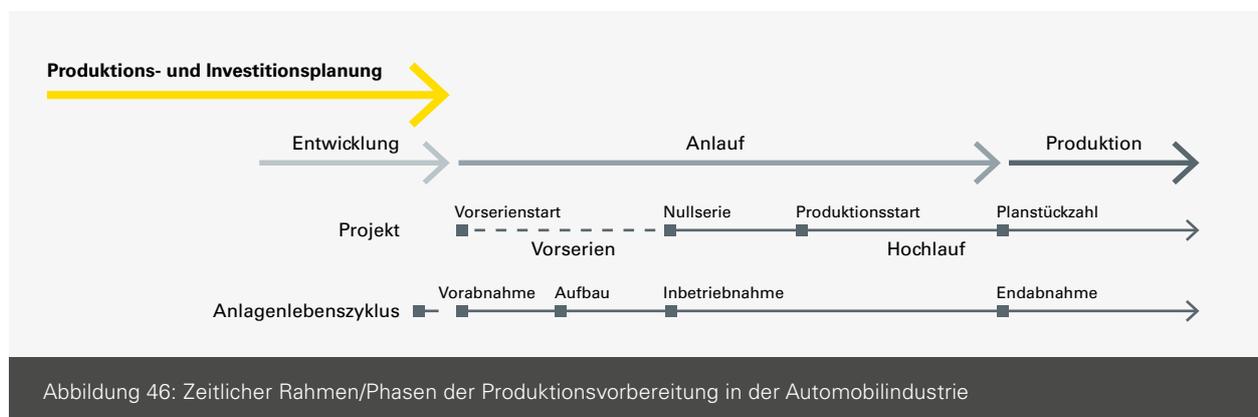


Abbildung 46: Zeitlicher Rahmen/Phasen der Produktionsvorbereitung in der Automobilindustrie

Nachfolgemodelle und schwankende Stückzahlen über mehrere Produktlebenszyklen ermöglichen und dabei wirtschaftlich sein (Cüppers, 2018). Stückzahlenabhängig reicht dabei das Spektrum von der flexiblen Fließfertigung, in der mehrere Modelle verschiedener Marken gefertigt werden, bis hin zum völligen Verzicht auf feste Linien, also die Loslösung vom Fließband (als Fertigungssystem, das die Automobilindustrie über Jahrzehnte hinweg geprägt hat). Das betrifft alle Arbeitsschritte in der Automobilproduktion, vom Karosseriebau über die Lackieranlagen bis hin zur Motorenfertigung und zur Endmontage. Diese Flexibilisierung setzt allerdings – bei den OEM – auf ganz unterschiedlichen Automatisierungsständen auf: Während die Presswerke, der Rohbau bzw. Karosseriebau und die Lackiererei hoch automatisiert sind, ist dies in der Endmontage in weit geringerem Maße umgesetzt.

Mit der Digitalisierung der Produktion wird auch die Vernetzung für das IoT – das Internet of Things – vorangetrieben.

Daimler hat Anfang September 2020 die „Factory 56“ in Sindelfingen eröffnet. Die Vernetzung erfolgt mit einem der ersten eigenen 5G-Netze. Erwartet werden Effizienzsteigerungen gegenüber der bisherigen S-Klasse-Fertigung um 25%. Außerdem sollen neue Modelle mit unterschiedlichen Antrieben innerhalb weniger Tage in die Serienproduktion integriert werden. (Automobil Produktion, 2020h)

Auch Bosch hat für das Betriebsgelände in Stuttgart-Feuerbach ein 5G-Netzwerk aufgebaut, das zukünftig weltweit auf 250 Standorte übertragen werden soll. (Automobil Produktion, 2020i)

Neue Konzepte für die Flexibilisierung sind beispielsweise die Boxenstopp-Fertigung in standardisierten Fertigungszellen. Zwischen denen befördern fahrerlose Transportsysteme die Werkstücke bzw. Fahrzeuge und in „Warenkörben“ die für ihren Zusammenbau benötigten Teile (Cüppers, 2018). Hybride Produktionssysteme werden als geeignetste Form zur Beherrschung der Variantenvielfalt gesehen (Kampker et al., 2019). An baden-württembergischen und deutschen Standorten entwickelte Produktionssysteme werden im Sinne des Leitwerks-

konzepts dann weltweit auf andere Standorte ausgerollt (mehr zu weltweiten Produktionsnetzwerken in Kapitel 6.4).

Dabei gilt die Automobilindustrie und gelten insbesondere die OEM in ihrer eigenen Fertigung als Vorreiter von Rationalisierungs- und Automatisierungstechnik. In Baden-Württemberg erfolgt dies im engen Verbund mit dem Maschinen- und Anlagenbau als Produktionstechnikcluster, in dem stetig an der Weiterentwicklung von Produktionstechnologien gearbeitet wird.

„Um der Produktindividualisierung auch produktionslogistisch Rechnung zu tragen, ist Dürr zudem gerade im Begriff, starre Förderstrecken in der Lackiererei aufzulösen und die Karossen auf spezielle Automated Guided Vehicles (AGV) zu setzen. Damit werden sie unabhängig und parallel zueinander zwischen Arbeitsstationen, Finish-Kabinen und Zwischenspeichern bewegt. Die daraus resultierenden Kostenvorteile sind umso größer, je unterschiedlicher und individueller die Karosserien gebaut und lackiert werden – unter anderem weil es im modularen Lackier- und Fertigungsprozess keine Wartezeiten aufgrund unterschiedlich langer Bearbeitungsdauer mehr gibt. Auch Stillstandzeiten bei plötzlichen Störungen werden minimiert, indem ein anderer Arbeitsplatz oder eine andere Lackierkabine angefahren wird. „Skalierbarkeit und Flexibilität werden in Lackieranlagen immer bedeutender ...“, meint Jens Reiner aus dem Forschungs- und Entwicklungsbereich bei Dürr.“ (Automobil Produktion, 2019a).

Bei Volumenmodellen wird eine höhere Flexibilität in der Fertigung durch gemeinsam genutzte Plattformen erreicht, auf denen beispielsweise mehrere Marken eines Konzerns aufgesetzt werden können. Volkswagen bietet seine Plattformen auch anderen Automobilherstellern an, so wird beispielsweise Ford leichte Nutzfahrzeuge auf der „Modularen E-Antriebs-Baukasten“-Plattform (MEB) von Volkswagen produzieren (Automobilwoche, 2021). Immer frühere Ankündigungen für den Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor weisen darauf hin, dass die OEM zunehmend von dem vor einigen Jahren angenommenen langfristigen Übergang zur Elektromobilität abweichen, sondern den Wechsel von sich aus beschleunigen wollen, um mit höheren Stückzahlen in eine effizientere Fertigung zu kommen. Diese Strategie wird mit der Einführung spezifischer Plattformen für Elektrofahrzeuge unterstützt, denn die Produktionseffizienz steigt mit dem Anteil von Gleichteilen beim Fahrzeug (zu den Plattformstrategien der Hersteller siehe im Detail Kapitel 5.6).

Zentral ist der Einsatz digitaler Technologien bzw. das Leitbild einer „Industrie 4.0“, in der zahlreiche Daten in Echtzeit erfasst und ausgewertet werden und Entscheidungen zur Produktionssteuerung dezentral und automatisiert von den Produktionsanlagen selbst getroffen werden (Diez et al., 2019; Cüppers, 2018). Das schließt neue Herstellungsverfahren wie den 3D-Druck ein. Hier werden erste Schritte in Richtung einer Massenfertigung getan, indem Hilfsmittel bzw. Werkzeuge auf diese Weise erzeugt werden. Anbieter von 3D-Druckanlagen arbeiten daran, auch vor- und nachgelagerte Arbeitsschritte wie die Materialzuführung, das Entfernen von Stützstrukturen oder die Oberflächenbehandlung zu automatisieren und damit den Einsatz in der industriellen Fertigung zu ermöglichen (Automobil Produktion, 2020d).

Einen Schwerpunkt der betrieblichen Digitalisierung bildet derzeit die innerbetriebliche Logistik, sowohl bei Fabrikneubauten als auch bei der Modernisierung bestehender Produktionsanlagen. Zum einen muss hier die Teileversorgung für die zunehmende Variantenvielfalt bewältigt werden, zum anderen sind fahrerlose Transportsysteme nach ersten Versuchen in den 1960er Jahren mittlerweile technisch ausgereift und werden breiter eingesetzt. Bislang starre Routen werden durch selbstständig fahrende Materialzüge ersetzt. Montagearbeiter:innen erhalten dann über mobile Geräte wie eine Smartwatch Informationen, dass sie mit Material versorgt werden. In ersten Pilotversuchen werden sowohl für die werksinterne Logistik als auch für die standortübergreifende Belieferung Drohnen eingesetzt, beispielsweise bei Mercedes-Benz, ZF Friedrichshafen, Audi und Ford (Automobil Produktion, 2021a). Mit hoher Variantenvielfalt ist die werksinterne Logistik zunehmend empfindlich gegenüber Störungen bei der Anlieferung (dazu auch Kapitel 6 zur unternehmensübergreifenden Lieferkette).

Die Vielzahl der Digitalisierungsinitiativen hat jedoch noch immer den Charakter von Pilotprojekten oder Insellösungen statt einer vollständigen Smart Factory:

„Die Zulieferer hatten in den letzten Jahren starken Kostendruck. Sie haben bereits viele einzelne Use Cases umgesetzt, die in eine Smart Factory einzahlen, um die Effizienz zu erhöhen und Kosten zu sparen. Bei den OEM wurden und werden vor allem neue Werke mit dem Anspruch der Intelligenten Fabrik ausgestattet – vor der ganzheitlichen Transformation alter Werke scheidet man jedoch aus Gründen der Komplexität oft zurück ...“ (Fath zitiert nach Automobil Produktion, 2020d)

Zusätzlich erfordert die Umstellung der Produktion von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf elektrisch angetriebene Fahrzeuge höhere Elektronikkompetenzen für den Einbau von elektronischen Bauteilen und Isolationsmaterialien, den Wechsel auf ein 48-Volt-Bordnetz sowie den Einbau der Traktionsbatterie. In Verbindung mit Komponenten für Fahrassistenzfunktionen bzw. zukünftig für das hoch automatisierte/ autonome Fahren müssen am Ende der Montage auf dem Rollprüfstand deutlich mehr Komponenten als bei bisherigen Fahrzeugen geprüft werden. Neben über 100 mechanischen Tests werden in Elektrofahrzeugen bis zu 1.000 Softwarefunktionen getestet. Zudem wird erst am Ende der Montage das Hochvolt-Bordnetz in Betrieb genommen. Die OEM und die Komponentenfertiger müssen bei der Herstellung von Elektrofahrzeugen neue Kompetenzen bei der Mess-/Prüftechnik und bei der Qualitätssicherung aufbauen (Automobil Produktion, 2020g). Schon 2007 wurden etwa 40 % der Komponenten eines Oberklassefahrzeugs computergesteuert (Emons, 2014). Mittlerweile enthalten Fahrzeuge 70 bis über 100 Steuerungseinheiten (Automobilwoche, 2019b).

Die zunehmende Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge ist bei den meisten Herstellern bereits festgelegt – nicht zuletzt wegen des etwa achtjährigen Vorlaufs von Produktionsentscheidungen. Exemplarisch zeigen die Investitionsankündigungen von Bosch auf, dass der Fokus neben der Elektromobilität zukünftig auf das autonome Fahren gelegt wird und beides mit erheblichen Investitionen in die Produktionsanlagen verbunden ist.

2020 angekündigte Investitionen bei Bosch:

- 500 Mio. EUR für Elektromobilität einschließlich der Brennstoffzelle, 600 Mio. EUR für automatisiertes Fahren und 100 Mio. EUR für vernetztes Fahren; zusätzlich 600 Mio. EUR zur Erweiterung der IoT-Tätigkeiten;
- Von 2021 bis 2024 will Bosch 1 Mrd. EUR in die Brennstoffzellentechnologie investieren, darunter in ein Joint Venture mit der chinesischen Qingling Motor Group, über das 2021 eine Testflotte von 70 Lkw mit Brennstoffzellen in China starten soll;
- Software-intensive Elektronik könnte bis 2030 jährlich um 20 % wachsen, deshalb investiert Bosch etwa 3,7 Mrd. EUR in die Software-Entwicklung und beschäftigt 30.000 Software-Entwickler:innen. (Robert Bosch GmbH, 2020a)

5.6 Fallbeispiele: Veränderungen bei Wertschöpfungsaktivitäten ausgewählter Automobilhersteller im Rahmen der Transformation

Dieses Kapitel beschreibt die derzeitigen und zukünftigen Ziele und Aktivitäten deutscher Automobilhersteller im Rahmen der Transformation hin zu neuen Antriebstechnologien und -komponenten. Die einzelnen Innovations-, Produkt- und Plattformstrategien ausgewählter OEM werden zusammengefasst, in einen internationalen Kontext eingeordnet und gegenübergestellt. Der Fokus liegt auf den deutschen Automobilherstellern Volkswagen, Audi, Porsche, BMW und Mercedes-Benz im Vergleich mit Renault, Tesla, Ford, Toyota und BYD.

Diese Analyse bildet die Grundlage, um den Wandel bei Wertschöpfungsaktivitäten zu verstehen und Trends zur Neuausrichtung von Produktions- und Lieferketten in der Automobilindustrie zu identifizieren. Vor allem soll ein Verständnis dafür geschaffen werden, dass die derzeit verfolgten Transformationsbestrebungen der Automobilhersteller einen signifikanten Einfluss darauf haben, in welchen Wertschöpfungsnetzwerken Fahrzeuge in Zukunft entwickelt und produziert werden und ob diese Veränderungen zusätzliche Risiken und strategische Abhängigkeiten in der Lieferkette erzeugen können.

5.6.1 Volkswagen AG

Übersicht

Die Volkswagen AG (VW) umfasst zwölf Marken aus sieben europäischen Ländern und produziert inklusive aller Marken an 118 Standorten weltweit (Volkswagen AG, 2021a). Die EU ist für Volkswagen die wichtigste Produktionsregion. 64 Standorte befinden sich in europäischen Ländern, davon 24 in Deutschland. In der Asien-Pazifik-Region sind 34 Produktionsstandorte angesiedelt, weitere neun befinden sich in Südamerika, fünf in Nordamerika und vier in Afrika. Für den gesamten Konzern arbeiten markenübergreifend insgesamt rund 662.000 Mitarbeiter:innen, ca. 545.000 im Geschäftsbereich Automobile (Volkswagen AG, 2021b). Rund 200.000 Mitarbeiter:innen davon arbeiten für die Marke Volkswagen Pkw, ca. 120.000 sind an deutschen Standorten tätig. Die Kernabsatzmärkte von Volkswagen Pkw sind Europa und China. Die Marke verkaufte im Jahr 2020 insgesamt 5,1 Mio. Fahrzeuge, insgesamt setzte der Volkswagen-Konzern rund 9,16 Mio. Fahrzeuge ab. Die Anteile sind wie folgt verteilt: Asien-Pazifik ca. 44 %, Europa und übrige Märkte ca. 43 %, Nordamerika ca. 8 %, Südamerika ca. 5 %.

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Im Rahmen des Programms „TOGETHER – Strategie 2025“ beschreibt Volkswagen das Ziel, Kernkompetenzen in den Bereichen Elektromobilität, Batterietechnologie und autonomes Fahren aufbauen und etablieren zu wollen. Zur Erreichung dieser Ziele werden u. a. dedizierte E-Plattformen und Plattformen zur Integration von einheitlichen Softwarearchitekturen entwickelt, die von allen Konzernmarken adaptiert werden. So soll insbesondere eine Reduzierung der Komplexität in der Fahrzeugentwicklung und -produktion erreicht werden, um Skaleneffekte zu realisieren und Synergien zwischen den einzelnen Konzernmarken nutzen zu können. Das Unternehmen will bis 2050 vollständig CO₂-neutral werden und überträgt dieses Ziel ebenfalls auf die jeweiligen Zulieferer in der Wertschöpfungskette. Die strategische Neuausrichtung der Marke Volkswagen ist über die Strategie „2025+“ beschrieben. Unter anderem will Volkswagen in der Elektromobilität Weltmarktführer werden und gleichzeitig Kostenführerschaft erreichen. Die operative Rendite auf Basis bereinigter Umsatzerlöse soll bis 2025 auf 6 % ansteigen.

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Volkswagen will mit der oben genannten Strategie bis 2030 den Anteil der BEV-Neuzulassungen in der EU auf 70 % und in China sowie den USA auf 50 % steigern (Volkswagen AG 2021d). Dabei sollen alle relevanten Fahrzeugsegmente abgedeckt werden. Kernkompetenzen sollen in den Bereichen Elektromobilität, Digitalisierung, autonomes Fahren und Software aufgebaut werden. Bis zum Jahr 2040 plant Volkswagen, alle Kernmärkte vollständig mit rein batterieelektrischen Fahrzeugen zu bedienen.

Insgesamt sollen dafür bis 2025 ca. 35 Mrd. EUR in die Entwicklung elektrifizierter Antriebe investiert werden (Johannsen, 2021), weitere 38 Mrd. EUR in die Entwicklung von technologischen Lösungen in den Bereichen Digitalisierung und Vernetzung. Das Investitionsvolumen beläuft sich damit auf ca. 73 Mrd. EUR. Insgesamt 22 Mio. elektrifizierte Fahrzeuge sollen bis zum Jahr 2028 auf den Weltmärkten abgesetzt werden (Paschek und Winterhagen, 2019). Hierfür will das Unternehmen allein bis zum Jahr 2025 80 elektrifizierte Modelle in den Markt einführen, davon 50 BEV- und 30 PHEV-Modelle. In der Übergangsphase hin zu einem vollelektrischen Produktangebot sollen auch weiterhin konventionelle Antriebe entwickelt und produziert werden, auch um die dort zu realisierenden Gewinnmargen für die geplanten Investitionen in neue Technologien in der Transformationsphase nutzen zu können.

Im Zuge des Übergangs hin zu einem vollständig elektrifizierten Produktangebot wird eine kontinuierliche Steigerung der Wertschöpfungstiefe in der Komponenten- und Fahrzeugproduktion angestrebt. Für den elektrischen Antriebsstrang stellt Volkswagen z. B. Teile des E-Motors und des Getriebes (u. a. Rotor, Stator, Gehäuse) schon selbst in den eigenen Komponentenwerken her. Auch beim Batteriesystem will VW stärker vertikal integrieren und die Wertschöpfungsanteile bis hin zur Batteriezelle ausdehnen. Hierfür plant Volkswagen, insgesamt sechs Batteriefabriken bis 2030 in Europa zu errichten, die eine jährliche Gesamtkapazität von ca. 240 GWh abdecken sollen (Johannsen, 2021). Geplant ist, eine für alle Volumenmodelle des Konzerns standardisierte Batteriezelle („Einheitszelle“) zu entwickeln, die ca. 50 % günstiger zu produzieren sein soll als heutige vergleichbare Batteriezellen. Hierfür setzt VW auf die Etablierung von strategischen Partnerschaften, u. a. in China, den USA und der EU. Ein Beispiel hierfür ist die Partnerschaft mit dem schwedischen Batteriezellenhersteller Northvolt zur

möglichst klimaneutralen Produktion von Batteriezellen und zur Pilotierung von geeigneten Recyclingkonzepten (ecomento, 2021a). Die für 2023/2024 geplante Gigafactory in Salzgitter (16 GWh) wird in Zusammenarbeit mit dem chinesischen Zellhersteller Gotion High-Tech gebaut, der zudem in einer Technologiepartnerschaft die Einheitszelle für Volkswagen mitentwickeln soll. Das Unternehmen tätigt Investitionen in Lithium-Ionen-Batterietechnologien und ist darüber hinaus im Bereich der Feststoffbatterie aktiv. So hat VW ca. 300 Mio. EUR in das Unternehmen QuantumScape investiert, das auf diese Technologie spezialisiert ist (Schaal, 2021d). Für den weltweiten Ausbau der Ladeinfrastruktur kooperiert Volkswagen z. B. in China mit Initiativen wie CAMS, in den USA mit Electrify America sowie in der EU mit Enel und Iberdrola. Insgesamt sollen so in der EU weitere 18.000, in China 17.000 und in den USA und Kanada 10.000 Ladestationen entstehen. Die Unternehmenstochter CARIAD entwickelt über alle Marken des Konzerns hinweg Software- und Technologieplattformen, um so Softwarekompetenzen zu bündeln und einheitliche Betriebssysteme, E/E-Architekturen und digitale Funktionen für die Fahrzeuge zu etablieren (Beutnagel, 2021). Microsoft als wichtiger Partner für die Softwareentwicklung unterstützt diesen Wandel.

Abbildung 47 stellt das geplante Produktportfolio bei elektrifizierter Pkw der Marke Volkswagen bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment. Jeweils ein vergleichbarer Pkw auf Verbrennerplattform ist den elektrifizierten Fahrzeugen zugeordnet. Diese könnten das vergleichbare Verbrennermodell perspektivisch ersetzen.

Insgesamt plant die Marke Volkswagen, bis zum Jahr 2026 neun neue, rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf den Markt zu bringen. Acht der neun Pkw sollen auf der dedizierten E-Plattform MEB (Modularer E-Antriebs-Baukasten) aufbauen. Diese Pkw reichen vom B-Segment bis zum D-Segment. Zudem sind weitere kleine und große Geländewagen wie auch Crossover geplant. Fünf der neun BEV sollen voraussichtlich als SUV bzw. als Geländewagen oder Crossover erscheinen. Das batterieelektrische Fahrzeugmodell ID.3 wurde als erstes Modell auf MEB-Plattform bereits im Jahr 2020 in den Markt eingeführt, die nächsten drei Modelle folgten mit dem ID.4, ID.5 und ID.6 (China) im Jahr 2021.

VW						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
 Polo/MQB/B					 ID.1/MEB/B	
 Golf 8/MQB Evo/C				 Golf 8 Hybrid/ MQB Evo/C		
 Passat/MQB/D			 ID. Space Vizzion/ MEB/D			 Trinity/SSP/C, D
 T-Cross/MQB A0/K-J					 ID.2/MEB/K-J	
 Tiguan/MQB A2/M-J	 ID.4/MEB/M-J		 Tiguan Hybrid/ MQB A2/M-J			
-						
„Kein direkter Vorgänger“	 ID.5/MEB/M-J	 ID Lounge & ID Buzz/MEB/M-J				
 Touareg/MLB Evo/G-J	 ID.6 (China)/ MEB/G-J					
 Atlas/MQB/G-J					 ID.8/MEB/G-J	

Abbildung 47: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Volkswagen

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Plattformstrategie

Durch die im Jahr 2020 eingeführte Plattform MEB haben sich Volkswagen Pkw und weitere Konzernmarken wie Seat und Skoda im Volumensegment der Elektrofahrzeuge positioniert (Volkswagen AG, 2019). Durch die dedizierte Ausrichtung der Plattform auf rein batterieelektrische Fahrzeuge können Vorteile für die Kund:innen realisiert werden, z. B. bei der Fahr-

dynamik durch eine ausgewogene Gewichtsverteilung oder bei Platzverhältnissen im Fahrgastraum (Volkswagen AG, 2018). Die Plattform ermöglicht ein hohes Maß an Skalierbarkeit und Flexibilität, so ist es u. a. möglich, die Batteriegröße (in Hochbauvariante) modular zu skalieren, verschiedene Motorenkonzepte und Antriebsvarianten umzusetzen sowie die Radstände und damit die Interieurdimensionen zu variieren. Je nach Batteriegröße sind Reichweiten zwischen 330 und

Legende Produktportfolio/Modellvorschau

Das Produktportfolio ist hier und im Folgenden bei allen weiteren OEM gleich dargestellt: Die Fahrzeugsymbole stellen das Fahrzeugsegment nach EU-Definition (Form) und die Antriebsart (Farbe) dar; im Informationsfeld darunter stehen Informationen zur genutzten Plattform, hier verweist die Farbe auf die mit der Plattform jeweils möglichen Antriebsarten. Die Details sind in folgender Legende dargestellt.

EU-Fahrzeugdaten			Detaillierung
A = Kleinstwagen B = Kleinwagen C = Mittelklasse	D = Obere Mittelklasse E = Oberklasse F = Luxusklasse	S = Sportwagen J = Geländewagen	K-J = Kleine SUV Ko-J = Kompakt-SUV M-J = Mittlere SUV G-J = Große SUV
Antriebsart			
HEV 	PHEV 	BEV 	FCEV 
Pkw-Aufbau			
 Kleinstwagen	 Kleinwagen	 Kompaktwagen	 SUV
 Limousine/Kombilimousine	 Pick-up	 Sportwagen	 Crossover/SUV-Coupé
Plattformstrategie			
Verbrennerplattform	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	
Keine Aussage möglich	Verbrennerplattform mit BEV-Option	Elektroplattform mit ICE-/FCEV-Option	Dedizierte Elektroplattform (BEV)

550 km (nach WLTP) möglich. Alle MEB-Modelle verfügen über eine Schnellladefähigkeit von ca. 125 kW und sind für Spannungen bis 400 V ausgelegt. Durch das Variieren der Fahrzeugdimensionen und des Fahrzeugaufbaus ist eine Abdeckung verschiedener Segmente (Kompaktauto bis SUV) möglich, so dass Skaleneffekte möglichst optimal realisiert werden können. VW möchte bis 2025 insgesamt eine Mio. Fahrzeuge auf MEB-Plattform produzieren, bis 2028 ist ein kumuliertes Produktionsvolumen von 15 Mio. MEB-Fahrzeugen geplant (Paschek und Winterhagen, 2019). Perspektivisch plant Volkswagen, die MEB-Plattform weiterzuentwickeln bzw. durch eine neue, skalierbare, dedizierte E-Plattform zu ersetzen. Diese neue sog. Scalable Systems Platform (SSP) soll neben Hard-

ware-Anforderungen erstmals auch einheitliche E/E-, Software- und Rechnerarchitekturen für die einzelnen Marken des Konzerns ermöglichen (Stegmaier, 2021). Auf dieser Architektur sollen über 40 Mio. Fahrzeuge produziert werden. Eine Übersicht über die bei der Marke Volkswagen genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 48. Aufgeführt sind die Bezeichnung der Plattform, die Kategorisierung nach Antriebsart, das Einführungsjahr, Plattformen, die möglicherweise ersetzt werden können, die Anzahl der bestehenden Modelle auf der Plattform, die Anzahl geplanter Modelle auf der Plattform für die Marke, die Anzahl der bestehenden Modelle des Konzerns auf dieser Plattform sowie die durch die Fahrzeugplattform abgedeckten Fahrzeugsegmente.

Marke	VW		
Bezeichnung der Plattform	New Smal Family (NSF)	MLB (Evo) – Modularer Längsbaukasten (Evolution)	MQB (Evo) –Modularer Querbaukasten (Evolution)
Kategorisierung der Plattform			
	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option
Einführungsjahr der Plattform	2011	2007 (MLB), 2018 (MLB Evo)	2012 (MQB), 2019 (MQB Evo)
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/-	-/PL46, C6, D3, PL72, (MLB)	-/PQ24, PQ26, PQ34, PQ35, PQ46, PL46
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	1	2	27
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	-	-	5
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	3	15	51
Abgedeckte Segmente durch Plattform	A	D, E, F	B, C, D
Bezeichnung der Plattform	MEB – Modularer E-Antriebs-Baukasten	SSP – Scalable Systems Platform	
Kategorisierung der Plattform	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	
Einführungsjahr der Plattform	2020	2025	
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	MQB Evo/-	MEB, PPE, J1/-	
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	1	0	
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	8	1	
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	1	0	
Abgedeckte Segmente durch Plattform	B, C, D	A, B, C, D, E, F, S	

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 48: Fahrzeugplattformen der Marke Volkswagen

5.6.2 Audi AG

Übersicht

Die Audi AG ist Teil der Volkswagen AG und vertreibt Automobile im Bereich des Premium- und Sportwagensegments. Zum Unternehmen gehören die Automobilmarken Audi und Lamborghini. Rund 86.000 Mitarbeiter:innen sind bei Audi angestellt, wovon ca. 60.000 in Deutschland tätig sind. Audi besitzt weltweit 18 Standorte, darunter entfallen acht Standorte auf die EU, zwei davon sind in Deutschland angesiedelt, darunter ein Werk in Neckarsulm, Baden-Württemberg. Audi setzte 2020 weltweit 1,69 Mio. Fahrzeuge ab (Audi AG, 2021a). Audis größte Absatzmärkte sind China mit 727.358 ausgelieferten Fahrzeugen (ca. 43 %), Europa mit 619.723 Pkw (ca. 37 %) – davon 214.427 Pkw in Deutschland – und die USA mit 186.620 Pkw (ca. 11 %). China ist Audis größter Einzelmarkt und gilt als zentraler technologischer „Taktgeber“.

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Audis Unternehmensstrategien werden von den Aktivitäten des Mutterkonzerns geprägt, die adaptiert und an die individuelle Ausrichtung der Marke angepasst werden. Audis Strategie „Roadmap E“ beschreibt so z. B. die vollständige Umstrukturierung von Produktion, Beschaffung und F&E hin zu einem Anbieter elektrifizierter Mobilität (Audi AG, 2021b). Im Zuge der Elektrifizierung des Produktportfolios sollen auch die Produktionsstätten bis 2025 vollständig CO₂-neutral produzieren und Audi damit zum führenden CO₂-neutralen Premiumanbieter machen (Drechsel, 2019). Die Ziele zur Dekarbonisierung des Unternehmens umfassen auch die in den Lieferketten tätigen Lieferanten. So sollen z. B. für die Produktion von energieintensiven Komponenten, wie dem Batteriesystem, nur Lieferanten ausgewählt werden, die in ihrer Produktion vollständig regenerativen Strom verwenden. Auch das Produktportfolio selbst soll bis 2025 weniger CO₂ emittieren, im Vergleich zu 2015 ist eine Reduktion von 30 % angestrebt.

Generell sollen konzernweite Synergien künftig besser genutzt werden, so entwickelt Audi z. B. gemeinsam mit Porsche eine neue, gemeinsam genutzte, dedizierte E-Plattform, die auch in einem chinesischen Joint-Venture genutzt wird. Trotz hoher Investitionen in die E-Mobilität möchte Audi langfristig eine operative Umsatzrendite von 9 bis 11 % sowie eine Kapitalrendite von mindestens 21 % erzielen.

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Audi will im Zuge der Ziele zur Dekarbonisierung des Unternehmens bis 2025 das Produktportfolio um mehr als 30 Modelle mit Elektroantrieb erweitern. Davon sollen 20 Fahrzeuge rein elektrisch angetrieben werden (Audi AG, 2021a). Audi deckt damit die Kompakt-, Ober- und Luxusklassensegmente ab. Ab 2026 sollen nur noch reine E-Fahrzeuge auf den Markt gebracht werden, den vollständigen Ausstieg aus der Produktion von Verbrennerfahrzeugen will das Unternehmen bis zum Jahr 2033 realisieren (Jeß et al., 2021). Der Anteil elektrifizierter Fahrzeuge am Absatz soll bis 2025 auf 40 % steigen (Drechsel, 2019). Neben dem Fokus auf rein batterieelektrische Pkw möchte Audi auch Fahrzeuge mit Plug-in-Hybrid-Antrieb anbieten, zudem auch den Brennstoffzellenantrieb weiterentwickeln. Insgesamt ist geplant, dass ca. 35 Mrd. EUR in neue Technologien investiert werden, 15 Mrd. EUR davon in Technologien zur Elektrifizierung des Produktportfolios (Maas, 2021).

Audi arbeitet mit dem chinesischen Joint-Venture-Partner FAW zusammen. Beide wollen bis zum Jahr 2024 ein Unternehmen etablieren, das auf die Produktion von Elektrofahrzeugen auf Basis der neu zu entwickelnden Premium Platform Electric (PPE) spezialisiert ist (Volkswagen AG, 2021b). Rund ein Drittel des Absatzes in China soll bis 2025 elektrifiziert sein. Im Bereich der Fahrzeugentwicklung wird Audi künftig das Modellportfolio fokussiert nach den Anforderungen der Software und der E/E-Architektur entwickeln.

Abbildung 49 stellt das geplante Produktportfolio elektrifizierter Pkw der Marke Audi bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Audi will bis 2026 insgesamt neun neue, rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf den Markt bringen, fünf Hybrid-

modelle sind geplant. Acht Modelle sollen als Limousine, vier als SUV- oder Crossover-Modelle erscheinen. Neben einem BEV-Modell auf MEB-Plattform, das im Jahr 2022 in China auf den Markt kommt, sollen alle weiteren batterieelektrischen Modelle auf der gemeinsam mit Porsche entwickelten PPE erscheinen. Audi bedient damit alle Fahrzeugsegmente ab der Mittelklasse (Segment D).

Audi						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
 A1/MLB A0/B						
 A4/MLB Evo/D			 A4 Hybrid/MLB Evo/D	 A4 e-tron/PPE/D		
 A6/MLB Evo/E			 A6 e-tron/PPE/E	 A5 Hybrid/MLB Evo/D-E		 Apolon/SSP/tbd
 A7/MLB Evo/E	 e-tron GT (+RS)/J1/E					
 A8/MLB Evo/F				 Landjet (Artemis)/PPE/F	 A8 Hybrid/MLB Evo/F	
 TT Coupé/MLB/S			 TT etron/PPE?/tbd			
 Q5/MLB Evo/M-J		 Q5 e-tron /(China)/MEB/MJ	 Q5 Hybrid/MLB Evo/M-J			
 Q5/MLB Evo/M-J	 Q4 e-tron/MEB/M-J	 Q6 e-tron/PPE/M-J	 Q7 Hybrid/MLB Evo/M-J			

Abbildung 49: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Audi

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Plattformstrategie

Insgesamt baut Audis Plattformstrategie auf vier individuellen E-Plattformen auf: Mit Einführung des e-tron im Jahr 2020 wurde die Plattform MLB überarbeitet und zu einer teilelektrifizierten Plattform MLB Evo weiterentwickelt (Audi AG, 2021a). Weiterhin nutzt Audi die von Porsche entwickelte Flachboden-Performance-Plattform J1 für den e-tron GT, der als „Signature Car“ der Marke als Technologieträger dient. Mithilfe der Plattform kann eine Gleichteilquote¹⁹ von knapp 70 % (Plattform, Interieur, Exterieur) erreicht werden, u. a. markenübergreifend auch mit dem Porsche Taycan. Die Plattform basiert auf einer 800-Volt-Technologie und ermöglicht Reichweiten von knapp 500 km nach WLTP.

Mit der Nutzung des MEB kann Audi zudem auch weiterhin das Kompakt- und Mittelklassensegment abdecken. Eingeführt wurde als erstes repräsentatives Volumenmodell der Q4 e-tron inkl. Sportback-Version (2021). Mithilfe des skalierbaren MEB ist Audi – wie auch die Marke Volkswagen – in der Lage, eine Vielzahl an Derivaten auf dem Markt zu etablieren und damit von Limousinen bis hin zu SUV verschiedene Fahrzeugsegmente und Modellvarianten abzudecken. Zusätzlich kann Audi die gemeinsam mit Porsche entwickelte PPE-Architektur künftig für Modelle der gehobenen Mittelklasse bis hin zu Luxusmodellen nutzen. Auch bei dieser Plattform sind Hoch- und Flachbodenbauweisen möglich, wodurch verschiedene Fahrzeugtypen realisiert werden können. Die Plattform wurde für den Weltmarkt ausgelegt und auf sieben Mio. Einheiten skaliert. Die PPE ist wie auch die J1 eine 800-Volt-Plattform und zeichnet sich durch hohe elektrische Reichweiten (mehr als 600 km nach WLTP) und Schnellladefähigkeiten (Ladeleistung 270 kW) aus. Weitere Merkmale der Architektur sind u. a. skalierbare Batteriegrößen sowie ein möglicher Allradantrieb. Das erste Audi-Modell auf dieser Architektur wird voraussichtlich der A6 e-tron sein, der in der zweiten Jahreshälfte 2022 in China produziert werden soll.

Eine Übersicht über die bei der Marke Audi genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 50.

19 | Als Gleichteile werden Bauteile bezeichnet, die in unveränderter Form in unterschiedlichen Produkten verwendet werden können.

Marke	Audi			
Bezeichnung der Plattform	MSS – Modulares Sportwagensystem	MLB (Evo) – Modularer Längsbaukasten (Evolution)	MQB (Evo) – Modularer Querbaukasten (Evolution)	
Kategorisierung der Plattform				
	Verbrennerplattform	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	
Einführungsjahr der Plattform	2014	2007 (MLB), 2018 (MLB Evo)	2012 (MQB), 2019 (MQB Evo)	
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/Gallardo Pf.	-/PL46, C6, D3, PL71, PL72, (MLB)	-/PQ24, PQ25, PQ26, PQ34, PQ35, PQ46, PL46	
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	2	9	6	
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	-	2	?	
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	2	15	51	
Abgedeckte Segmente durch Plattform	S	D, E, F	B, C, D	
Bezeichnung der Plattform	J1 – Performance-Plattform	MEB – Modularer E-Antriebs-Baukasten	PPE – Premium Plattform Electric	SSP – Scalable System Platform
Kategorisierung der Plattform	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Dedizierte Elektroplattform (BEV)
Einführungsjahr der Plattform	2019	2020	2022	2025
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/-	MQB Evo/-	MLB Evo/-	MEB, PPE, J1/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	0	0	0	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	1	2	4	2
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	1	1	0	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	F	B?, C, D	D, E, F	A, B, C, D, E, F, S

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 50: Fahrzeugplattformen der Marke Audi

5.6.3 Porsche AG

Übersicht

Die Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG ist ein Tochterunternehmen der Volkswagen AG und vertreibt hauptsächlich Sportwagen. Porsche stellt diese in Deutschland an den Standorten Stuttgart-Zuffenhausen und Leipzig her. Daneben befinden sich auch Entwicklungs- und Dienstleistungsstandorte an vier Standorten in Baden-Württemberg (Bietigheim-Bissingen, Ludwigsburg, Sachsenheim, Weissach). Weltweit arbeiten rund 36.000 Mitarbeiter:innen für das Unternehmen, knapp 33.000 Mitarbeiter:innen sind davon in Deutschland tätig (Porsche AG, 2021a). Das Unternehmen setzte 2020 insgesamt 272.162 Fahrzeuge ab. Zu Porsches wichtigsten Absatzmärkten 2020 gehörten an erster Stelle China mit 88.968 ausgelieferten Pkw (ca. 33 %), gefolgt von Europa mit 80.892 Pkw (ca. 30 %) und den USA mit 57.294 Pkw (ca. 21 %).

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Porsche richtet seine Ziele an der „Strategie 2030“ aus und legt einen Schwerpunkt dabei auf die möglichst frühzeitige Erreichung von CO₂-Neutralität innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette. Bis 2030 wird so insgesamt eine bilanzielle CO₂-Neutralität des Unternehmens angestrebt (Porsche AG, 2021b). Porsche möchte auch weiterhin Fahrzeugmodelle an europäischen Standorten fertigen, um so die hohen Qualitätsanforderungen im Premiumsegment bestmöglich erfüllen zu können (Holdenried, 2021). Trotz hoher Investitionen in die Bereiche Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Transformation hält Porsche am strategischen Ziel einer Umsatzrendite von 15 % fest.

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Porsche will im Bereich der alternativen Antriebe das Produktportfolio kontinuierlich elektrifizieren (Porsche AG, 2021a). Neben rein batterieelektrischen Fahrzeugen (wie dem Porsche Taycan) sollen zunehmend auch die bestehenden Fahrzeugmodelle hybridisiert werden. Insgesamt wird angestrebt, bis 2025 über 50 % der vertriebenen Sportwagen zumindest teilweise zu elektrifizieren. Der Sportwagenhersteller konnte das für 2021 avisierte Absatzziel von 30.000 BEV übererfüllen. Insgesamt wurden ca. 41.000 rein elektrische Pkw verkauft, 40 % aller verkauften Modelle waren (teil-)elektrifiziert (Buche-

nau, 2021). Bis 2030 rechnet Porsche mit einem Anteil elektrifizierter Fahrzeuge i. H. v. über 80 % am Gesamtabsatz.

Mit dem Joint-Venture-Partner Customcells will das Unternehmen zukünftig Know-how in Forschung, Entwicklung, Fertigung und Vertrieb von Hochleistungsbatteriezellen ausbauen (Porsche AG, 2021c). So ist die Errichtung einer eigenen Batteriefabrik in Reutlingen geplant, die eine Kapazität von mindestens 100 MWh ermöglichen soll. Ebenfalls treibt der Hersteller die Entwicklung synthetisch hergestellter, klimaneutraler Kraftstoffe (E-Fuels) mit einer Pilotanlage in Chile voran, um auch die weiterhin konventionell betriebenen Porsche-Modelle CO₂-neutral(er) betreiben zu können (Porsche AG, 2021a). Das Unternehmen möchte im Bereich der Elektrifizierung eine technologisch führende Position einnehmen und so zur Dekarbonisierung des Individualverkehrs beitragen. Eine gleichzeitige kontinuierliche Weiterentwicklung der Verbrennungsmotoren ist ebenfalls Teil der strategischen Ausrichtung, um so Effizienzsteigerungen realisieren zu können.

Insgesamt investiert das Unternehmen bis 2025 15 Mrd. EUR in die Bereiche Digitalisierung, Elektrifizierung und nachhaltige Produktion. Gemeinsam mit dem Partner Ionity investiert Porsche dabei auch in den Ausbau der Schnellladeinfrastruktur in Europa. Zudem ist Porsche am Unternehmen Rimac beteiligt, um von Entwicklungen bei Hochleistungsantrieben für elektrifizierte Sportwagen profitieren zu können (Porsche AG, 2021b). Porsche hält an einer eigenständigen – und nicht konzernweiten – Entwicklung der Sportwagen fest. Das Unternehmen will aber Synergieeffekte nutzen, so z. B. bei Komponenten für das automatisierte Fahren.

Abbildung 51 stellt das geplante Produktportfolio elektrifizierter Pkw der Marke Porsche bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Porsche						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
						
Panamera/MSB/F	Taycan cross turismo/K1/E		Panamera/MSB/F		Taycan II/PPE?/E	
						
Boxster/MMB/S			Boxster E/PPE/S	Cayman E/PPE/S		
						
911/MMB/S			911 Hybrid/?/S			
						
Macan/MLB evo/M-J			Macan II/PPE/M-J			

Quelle: DLF und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 51: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Porsche

Porsche führt bis 2026 insgesamt fünf neue, rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle in den Markt ein, voraussichtlich zwei weitere Modelle sind als Hybrid vorgesehen. Alle rein batterieelektrischen Modelle werden auf einer dedizierten E-Plattform (PPE) produziert.

Plattformstrategie

Porsche teilt sich im Volkswagen-Konzern mit Audi im Zuge der Elektrifizierungsstrategie die Plattformen PPE und J1 (Porsche AG, 2021a). Der Porsche Taycan baut auf der Plattform J1 auf und ermöglicht aufgrund der installierten 800-Volt-Architektur hohe Ladeleistungen. Über eine Performancevariante der Batterie kann die Reichweite beim Taycan (2021) von rund 430 km auf 480 km und beim Taycan 4S (2021) von 410 km auf 460 km erhöht werden. Die Architektur erlaubt es, einen Allradantrieb über die Nutzung von zwei E-Motoren oder einen Heckantrieb mit Nutzung nur eines E-Motors zu realisieren. Zukünftig sollen alle Sportwagen auf der mit Audi gemeinsam entwickelten Plattform basieren und so bis 2030 den Verkauf von insgesamt sieben Mio. Fahrzeugen auf dieser Plattform ermöglichen. Erstes PPE-Modell soll 2023 der elektrifizierte Porsche Macan sein. Zukünftige Plattformen sollen neben den

„klassischen“ Anforderungen bei Komponenten und Hardware stärker auf Anforderungen im Bereich Software und KI ausgerichtet sein.

Eine Übersicht über die bei der Marke Porsche genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 52.

Marke	Porsche		
Bezeichnung der Plattform	MLB (Evo) – Modularer Längsbaukasten (Evolution)	MSB – Modularer Standardantriebs-Baukasten	MMB – Modularer Mittelmotor-Baukasten
Kategorisierung der Plattform	 Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	 Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption	 Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption
Einführungsjahr der Plattform	2007 (MLB), 2018 (MLB Evo)	2016	2020
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/PL46, C6, D3, PL71, PL72	?	-/911–991 Pf.
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	2	1	2
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	-	-	?
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	15	4	2
Abgedeckte Segmente durch Plattform	D, E, F	F	S
Bezeichnung der Plattform	J1 – Performance-Plattform	PPE – Premium Platform Electric	SSP – Scalable System Platform
Kategorisierung der Plattform	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Dedizierte Elektroplattform (BEV)
Einführungsjahr der Plattform	2019	2022	2025
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/-	MLB Evo/-	MEB, PPE, J1/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	0	0	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	1	4	2
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	1	0	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	F	D, E, F	A, B, C, D, E, F, S

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 52: Fahrzeugplattformen der Marke Porsche

5.6.4 BMW AG

Übersicht

Die BMW AG besitzt weltweit 31 Produktionsstandorte, 13 in der EU, acht davon in Deutschland. In 13 Ländern besitzt der Konzern außerdem Forschungs- und Entwicklungsstandorte. Rund 121.000 Mitarbeiter:innen (Stand 2020) arbeiten weltweit für BMW, wovon knapp 109.000 im Segment „Automobile“ beschäftigt sind (BMW AG, 2021a). Ca. 81.000 Mitarbeiter:innen arbeiten an deutschen Standorten. Zu BMWs Kernmärkten zählen Europa (ca. 39 %), China (ca. 34 %), USA (ca. 13 %) und Japan (ca. 3 %) (BMW AG, 2021b). Die Neuzulassungszahlen betragen im Jahr 2020 in der EU ca. 913.000 Fahrzeuge, in China ca. 778.000, in den USA ca. 307.000 und in Japan ca. 62.000. Insgesamt wurden ca. 2,33 Mio. Fahrzeuge weltweit verkauft.

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Übergeordnetes Ziel der BMW AG ist es, das Unternehmen als erfolgreichsten und nachhaltigsten Premiumanbieter im Bereich der individuellen Mobilität zu etablieren. Außerdem bekennt sich BMW zum Pariser Klimaabkommen und legt das Erreichen der Klimaneutralität bis 2050 fest. BMWs strategische Schwerpunkte liegen in der Entwicklung neuer Technologien im Bereich alternative Antriebe sowie der Digitalisierung, Vernetzung und dem autonomen Fahren.

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

BMW war mit Einführung des Modells i3 im Jahr 2013 in Deutschland ein Pionier im Bereich der rein batterieelektrischen Mobilität. Die Planungen des Unternehmens sehen nun eine kontinuierliche Elektrifizierung der volumenstärksten Modelle vor, wobei 2021 erstmals ein Absatz von über einer Mio. elektrifizierter Pkw erzielt wurde. 2023 sollen 25 Modelle mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet sein und bis 2025 möchte BMW ein Viertel seines Absatzes mit elektrifizierten Pkw realisieren. Rund die Hälfte dieser geplanten Modelle soll rein batterieelektrisch sein. Bis zum Jahr 2030 sollen dann mehr als sieben Mio. elektrifizierte Fahrzeuge pro Jahr verkauft werden, zwei Drittel davon rein batterieelektrisch (BMW AG, 2021b).

BMW fokussiert auf selbst entwickelte, vollelektrische Antriebsstränge und bietet durch flexible Plattformen Fahrzeugmodelle in unterschiedlichen Segmenten an. Ein Datum für einen vollständigen Ausstieg aus der Produktion von Verbrennerfahrzeugen wurde bislang nicht kommuniziert (Köllner, 2021). Für den Ausbau des zukünftigen Elektromodellportfolios hat sich das Unternehmen bereits die Modellbezeichnungen i1 bis i9 schützen lassen (Automobilwoche, 2021b). Der i4 und der iX sind die ersten Modelle der neuen i-Reihe und werden seit 2021 angeboten. Die Hälfte der bestehenden Verbrennermodelle will BMW bis 2025 vom Markt nehmen (Schaal, 2021a), auch die Marke Mini soll in diesem Zuge bis 2030 vollständig zur Elektromarke umgewandelt werden. Bislang auf dem Markt angeboten wird der vollelektrische Mini Cooper SE.

Mit der fortschreitenden Elektrifizierung konzentriert sich BMW auf die Entwicklung von nachhaltigeren Batterietechnologien und Recyclingkonzepten. BMW bezieht die für die E-Autos benötigten Batteriezellen von Zulieferern und übernimmt die Fertigung und Montage der Batteriemodule und -systeme selbst. Durch die technologische Zusammenarbeit mit Batteriezellherstellern eignet sich das Unternehmen Kompetenzen in der Entwicklung und Auslegung unterschiedlicher Zellchemien und notwendiger Leistungseigenschaften an. Eigene Kompetenzen im Bereich der Zellfertigung will das Unternehmen weiter mit der Etablierung eines Batteriekompetenzzentrums entwickeln und stärken (Southwell, 2021). Derzeit gibt es beim Hersteller keine Pläne zum Aufbau eigener Produktionsstätten für Lithium-Ionen-Batteriezellen. BMW begründet dies u. a. mit der derzeitigen hohen Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung, auch hin zu alternativen Technologien wie der Festkörperbatterie. Dafür ist das Unternehmen u. a. in Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Zusammenarbeit mit Solid Power tätig. Darüber hinaus arbeitet BMW mit dem Batteriezellhersteller Northvolt zusammen (BMW AG, 2021a). Insgesamt will BMW für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten u. a. im Bereich elektrifizierter Antriebstechnologien, KI und automatisiertes/autonomes Fahren bis 2025 rund 30 Mrd. EUR investieren (ecomento, 2021b).

Abbildung 53 stellt das geplante Produktportfolio bei elektrifizierter Pkw der Marke BMW bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

BMW						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
 3er/CLAR/D		 i3 Limousine? (China)/CLAR-WE/D	 3er Hybrid/ CLAR-WE/D			 3er/CLAR III/D
 4er/CLAR/D	 i4/CLAR-WE/D					
 5er/CLAR/E			 5er Hybrid/ CLAR-WE/D	 i5/CLAR III/E		
 7er/CLAR/F		 i7/CLAR-WE/F				
 8er/CLAR/F		 7er Hybrid/ CLAR-WE/D				 8er/CLAR III/F
 X1/UKL 2/K-J		 X1 Hybrid/ FAAR-WE/K-J	 iX1/FAAR-WE/ K-J			
 X5/CLAR/G-J	 iX/iX/G-J	 i Hydrogen Next/ iX/G-J				
 X7/CLAR/G-J						 X7/CLAR III/G-J

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 53: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke BMW

BMW plant bis 2026 die Markteinführung von insgesamt neun neuen, rein batterieelektrischen Fahrzeugmodellen und mindestens vier weiteren Hybridmodellen. Für 2022 ist die Einführung eines wasserstoffbetriebenen Modells in Kleinserie geplant. Neun Modelle sollen als Limousine, fünf als SUV- oder Crossover-Variante erscheinen.

Marke	BMW	
Bezeichnung der Plattform	UKL 1/UKL 2 (FAAR) – untere Klasse (Frontantriebsarchitektur)	CLAR II (WE) – Cluster-Architektur (Weiterentwicklung)
Kategorisierung der Plattform		
	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option
Einführungsjahr der Plattform	2014 (UKL1), 2017 (UKL2 (FAAR))	2015 (CLAR), 2021 (CLAR WE)
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/R50, E80, L3, UKL	-/L2, L6, L7 (CLAR)
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	5	13
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	2	6
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	15	14
Abgedeckte Segmente durch Plattform	B, C	D, E, F, S
Bezeichnung der Plattform	i3	CLAR III – neue Cluster-Architektur
Kategorisierung der Plattform		
	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Elektroplattform mit ICE-/FCEV-Option
Einführungsjahr der Plattform	2013	2025
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/-	CLAR 2, UKL 2, FAAR/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	1	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	0	4
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	1	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	B	C, D, E, F

Abbildung 54: Fahrzeugplattformen der Marke BMW

Plattformstrategie

Das Unternehmen fokussiert sich derzeit auf die Entwicklung und Nutzung flexibler Multitraktionsplattformkonzepte, die unterschiedliche Antriebstechnologien – vom reinen Verbrenner bis zum reinen E-Fahrzeug – auf einer Plattform vereinen (Vogel und Olle, 2019). Begründet wird dies damit, dass sich das Unternehmen durch flexible Architekturen und damit einhergehende Freiheitsgrade in der Produktion schneller an volatile Marktbedingungen und -umfelder anpassen kann. Gleichzeitig aber können die Multitraktionsplattformen Vorteile von E-Fahrzeugen in Bezug auf z. B. Package oder Platzverhältnisse im Innenraum nicht vollumfänglich realisieren.

Diese Multitraktionsstrategie wird über die Plattformen CLAR-WE (Cluster-Architektur Weiterentwicklung) und FAAR-WE (Frontantriebsarchitektur-Weiterentwicklung) umgesetzt. Beide Plattformen ermöglichen die Produktion konventioneller Modelle in Verbindung mit einer (Teil-)Elektrifizierung des Antriebsstrangs, auch können Brennstoffzellensysteme in das vorhandene Package integriert werden. Durch die Verwendung gleichartiger Prozesse sollen Kosten eingespart werden. Der BMW i3 stellt eine Ausnahme von dieser Strategie dar, da er auf einer reinen, dedizierten E-Plattform basiert (Hebermehl und Stegmaier, 2020).

Perspektivisch verfolgt BMW nun ebenfalls das Ziel, dedizierte E-Plattformen zu entwickeln und diese ab dem Jahr 2025 im Markt zu etablieren. U. a. in einem neuen Werk in Ungarn soll diese neue, auf vollelektrische Antriebe ausgerichtete Cluster-Architektur produziert werden (BMW AG, 2021a). Über die dann skalierbare Plattform sollen alle relevanten Fahrzeugsegmente und -leistungsstufen abgedeckt sowie auch automatisierte und autonome Fahrfunktionen ermöglicht werden.

Eine Übersicht über die bei der Marke BMW genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 54.

5.6.5 Mercedes-Benz Group AG

Übersicht

Der Pkw-Sektor wird nach einer Aufteilung und Umbenennung des Konzerns im Jahr 2022 von der Mercedes-Benz AG verantwortet. Die Kernmärkte des Unternehmens sind China mit 36 % Absatzanteil (758.000 verkaufte Fahrzeuge im Jahr 2020), Europa mit 35 % (738.000 Pkw), die USA mit 12 % (248.000 Pkw), Südkorea mit 4 % (83.000 Pkw) sowie Japan mit 2 % (41.000 Pkw). Der Gesamtabsatz lag bei ca. 2,1 Mio. Pkw (Daimler AG, 2021a). Für die Mercedes-Benz Group AG arbeiteten Stand 2020 weltweit rund 289.000 Mitarbeiter:innen, wovon (vor Umstrukturierung des Konzerns und Abspaltung von Daimler Trucks) ca. 150.000 auf das Geschäftsfeld Cars entfielen (Daimler AG, 2020a). In der EU sind rund 208.000 Mitarbeiter:innen tätig, an deutschen Standorten davon ca. 167.000 (Kaleta, 2021). Die Mercedes-Benz Group AG besitzt weltweit acht Fahrzeugwerke, wovon drei in Deutschland angesiedelt sind (Daimler AG, 2015), sieben der neun Powertrainwerke befinden sich ebenfalls an Standorten in Deutschland. Weitere fünf Montagewerke liegen im asiatischen Raum. In Baden-Württemberg existieren Werke in Stuttgart-Untertürkheim, Sindelfingen, Rastatt, Kuppenheim, Gaggenau und Affalterbach.

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Die Mercedes-Benz Group AG zählt zu den erfolgreichsten Premium- und Luxus-Pkw-Herstellern und zu den weltweit größten Herstellern von Nutzfahrzeugen. Das Unternehmen hat sich zu den „Sustainable Development Goals“ der Vereinten Nationen sowie zum Pariser Klimaschutzabkommen bekannt. Mit der neuen Unternehmensstrategie „Ambition 2039“ der Mercedes-Benz AG wurde das Ziel kommuniziert, bis 2039 CO₂-neutral werden zu wollen. Im Speziellen sollen die Pkw-Werke dafür bereits ab 2022 CO₂-neutral produzieren, u. a. durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Ziel des Unternehmens ist es auch, das eigene Produktportfolio in weniger als drei Produktlebenszyklen vollumfänglich CO₂-neutral gestalten zu können. Zudem sollen eine stärkere Ausrichtung der Marke auf das profitable Premium- und Luxussegment umgesetzt sowie eine Neuausrichtung des Produktportfolios auf E-Mobilität inkl. Digitalisierung realisiert werden. Die Mercedes-Benz AG möchte damit u. a. ihre Submarken, wie z. B. Mercedes-AMG und-Maybach, sowie die G-Klasse stärken. Diese Neuausrichtung soll Mercedes zukünftig die Realisie-

rung von hohen ein- bis zweistelligen Renditen ermöglichen. Im Rahmen der zunehmenden Elektrifizierung des Produktportfolios plant das Unternehmen künftig mithilfe von Insourcing von Technologien die Wertschöpfungstiefe zu steigern und geht zudem strategische Partnerschaften, z. B. mit dem Batteriezellhersteller CATL, ein (Daimler AG, 2021b).

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Aus der Strategie „Ambition 2039“ geht hervor, dass die Mercedes-Benz AG im Bereich der E-Mobilität und Digitalisierung eine führende Position auf dem Markt einnehmen möchte (Daimler AG, 2021b). In diesem Zuge hat das Unternehmen die strategische Ausrichtung „Electric First“ definiert, die auf eine kontinuierlich zunehmende Elektrifizierung der Fahrzeuge abzielt. Diese Ausrichtung wurde im Juli 2021 zu „Electric Only“ umgewandelt und soll so die Transformation des Unternehmens hin zu einem Anbieter von reinen Elektrofahrzeugen und Digitalisierungstechnologien beschleunigen (Daimler AG, 2021a). So ist es Ziel, bis 2022 in allen aktuell vertretenen Segmenten rein batterieelektrische Pkw-Modelle zu etablieren, ab 2025 sollen alle neuen Fahrzeugarchitekturen dediziert elektrisch sein. Als einziger deutscher OEM hat sich das Unternehmen auf der Weltklimakonferenz in Glasgow 2021 zudem zu einem Verzicht auf die Nutzung von Verbrennungsmotoren ab 2040 bekannt (Grabitz, 2021). Das Unternehmen definiert den chinesischen Markt in Bezug auf die zunehmende Elektrifizierung des Produktportfolios als besonders relevant. Um in China mehr E-Autos abzusetzen, sollen dort vor Ort künftig mehr Modelle lokal gefertigt werden (Gerster, 2021b). Unter anderem werden dafür die Modelle EQA, EQB und EQE der EQ-Serie in China produziert.

Rund 40 Mrd. EUR sollen für die Entwicklung neuer, rein elektrischer Fahrzeuge bis 2030 investiert werden, während gleichzeitig Investitionen in die Weiterentwicklung von Technologien des Verbrennungsmotors bis 2026 um 80 % reduziert werden sollen (Daimler AG, 2021a). Im Jahr 2025 sollen mehr als 50 % der Modelle elektrifiziert sein mit der Tendenz, bis 2030 die konventionelle Antriebsform – wo möglich – vollständig abzulösen. Ebenfalls sollen die Submarken AMG und Maybach elektrifiziert werden, die Marke Smart ist derzeit schon konsequent auf elektrische Antriebe ausgerichtet (Daimler AG, 2021c). Das Produktportfolio von Mercedes-Benz besteht im Jahr 2021 aus bereits mehr als 25 Plug-in-Hybrid- und rein batterieelektrischen Modellen. Bis 2030 werden diese über verschiedene Segmente hinweg auf mehr als 40 Modelle er-

weitert. Gleichzeitig sollen die Verbrennungsmotorvarianten um 70 % reduziert werden (Daimler AG, 2021a).

Das Unternehmen möchte mittelfristig ebenfalls keine Pkw mehr mit Schaltgetriebe ausstatten. Um das Know-how und die Wertschöpfungstiefe bei elektrifizierten Antrieben zu steigern, akquiriert die Mercedes-Benz AG den E-Motorenspezialisten YASA. So ist geplant, die nächste E-Motoren-Generation inkl. Inverter- und Hochvolt-Technologien in Eigenverantwortung zu entwickeln. Im Bereich der Batterietechnologie betreibt das Unternehmen eigene Forschung und Entwicklung und geht strategische Kooperationen z. B. mit CATL, Farasis und Sila Nano ein (Daimler AG, 2020b). Mercedes steigt außerdem in die deutsch-französische Batterieallianz Automotive Cells Company (Stellantis und Totalenergies) mit ein (Hensolt, 2021). Insgesamt plant das Unternehmen den Aufbau von acht Batteriefabriken im Umfang von ca. 200 GWh Gesamtkapazität pro Jahr und will die gemeinsame Zellentwicklung mit Partnern vorantreiben (Daimler AG, 2021a). Neun weitere Werke zur Herstellung von Batteriesystemen sind ebenfalls geplant. Eine neu entwickelte Batterie soll für 90 % aller Fahrzeuge genutzt werden können. Im Bereich der Fahrzeugsoftware nutzt Mercedes ein eigens entwickeltes Betriebssystem, das ab 2024 etabliert werden und neue digitale Geschäftsmodelle sowie Over-the-Air-Updates gewährleisten soll. Ziel ist es, eine führende Position im Bereich der Fahrzeugsoftware zu erreichen. Neben der E-Mobilität verfolgt der Konzern auch die Weiterentwicklung der Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie weiter (Daimler AG, 2021d).

Abbildung 55 stellt das geplante Produktportfolio elektrifizierter Pkw der Marke Mercedes-Benz bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Mercedes-Benz plant, bis 2026 elf neue BEV-Modelle in den Markt einzuführen, hierunter auch die bereits vorgestellten Mercedes-Benz Modelle EQS und EQE aus dem Jahr 2021. Neun der elf BEV-Modelle bauen auf dedizierten Elektroplattformen auf (EVA 2 und MMA). Die zwei BEV-Modelle EQA und EQB aus dem Jahr 2021 basieren dagegen noch auf einer Verbrennerplattform (EVA 1.5). Das Unternehmen deckt mit den neuen Modellen die Segmente C, D, E, F und S ab. Vier BEV sollen als Limousinen erscheinen, weitere sechs werden als kleine bis große Geländewagen und SUV bzw. als Crossover bis 2025 geplant. Das ab dem Jahr 2026 geplante Modell ist bzgl. des Aufbaus der Karosserie bzw. des Hutbauteils noch nicht weiter definiert.

Mercedes-Benz						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
						?
CLAR/MFA II/C						CLAR/MMA/C
						
C-Klasse/MFA II/D				C-Klasse (EQ?)/ MMA/D		
						
E-Klasse/MRA/E	EQE/EVA II (MEA)/E					
						
S-Klasse/MRA II/F	EQS/EVA II (MEA)/F	AMG EQS/EVA II (MEA)/F				
						
GLA/MFA II/K-J	EQA/EVA 1.5/K-J					
						
GLB/MFA II/M-J	EQB/EVA 1.5/M-J			SUL?/MMA/tbd		
						
GLE/MHA/G-J		EQE SUV/EVA II (MEA)/G-J				
						
G-Klasse/?/G-J			EQG/EVA II?/G-J			
						
GLS/MHA/G-J		EQS SUV/EVA II (MEA)/G-J				

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 55: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Mercedes-Benz

Marke	Mercedes-Benz			
Bezeichnung der Plattform	MFA (2) – Modular Front Architecture	MRA (2) – Modular Rear Architecture	MHA – Mercedes High Architecture	MSA – Mercedes Sports Architecture
Kategorisierung der Plattform	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption
Einführungsjahr der Plattform	2021 (MFA), 2018 (MFA 2)	2014 (MRA), 2020 (MRA 2)	2014	2022
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/MFA	-/W204, W218, W212, X204, W211, W221, C216, (MRA I)	-/W166	R231, C190/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	5	6	2	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	1	2	?	3
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	5	6	2	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	C	D, E, F	SUV	S
Bezeichnung der Plattform	EVA 1 – Electric Vehicle Architecture	EVA 1.5 – Electric Vehicle Architecture	EVA 2 – Electric Vehicle Architecture	MMA – Mercedes Modular Architecture
Kategorisierung der Plattform	Verbrennerplattform mit BEV-Option	Verbrennerplattform mit BEV-Option	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Elektroplattform mit ICE-/FCEV-Option
Einführungsjahr der Plattform	2020	2021	2021	2024
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	MFA (2)/-	MFA (2)/-	EVA 1, EVA 1.5, MRA, MRA 2, MHA/-	MFA (2)/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	1	0	0	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	-	2	4	3
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	1	0	0	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	0	C, D	E, F	C, D

Abbildung 56: Fahrzeugplattformen der Marke Mercedes-Benz

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Plattformstrategie

Bei Mercedes-Benz kommen im Zuge der zunehmenden Elektrifizierung unterschiedliche Plattformen zum Einsatz. Mit Einführung des Modells EQC im Jahr 2019 wurde die auf einer bereits bestehenden, auf konventionellen Antrieben basierenden Plattform „Modular Rear Architecture“ (MRA) entwickelt (Daimler AG, 2020c; Jeß, 2017). Auch die überarbeitete Version, die die beiden Modelle EQA und EQB nutzen, basiert auf der ursprünglichen Verbrennerplattform. Das Unternehmen nutzt diese Architektur im Übergang zur vollständigen Elektrifizierung, um Kostenvorteile durch die Flexibilität in der Produktion und eine hohe Auslastung der Werke zu ermöglichen (Specht, 2019).

Parallel wird mit der EVA-Plattform („Electric Vehicle Architecture“), die für große Hightech- sowie Performance- und Luxusmodelle ausgelegt ist, eine dedizierte Elektroplattform geschaffen. Sie wird auch als Modulare Elektro-Architektur (MEA) bezeichnet, die hoch flexibel ist und verschiedene Fahrzeugvarianten wie Limousinen oder SUV mit verschiedenen Leistungsstufen und Reichweiten zulässt. Auch eine Plattform für Kompakt- und Mittelklassewagen namens „Mercedes Modular Architecture“ (MMA) soll realisiert werden (Daimler AG, 2020c). Diese Plattform ist priorisiert für E-Autos ausgelegt, jedoch können im Vorderwagen kleine Verbrennungsmotoren – z. B. als Range Extender – eingesetzt werden (Stegmaier und Harloff, 2021). Erste Modelle werden voraussichtlich ab 2024 in den Markt eingeführt.

Ab 2025 soll das Portfolio auf insgesamt drei dedizierte E-Plattformen umgestellt werden (Daimler AG, 2021a): Die erste Plattform „MB.EA“ deckt mittelgroße bis große BEV ab. Die Architektur ist modular und skalierbar konzeptioniert. Die zweite Plattform „AMG.EA“ ist eine E-Plattform, die auf Performance speziell für Mercedes-AMG-Modelle ausgelegt ist. Mit der dritten Plattform „VAN.EA“ wird auch das Nutzfahrzeugsegment abgedeckt. Fahrzeuge der Marke Smart werden zukünftig in Kooperation mit dem chinesischen Automobilhersteller Geely auf einer neuen dedizierten Elektroplattform „Sustainable Experience Architecture“ (SEA) aufbauen.

Eine Übersicht über die bei der Marke Mercedes-Benz genutzten und geplanten Plattformen ist in Abbildung 56 dargestellt.

5.6.6 Groupe Renault

Übersicht

Renault und Nissan sind seit 1999 Teil einer strategischen Partnerschaft, die im Jahr 2016 um den Automobilhersteller Mitsubishi erweitert wurde (Renault, 2021). Die Allianz der Automobilhersteller dient generell dem strategischen Wachstum sowie der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit. Zu den Automobilmarken von Renault SA zählen Renault, Dacia, Lada, Alpine und Renault Samsung Motors. Die größten fünf länderspezifischen Märkte nach Absatz sind Frankreich, Russland, Deutschland, China und Italien. Die absatzstärksten Regionen für den Konzern 2020 waren Europa mit 39 % (1,45 Mio. Pkw), gefolgt von Eurasien mit 20 % (0,74 Mio. Pkw, inkl. Osteuropa, Russland, Türkei, zentralasiatische Staaten) und Afrika mit 9 % (0,35 Mio. Pkw). Der gesamte Absatz betrug weltweit 3,75 Mio. Fahrzeuge. Für den Konzern sind derzeit rund 170.000 Mitarbeiter:innen weltweit beschäftigt, ein Großteil der Arbeitnehmer:innen in Europa (40 %). Weitere 40 % sind in o. g. eurasischen Gebieten arbeitstätig, nur 0,6 % in China. Das Produktionsnetzwerk des Konzerns besteht aus insgesamt 44 Produktionsstätten in 13 Ländern. In Frankreich befinden sich die meisten Werke (zwölf Produktions- und Assembly-Werke), in Deutschland dagegen keins (Groupe Renault, 2021).

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Die Allianz verfolgt eine Standardisierungsstrategie, die die Entwicklung der Fahrzeugplattformen und der Fahrzeugmodelle umfasst. Die Entwicklung der Fahrzeuge wird gemeinschaftlich über das sog. „Leader-Follower“-Konzept durchgeführt, bei dem die „folgenden“ Marken das vom „führenden“ Unternehmen konzipierte Fahrzeug adaptieren. Die Fahrzeuge werden in gemeinsamen Werken hergestellt, was zu einer Reduzierung von Kosten und Investitionsaufwänden um ca. 40 % führen soll. Bis 2025 sollen ca. 50 % der produzierten Fahrzeuge nach diesem „Leader-Follower“-Prinzip entstehen.

Jede Konzernmarke wird dabei bestimmten Kernmärkten zugeordnet, so liegt Nissans Fokus auf China, Nordamerika und Japan. Renaults Fokus liegt auf Europa, Russland, Südamerika und Nordafrika und Mitsubishi Motors zielt auf die Regionen ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) und Ozeanien ab. Im Ergebnis sollen markenübergreifende Synergien realisiert werden, einhergehend mit der Aufteilung von Fixkosten.

Die Groupe Renault bekennt sich dazu, die globale Erderwärmung eindämmen zu wollen, und will hierzu die Nutzung natürlicher Ressourcen und unmittelbare Fahrzeugemissionen kontinuierlich reduzieren (Renault, 2021). Dafür richtet sich der Konzern auf die E-Mobilität aus, mit dem Ziel, eine Vorreiterrolle einzunehmen. Insgesamt soll der Kohlenstofffußabdruck der Fahrzeuge in den nächsten zwölf Jahren um 25 % gesenkt werden, bis 2050 will das Unternehmen vollständig klimaneutral werden (Renault Suisse, 2021).

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Mit Umsetzung der Strategie „RENAULUTION“ soll die Zahl der Fahrzeugplattformen sowie -antriebsstränge kontinuierlich verringert werden, um Komplexitäten zu reduzieren und Kosteneffekte realisieren zu können. Zudem soll die sog. „Time-to-Market“ bei der Entwicklung neuer Fahrzeugmodelle auf weniger als drei Jahre reduziert werden.

Der Konzern investierte zwischen 2009 und 2021 bereits 5 Mrd. EUR in die Elektrifizierung des Produktportfolios (Schlütersche Fachmedien, 2021). Eine weitere Investition von 10 Mrd. EUR soll in den nächsten Jahren folgen. Einen konkreten Plan zum Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor gibt es derzeit nicht, jedoch sieht Renault die Produktion des letzten Verbrennungsfahrzeugs in einem Zeitraum zwischen 2030 und 2035 (Köllner, 2021). Bis 2025 plant die Groupe Renault, insgesamt 24 neue Fahrzeugmodelle in den Markt einzuführen, wovon die Hälfte auf das Mittelklassesegment entfällt. Im Zuge der Elektrifizierung des Produktportfolios werden zehn dedizierte E-Autos bis 2025 etabliert, mit dem Ziel, bis dahin einen Anteil elektrifizierter Fahrzeuge von 65 % am Absatz zu erreichen (ecomento, 2021c). Bis 2030 plant der Konzern mit einem Absatz vollelektrischer Fahrzeugmodelle von ca. 90 %.

Ebenfalls bis 2030 ist es Ziel des Unternehmens, die Kosten zur Herstellung und Produktion von Batteriesystemen um 60 % zu senken, die von E-Motoren um ca. 30 %. Mit dem neuen Industriecluster „Renault ElectriCity“ in Nordfrankreich und eine „E-Powertrain MegaFactory“ in der Normandie sowie Partnerschaften mit Envision AESC zur Errichtung einer Batteriefabrik u. a. im nordfranzösischen Douai werden die Aktivitäten zur Elektrifizierung des Produktportfolios beschleunigt und ausgebaut (Kapazität bis 2030: 43 GWh in Douai, 20 GWh im Süden Frankreichs) (Werwitzke, 2021a). Der Konzern will eine Batteriefertigung „Made in France“ etablieren und entwickelt zuzüglich zur Kernbatterietechnologie (NCM-Batterien:

Nickel, Kobalt und Mangan) mit dem Start-up Verkor Hochleistungsbatterien, die ab dem C-Segment sowie in sportlichen Fahrzeugen eingesetzt werden sollen. Weitere Partnerschaften bestehen mit ST Microelectronics, Whylot, LG Chem und Envision AESC.

Auch einen Ausbau der Wertschöpfungskette im Bereich der Leistungselektronik sieht die Groupe Renault vor. Ein neues, kompaktes Design soll eine plattform- sowie antriebsstrangübergreifende Nutzung ermöglichen. Ein „All-in-One-System“ soll zukünftig E-Motor, Untersetzungsgetriebe sowie die Leistungselektronik in einem hochintegrierten Modul bündeln, um höhere Volumen-, Energie- und Kosteneffizienzen zu ermöglichen. Im Bereich Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie plant Renault ein Joint-Venture namens „Hyvia“ mit Plug Power und möchte diese Technologie in künftigen leichten Nutzfahrzeugen etablieren (Schaal, 2021b).

Nissan nimmt innerhalb der Gruppe die Führungsrolle in der Entwicklung von Technologien für das autonome Fahren ein. Technologien für das vernetzte Fahren werden Renault sowie Nissan gemeinsam nutzen. Der Konzern bündelt seine Kompetenz und fokussiert sich u. a. auf Entwicklungen im Bereich Cybersicherheit und KI.

Abbildung 57 stellt die derzeit bekannten Pläne für das Produktportfolio elektrifizierter Pkw der Marke Renault bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Renault						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
 Twingo/Edison/A					 R4/CMF-B-EV/ K-J	
 Zoe/CMF-B/B			 R5/CMF-B-EV/K-J			
 Megane/ CMF-C/D/C		 Megane E-Tech Electric/CMF-EV/C				
 Capture/CMF-B/ Ko-J	 Zadar/CMF-EV/ Ko-J					

Abbildung 57: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Renault

Quelle: DLF und IMU, eigene Darstellung

Renault will bis 2026 insgesamt vier neue, rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf den Markt bringen, eines davon soll als Limousine, drei als SUV- oder Crossover-Modelle erscheinen.

Plattformstrategie

Das Unternehmen steigert die Effizienz der elektrifizierten Pkw-Flotte durch eigenentwickelte Fahrzeugplattformen (ecomento, 2021c). Für das Mittelklassesegment kommt die E-Plattform „Common Module Family – Electric Vehicle (CMF-EV)“ zum Einsatz. Rund 700.000 Fahrzeuge sind konzernweit bis 2025 auf dieser Architektur geplant. Die Plattform ist hoch modular und skalierbar und soll für alle relevanten Fahrzeugsegmente genutzt werden können (Vision Mobility, 2019). Das Unternehmen verfolgt hier die Strategie der dedizierten E-Plattform, die ausschließlich für BEV entwickelt wird. Reichweiten von mehr als 500 km sollen damit ermöglicht werden.

Eine weitere E-Plattform, die allerdings von einer bisherigen Verbrennerplattform abgeleitet wurde, ist die CMF-B-EV (Schaal, 2021c). Den Prototyp für diese Plattform stellt das Fahrzeugmodell „Renault 5“ dar. Ab 2023 soll diese elektrifizierte

Plattform zum Einsatz kommen und insbesondere das B-Segment abdecken. Im Vergleich zur Produktion des aktuellen Fahrzeugmodells Renault Zoe sollen hierbei Kostenvorteile i. H. v. ca. 33 % entstehen und Reichweiten von bis zu 400 km ermöglicht werden.

Eine Übersicht über die bei der Marke Renault genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 58.

Marke	Renault		
Bezeichnung der Plattform	Edison	CMF-A(+)/-B/-C/-D – Common-Module-Family- A(+)/-B/-C/-D	CMF-C – Common-Module-Family- C
Kategorisierung der Plattform	 Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	 Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	 Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption
Einführungsjahr der Plattform	2010	A 2015/A+ 2019/B 2019/ C/D 2013	2021
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/-	-/B/V/B0/M0/C/D	?
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	1	15	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	?	?	?
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	3	32	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	A	A, B, C, D	C (speziell Crossover)
Bezeichnung der Plattform	CMF-EV – Common Module Family Electric Vehicles	CMF-B-EV – Common Module Family B-Segment Electric Vehicles	
Kategorisierung der Plattform	 Dedizierte Elektroplattform (BEV)	 Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	
Einführungsjahr der Plattform	2021	2023	
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	CMF-B, CMF-A+, CMF-C, CMF-B-EV, CMF-C/-D/-	CMF-B/-	
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	0	0	
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	1	?	
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	0	0	
Abgedeckte Segmente durch Plattform	B, C, D	B	

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 58: Fahrzeugplattformen der Marke Renault

5.6.7 Tesla Inc.

Übersicht

Seit Unternehmensgründung im Jahre 2003 entwickelt und produziert Tesla Inc. rein batterieelektrische Fahrzeuge, zuerst für das Premium-, später auch für das Volumensegment. Hergestellt werden die Fahrzeugmodelle derzeit im Stammwerk Fremont, USA, im niederländischen Tilburg und im chinesischen Shanghai. Eine Gigafactory am Standort in Nevada produziert Batterien und weitere Fahrzeugkomponenten der E-Autos (Tesla, 2021). Insgesamt arbeiten rund 71.000 Mitarbeiter:innen weltweit in den Geschäftsbereichen „Automotive“ und „Energy Generation and Storage“. Das Unternehmen setzt derzeit eine Erweiterung der eigenen Produktionsstandorte um, so ist u. a. eine Batterie-Gigafactory inkl. Automobilproduktion am deutschen Standort Grünheide in Brandenburg geplant (Berlin Online, 2021). Zu Teslas wichtigsten Märkten 2020 zählten die USA mit 41 % Absatzanteil (ca. 204.000 verkaufte Pkw), China mit 30 % (ca. 148.000 Pkw) sowie Europa mit 20 % (ca. 99.000 Pkw) (Teslamag, 2021). Der Gesamtabsatz 2020 betrug ca. 500.000 Fahrzeuge. Wichtige europäische Märkte sind Norwegen, Niederlande, Großbritannien und Deutschland (SH, 2020).

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Das übergeordnete strategische Ziel des Unternehmens ist es, den Übergang zu einer nachhaltigen Energienutzung insgesamt zu beschleunigen und die Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen zu reduzieren. Hierfür entwickelt und produziert Tesla rein batterieelektrische Fahrzeuge und vertreibt diese ausschließlich im Direktvertrieb. Weiterhin produziert das Unternehmen skalierbare Stromerzeugungs- und Stromspeicherprodukte und investiert in den Aufbau eines eigenen Schnellladernetzwerks (Tesla Germany, 2021).

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Teslas Innovationsstrategie hat die Entwicklung von anpassungsfähigen, energie- und kosteneffizienten elektrischen Antriebssträngen und des gesamten Ökosystems (inkl. Energiegewinnung und -bereitstellung) zum Ziel (Tesla, 2021). Tesla

besitzt zudem umfangreiche Kompetenzen im Bereich der Fahrzeugsoftware und entwickelt für die Leistungs- und Sicherheitssysteme sowie Infotainmentfunktionen Software selbst. Regelmäßiges Aktualisieren der Software erfolgt mittels Over-the-Air-Updates. Auch das autonome Fahren wird von Tesla stetig vorangetrieben. Hierfür verwendet das Unternehmen radarbasierte Sensoren sowie Bildverarbeitung und eigens entwickelte Computerhardware für die Datenverarbeitung. Zukünftig soll ein autonomes Ride-Hailing-Netzwerk²⁰ etabliert werden.

Tesla verfügt bereits heute beim Batteriesystem, der wichtigsten Komponente im elektrifizierten Antriebsstrang, über eine im Vergleich große Wertschöpfungstiefe. Das Unternehmen führt von der Batteriemodulfertigung bis hin zur Batteriesystemintegration alle Prozesse in Eigenfertigung durch (Yilmaz und Kehler, 2020). Ausschließlich die Zellen werden derzeit innerhalb eines Joint-Ventures mit Panasonic gefertigt, wobei die stetige Weiterentwicklung der Batteriezelle und ihrer Leistungseigenschaften ebenfalls Teil der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Unternehmens ist (Eckl-Dorna, 2020). So arbeitet das Unternehmen z. B. an neuen Zellchemien und -formaten und möchte diese in Zukunft verstärkt in Eigenfertigung produzieren, aber auch weiterhin in Zusammenarbeit mit Zulieferern wie Panasonic und LG Chem herstellen (Teslamag, 2020a). In der neu geplanten Gigafactory in Grünheide bei Berlin sollen neben Fahrzeugen ebenfalls Batteriezellen produziert werden (Harloff, 2021). Hierfür sind vorerst 100 GWh Batteriekapazität pro Jahr geplant, die in Zukunft auf bis zu 250 GWh erweiterbar sein sollen. Rund sechs Mrd. EUR investiert Tesla in den Ausbau der Fabrik (Berlin Online, 2021). Durch eine Investition von 100 Mio. Dollar hat Teslas strategischer Partner Panasonic die Kapazität der Batterie-Gigafabrik in Nevada bereits auf jährlich rund 39 GWh erweitert (Werwitzke, 2020a). Mit dem sog. Tesla Supercharger-Netzwerk bietet das Unternehmen an ausgewählten Standorten Hochleistungsladesysteme an (Tesla, 2021).

Tesla verbaut eine Vielzahl der Komponenten modellübergreifend, wodurch das Unternehmen Skaleneffekte nutzbar machen kann. Das Unternehmen möchte zuzüglich der bereits etablierten Fahrzeugmodelle das Produktportfolio zukünftig um weitere Pkw sowie auch um Nutzfahrzeuge erweitern. Ab 2023 möchte das Unternehmen auch einen batterieelektrischen Kleinwagen anbieten (Finke, 2021).

20 | Personenbeförderung mit privaten Pkw, buchbar über Apps wie z. B. Uber, Lyft o. ä.

Weiterhin ist das Unternehmen mit Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten u. a. in den Bereichen automatisiertes/autonomes Fahren, neuronale Netzwerke, Ladetechnologien sowie Human-Machine Interfaces (HMI) aktiv. Teslas Ziel bis 2030 ist es, insgesamt 20 Mio. BEV weltweit abzusetzen (Burkert et al., 2021). Folgende Abbildung stellt das geplante Produktportfolio elektrifizierter Pkw der Marke Tesla bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Das Unternehmen plant, insgesamt fünf neue, rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf den Weltmärkten zu etablieren. Im Jahr 2021 ist das SUV Model Y erschienen, das auf der gleichen dedizierten E-Plattform wie das Model 3 aufbaut. Auf der gleichen Plattform soll zudem 2022 ein neues Roadster-Modell etabliert werden. Ebenfalls 2022 will Tesla den rein elektrischen Cybertruck als Pick-up-Modell auf einer neuen Plattform in den Markt einführen. Im Jahr 2023 könnte zudem noch ein BEV-Kleinwagen das Produktangebot erweitern (Model 1 oder Model 2). Das Unternehmen will dadurch Fahrzeugsegmente bedienen, in denen es bislang nicht vertreten ist (B, S, Pick-up).

Plattformstrategie

Tesla verfolgt seit Gründung des Unternehmens die Strategie der Entwicklung nur dedizierter Elektroplattformen (Morris, 2020). In diesem Zug hat Tesla u. a. die sog. Skateboard-Architektur mitgeprägt und im Fahrzeugmodell Model S verbaut. Hierbei ist die Batterie im gesamten Fahrzeugboden zwischen Vorder- und Hinterachse installiert, der E-Motor ist zwischen den Hinterrädern positioniert.

Das Unternehmen nutzt seine Plattformen modellübergreifend. So baut z. B. das 2021 etablierte Model Y auf dem Model 3 auf (Tesla, 2021). Die derzeit von fast allen OEM ebenfalls praktizierte Skateboard-Architektur will Tesla weiterentwickeln, so dass die Batteriemodule zukünftig als Strukturelement direkt im Fahrzeugrahmen verbaut werden können. Ziel dabei ist es, den Materialeinsatz zu optimieren und zusätzlichen Bau- raum nutzbar machen zu können (Teslamag, 2020b). Für diese Architektur soll die neu entwickelte, größere Batteriezelle „4680“ zum Einsatz kommen, die laut Aussage des Unternehmens zudem effizienter und kostengünstiger in der Produktion sein soll.

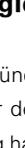
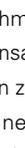
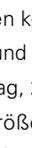
Tesla						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
„kein direkter Vorgänger“			 Model 1/2/ Plattform Model 3/B			
 Roadster/ Lotus Elise/S		 Roadster/Plattform Model 3/S				
„Kein direkter Vorgänger“	 Model Y/Plattform Model 3/G-J					
„Kein direkter Vorgänger“		 Cybertruck/neue Plattform/Pick-up				

Abbildung 59: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Tesla

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Marke	Tesla	
Bezeichnung der Plattform	Tesla 3/Y	Tesla S/X
Kategorisierung der Plattform	 Dedizierte Elektroplattform (BEV)	 Dedizierte Elektroplattform (BEV)
Einführungsjahr der Plattform	2017	2012
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/-	-/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	1	2
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	3	?
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	1	2
Abgedeckte Segmente durch Plattform	D	E

Abbildung 60: Fahrzeugplattformen der Marke Tesla

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Eine Übersicht über die bei der Marke Tesla genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 60.

5.6.8 Ford Motor Company

Übersicht

Die Ford Motor Company (Ford) vertreibt Pkw, Lkw und weitere Nutzfahrzeuge. Zu den Pkw-Marken zählen Ford und Lincoln, wobei Letztere speziell das Luxus-Segment bedient. Neben dem Geschäftsbereich „Automotive Segment“ gehören auch die Bereiche „Mobility Segment“ und „Ford Credit Segment“ zum Unternehmen. Ford gehören weltweit rund 186.000 Mitarbeiter:innen an, wovon im Automotive Segment ca. 170.000, die meisten davon in den USA (ca. 101.000), tätig sind. Ein weiterer wesentlicher Teil arbeitet in der EU (ca. 43.000), rund 24.000 Mitarbeiter:innen sind an deutschen Standorten tätig (Ford, 2019). Zu den wichtigsten Absatzmärkten zählten 2020 Nordamerika (2,08 Mio. Pkw), Europa (1,02 Mio. Pkw), China (0,61 Mio. Pkw) und Südamerika (0,18 Mio. Pkw), insgesamt betrug der Pkw-Absatz 2020 5,39 Mio. Fahr-

zeuge (Ford, 2021a). Produziert werden die Fahrzeuge an 54 Produktionsstätten weltweit. In Deutschland werden in vier Werken Komponenten und Fahrzeuge hergestellt, u. a. in Köln und Saarlouis.

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Das Unternehmen hat sich im Zuge einer nachhaltigen Mobilität verpflichtet, bis 2050 vollständige CO₂-Neutralität zu erreichen. Das Unternehmen will sowohl das eigene Modellportfolio klimaneutral gestalten als auch die im Rahmen der Fahrzeugproduktion erzeugten Emissionen auf null reduzieren und bis 2035 lokal erzeugte erneuerbare Energien in der gesamten Produktion einsetzen. Im Rahmen der neuen strategischen Ausrichtung „The Plan“ von 2020 möchte Ford sein Automobilgeschäft reformieren. Die Unternehmenstransformation soll beschleunigt und das Wachstum gestärkt werden. Hierfür sollen bisherige Strukturen modernisiert und Prozesse verschlankt werden. Damit einhergehend sind ebenfalls ein größerer Qualitätsanspruch und Kostensenkungen sowie die

Generierung größerer Kundenzufriedenheit. Mit dieser Unternehmenstransformation möchte Ford eine führende Position auch im Bereich der Elektromobilität einnehmen. Das zukünftige Produktportfolio soll bereinigte EBIT-Margen von 8 % ermöglichen (Ford, 2020).

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Die Elektrifizierungsstrategie des Unternehmens fokussiert insbesondere auf die Märkte Nordamerika, Europa und China. 2026 soll in der EU das Pkw-Produktportfolio des Unternehmens zu großen Teilen emissionsfrei sein. Hierzu werden verstärkt BEV sowie PHEV in den Markt eingeführt. Bis 2030 soll dann ein vollständiger Wechsel zur Entwicklung und Produktion nur noch rein batterieelektrischer Fahrzeuge stattfinden.

Ford plant, die Modellreihen über alle Segmente hinweg zu elektrifizieren, so auch Sportwagen (z. B. Mustang), SUVs und Pick-ups wie die F-Serie (Dorf, 2020). Dies gilt auch für die Marke Lincoln und zudem für das Produktangebot im Bereich Nutzfahrzeuge. Bis Mitte des Jahrzehnts sollen mindestens neun rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf dem Markt etabliert werden (Crain, 2021). Die Roadmap „Ford+“ dient hierfür als strategischer Wegweiser und Grundlage der Elektrifizierungsaktivitäten des Unternehmens (Werwitzke, 2021b).

Parallel dazu ist eine Erhöhung der geplanten Investitionen in Technologien der Elektrifizierung von 22 Mrd. EUR auf ca. 30 Mrd. EUR bis 2025 geplant. Weitere ca. 6 Mrd. EUR will Ford in die Entwicklung von automatisierten und autonomen Fahrfunktionen investieren. Hierzu arbeitet Ford z. B. zusammen mit dem Technologiepartner Argo AI.

Das Unternehmen fokussiert sich sowohl auf die Entwicklung und den Einsatz von Lithium-Ionen-Zellen mit höherer Energiedichte für den Pkw-Sektor als auch auf Lithium-Eisenphosphat-Zellen, speziell für den Nutzfahrzeugbereich. Außerdem ist Ford in der Entwicklung von Festkörperbatterien tätig und investiert hierfür in das Unternehmen Solid Power. Auch ein Joint-Venture mit SK Innovation soll das eigene Know-how in diesem Technologiefeld erweitern. Bis 2025 ist es Ziel des Unternehmens, die Batteriekosten um rund 40 % auf 100 Dollar/kWh zu reduzieren, bis 2030 sind 80 Dollar/kWh angepeilt. Ford erweitert die jährlichen Produktionskapazitäten für Batteriesysteme um insgesamt 130 GWh durch den Bau von drei neuen Batteriefabriken in den USA an den beiden Standorten Stanton, Tennessee, und Glendale, Kentucky (Conrad, 2021).

Ford investiert zudem in den Aufbau und die Erweiterung der eigenen Ladeinfrastruktur, hierfür ist Ford in Europa Teil des Gemeinschaftsunternehmens Ionity (Ford, 2021b). In Nordamerika besitzt Ford bereits das größte öffentliche Ladenetzwerk (FordPass™) mit rund 16.000 Ladeplätzen.

Abbildung 61 stellt das geplante Produktportfolio elektrifizierter Pkw der Marke Ford bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Ford will nach derzeitigem Stand bis 2026 insgesamt drei neue, rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf den Markt bringen, ein weiteres Hybridmodell ist derzeit bekannt. Ein Modell hiervon soll als Limousine, zwei als SUV- oder Crossover-Modelle und ein weiteres als Pick-up erscheinen. Die 2023 („Crossover“) und 2024 („Kompakt-Limousine“) erscheinenden Fahrzeuge sollen auf der von Volkswagen entwickelten MEB-Plattform aufbauen.

Ford						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
 Focus/C2/C				 „Kompakt-Limousine“/MEB/C		
 Mondeo/CD4/D		 Evos/C2/D				
 Ford Kuga/C2/M-J			 „Crossover“/MEB/M-J			
 F-150/P/Pick-up		 F-150 electric/?/Pick-up				

Quelle: DLF und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 61: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Ford

Plattformstrategie

Ford plant und entwickelt derzeit zwei dedizierte E-Plattformen. Eine Plattform soll künftig für große Pick-up-Trucks und SUV genutzt werden (Crain, 2021). Die zweite Plattform wird Pkw sowie Crossover-Modellen dienen. Ford nutzt hier sowohl das Chassis als auch die Komponenten – wie z. B. E-Motoren und Traktionsbatterien – plattformübergreifend, um Logistikprozesse zu verschlanken und Kostensenkungen über Skaleneffekte zu ermöglichen.

Das erste BEV-Modell des Unternehmens, der „Mustang Mach-E“, basiert bereits auf einer dedizierten E-Plattform namens „Global Electrified“ (GE1). Die für 2023 geplante Weiterentwicklung dieser Plattform „GE2“ soll nicht nur für neue Ford-Pkw, sondern auch für die der Marke Lincoln genutzt werden. Die Plattform ist modular und flexibel ausgelegt, so dass z. B. über die zusätzliche Installation eines E-Motors neben Heck- auch Allrad-Antrieb realisiert werden kann (Knecht, 2021a). Fast alle künftigen E-Autos des Konzerns sollen auf dieser Plattform basieren.

Das Unternehmen kooperiert mit Volkswagen und will die MEB-Plattform zur Entwicklung eigener Fahrzeugmodelle nutzen. Für 2023 ist geplant, am deutschen Standort in Köln ein elektrisches Kompakt-SUV auf MEB-Basis zu produzieren (Knecht, 2021b). Im Gegenzug will Volkswagen zukünftig leichte Nutzfahrzeuge auf Ford-Plattformen aufbauen. Den Standort selbst will das Unternehmen mit Investitionen i. H. v. ca. 825 Mio. EUR in das sog. „Ford Cologne Electrification Center“ umbauen. Über den gesamten Lebenszyklus ist geplant, ca. 600.000 BEV am Standort zu produzieren, neben o. g. Kompakt-SUV könnte auch ein weiteres rein elektrisches Fahrzeugmodell am Standort produziert werden.

Des Weiteren wurde 2022 eine erste Generation des vollelektrischen „F-150 Lightning“-Pick-ups auf den Markt gebracht. Hierfür wird eine stark vom konventionellen F-150 abgewandelte Plattform genutzt. Ab 2025 könnte dann die neue „TE1-Plattform“ weitere elektrische Lightning- und Lincoln-Modelle sowie Nutzfahrzeuge tragen (Crain, 2021). Nicht ausgeschlossen wird eine zukünftige Nutzung der Plattformen des E-Auto-Start-ups Rivian für weitere Pick-up-Modelle.

Eine Übersicht über die bei der Marke Ford genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 62.

Marke	Ford		
Bezeichnung der Plattform	B3 – Small Car	CD4 – Midsize/Fullsize Car	C2 – Compact Car
Kategorisierung der Plattform			
	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption
Einführungsjahr der Plattform	2002	2012	2018
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	Ford B	CD3	C1
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	2	4	5
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	?	-	3
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	2	8	6
Abgedeckte Segmente durch Plattform	A, B	D, E	A, B, C, D
Bezeichnung der Plattform	GE – Global Electrified	MEB – Modularer E-Antriebs-Baukasten	GE2 – Global Electrified 2
Kategorisierung der Plattform			
	Verbrennerplattform mit BEV-Option	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Verbrennerplattform mit BEV-Option
Einführungsjahr der Plattform	2020	2020	2023
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	C2, CD6/-	C2	GE/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	1	0	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	?	2	1
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	1	0	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	C	B, C, D	C/(Mid-size SUV)

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Abbildung 62: Fahrzeugplattformen der Marke Ford

5.6.9 Toyota Motor Corporation

Übersicht

Das Kerngeschäft der Toyota Motor Corporation (Toyota) besteht aus der Produktion und dem Vertrieb von Pkw sowie Minivans und Nutzfahrzeugen. Die Toyota Motor Corporation ist das Mutterunternehmen der Unternehmen Daihatsu Motor Co, Ltd. und Hino Motors, Ltd., die ebenfalls Automobile herstellen. Das Produktportfolio des Konzerns reicht vom Kleinwagen bis hin zum Mittelklasse- und Sportwagensegment. Mit der Marke Lexus hat sich Toyota im Luxussegment positioniert. Zu Toyotas Kernabsatzmärkten zählten 2020 Nordamerika (2,7 Mio. Fahrzeuge), Asien (3,8 Mio., davon Japan 2,2 Mio.) und Europa (1,0 Mio.). Insgesamt 10,6 Mio. Fahrzeuge wurden weltweit im Jahr 2020 verkauft (Toyota, 2021). Rund 366.000 Mitarbeiter:innen sind für Toyota tätig, wovon ca. 325.000 im Geschäftsfeld Automotive beschäftigt sind. Aufgeschlüsselt nach Regionen arbeiten die meisten Angestellten in Japan (204.397), gefolgt von weiteren asiatischen Ländern (66.471), Nordamerika (51.774) und der EU (24.251). Die Toyota Deutschland GmbH beschäftigt Stand 2019 knapp 900 Mitarbeiter:innen (Toyota Deutschland, 2019). Produziert werden Toyotas Fahrzeuge sowie Komponenten an 67 Standorten weltweit (Toyota, 2020). Acht Standorte befinden sich in der EU, wobei kein Produktionsstandort in Deutschland angesiedelt ist.

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Toyota möchte sich durch die Strategie „CASE“ („Connected“, „Autonomous/Automated“, „Shared“ und „Electric“) zu einem Mobilitätsunternehmen wandeln (Toyota, 2019). Ein wichtiger Teil dieser Strategie ist das Eingehen strategischer Partnerschaften bzw. Allianzen und das Teilen von in Patentschriften geschützten Erfindungen, um bestmöglich von gegenseitigem Know-how profitieren zu können. Ein Beispiel stellt die seit 2011 bestehende Kooperation mit BMW dar, um u. a. gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in den Feldern Batterie- und Brennstoffzellensysteme sowie Leichtbautechnologien umzusetzen. 2017 hat Toyota mit dem Automobilhersteller Mazda ein Joint-Venture gegründet, das sowohl auf die gemeinsame Produktion von Fahrzeugen an US-amerikanischen Standorten als auch auf die gemeinsame Entwicklung von BEV und Technologien der Fahrzeugvernetzung und -sicherheit fokussiert. Weitere strategische Bündnisse bestehen z. B. mit Suzuki, Panasonic, Denso und Isuzu. 2019 hat Toyota

24.000 Patente im Bereich der Fahrzeugelektrifizierung zur öffentlichen Verfügung gestellt (Weißenborn, 2019).

Im Zuge der aktuellen Ausrichtung des Unternehmens zielt Toyota darauf ab, die eigenen Geschäftsprozesse nachhaltig zu gestalten und als Ziel die sogenannten „Sustainable Development Goals“ und die Vorgaben des Pariser Klimaabkommens zu erreichen. Bis 2035 sollen alle Produktionsstandorte des Unternehmens CO₂-neutral werden (Toyota, 2020).

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

Im Bereich der Elektrifizierung nutzt Toyota ein diversifiziertes Antriebsportfolio, das HEV, PHEV, BEV und auch FCEV umfasst. Dabei sollen die hybridisierten Fahrzeugkonzepte kontinuierlich weiterentwickelt und um mehrere Leistungsstufen erweitert werden, während gleichzeitig auch mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen sowie rein batterieelektrische Antriebe entwickelt werden sollen. Wasserstoffbasierte Antriebstechnologien sollen zukünftig auch in Zügen, Schiffen und Generatoren eingesetzt werden.

Das Unternehmen will bis zum Jahr 2025 insgesamt 60 neue oder überarbeitete Hybrid- und Elektrofahrzeugmodelle und -varianten in den Markt einführen, was zu einem jährlichen Absatz von 5,5 Mio. (teil-)elektrifizierten Pkw führen soll, davon 15 Modelle mit rein batterieelektrischem Antrieb. Auch ein Fahrzeug mit Festkörperbatterie soll in den nächsten Jahren auf dem Markt etabliert werden. Insgesamt soll das Angebot von Fahrzeugen mit konventionellem Antriebsstrang bis 2025 auf einen Anteil von unter 10 % sinken.

Für Toyotas E-Auto-Portfolio werden bis 2030 Investitionen i. H. v. 11,5 Mrd. EUR in die Weiterentwicklung von Batterien sowie in den Ausbau einer flexiblen und robusten Lieferkette investiert (ecomento, 2021d). Das Unternehmen kalkuliert bis ins Jahr 2030 eine benötigte Batteriekapazität für E-Autos von insgesamt 200 GWh. Toyota nutzt hauptsächlich eigens entwickelte Batterietechnik und orientiert sich an einer eigenen Roadmap für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (Wertzke, 2021c). Ein Joint-Venture mit Panasonic soll ab 2022 Batterien für rund 500.000 elektrifizierte Fahrzeuge produzieren können (Neißendorfer, 2021). Des Weiteren arbeitet Toyota mit CATL sowohl in der Belieferung mit Batteriezellen als auch in der gemeinschaftlichen Entwicklung von Batterietechnologien zusammen (Baumann und Harloff, 2014).

Darüber hinaus adressiert das Unternehmen auch die Entwicklung von neuen Mobilitätsdienstleistungen und Lösungen zur Fahrzeugvernetzung. Der bislang hardwareorientierte Ansatz der Fahrzeugentwicklung soll zukünftig verstärkt einem „Software first“-Ansatz weichen (Toyota, 2019).

Abbildung 63 stellt die bislang bekannten Modelle elektrifizierter Pkw der Marke Toyota bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Toyotas Modellportfolio deckt eine Vielzahl unterschiedlicher Antriebsvarianten ab, wie aus der Darstellung des Produktportfolios ersichtlich wird. Das Unternehmen plant derzeit mit nur zwei rein elektrischen Fahrzeugmodellen, die ab 2022 und 2023 auf einer dedizierten E-Plattform (E-TNGA) etabliert werden sollen. Zusätzlich sind drei weitere Hybridmodelle bis zum Jahr 2023 geplant. Im Jahr 2015 hat das Unternehmen erstmals ein Brennstoffzellenfahrzeug (Mirai) in den Markt eingeführt, ein Nachfolgemodell im Jahr 2021 etabliert. Sowohl Hybrid- als auch Brennstoffzellenfahrzeuge bauen auf einer elektrifizierten Verbrennerplattform (TNGA) auf. Zwei der sechs geplanten elektrifizierten Modelle sind Geländewagen und SUV, das FCEV-Modell soll als Limousine realisiert werden. Insgesamt sollen noch weitere BEV auf der E-TNGA-Plattform angeboten werden, diese waren aber zum Zeitpunkt des Abschlusses dieser Studie noch nicht weiter ausdifferenziert.

Plattformstrategie

Toyota deckt über das breite Produktportfolio alle Antriebsformen und -varianten ab und will den Elektrifizierungsgrad der Modellpalette kontinuierlich steigern und ausbauen. Für die geplanten BEV nutzt das Unternehmen die dedizierte E-Plattform „E-TNGA“, die auch von den Marken Mazda, Subaru, Suzuki und Daihatsu genutzt werden kann. Die Plattform bietet die Möglichkeit, Pkw mit Front-, Heck- oder Allradantrieb auszustatten. Sie ist aufgrund von fixen und veränderlichen Schlüsselkomponenten flexibel, wodurch Fahrzeugbreite, -länge, -höhe und Radstand variieren können (Werwitzke, 2020b). Mit ihr können unterschiedliche Segmente bzw. Modellvarianten – vom Kompakt- bis hin zum SUV-Segment – realisiert werden.

Insgesamt sind markenübergreifend vorerst sechs Modelle auf der E-TNGA geplant. Modular verbaut werden Traktionsbatterien mit einer Kapazität zwischen 50 und 100 kWh, was Reichweiten bei kleinen Fahrzeugen von 300 km und bei großen Fahrzeugen bis zu 600 km ermöglicht. Ab 2025 rechnet Toyota mit der Implementierung von Festkörperbatterien in den BEV-Fahrzeugmodellen (Leichsenring, 2020). Modelle mit einem E-Motor erhalten Leistungen zwischen 80 und 150 kW, Allradvarianten verfügen über erhöhte Leistungsstufen. Die Plattform ermöglicht aufgrund von hohen Standardisierungs- und Gleichteilquoten eine schnellere Entwicklung von

Toyota						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
						
Yaris/TNGA-B/B	Yaris/TNGA-B/K-J	Corolla/TNGA-B/K-J	Aygo/TNGA-B/K-J			
						
Mirai/TNMC/E	Mirai/TNGA-L/E					
						
RAV4/TNGA-K/M-J		BZ4X/E-TNGA/M-J	BZ3X/E-TNGA/M-J			

Abbildung 63: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Toyota

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Marke	Toyota	
Bezeichnung der Plattform	TNGA (-B, -C, -F, -K, -L) – Toyota New Global Architecture	E-TNGA – Electric Toyota New Global Architecture
Kategorisierung der Plattform	Verbrennerplattform mit Hybridisierungsoption + BEV-Option	Dedizierte Elektroplattform (BEV)
Einführungsjahr der Plattform	2020 (B), 2015 (C), 2021 (F), 2017 (K), 2017 (L)	2022
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/MC, NEW B, K, New FR, Mirai PF, Land Cruiser PF, 4 Runner PF, Lexus LS PF, K PF, Turndra PF	TNGA-C, TNGA-K/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	22	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	7	1
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	32	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	B, C, D, E, F, S	C, D

Abbildung 64: Fahrzeugplattformen der Marke Toyota

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Fahrzeugvarianten und -derivaten. Die Entwicklung erfolgt gemeinsam mit Subaru (Toyota, 2019).

Erstes Modell dieser Architektur wird der bZ4X der bZ-Modellreihe (beyond Zero) 2022 sein (Doka, 2021). Generell besitzt Toyota die Möglichkeit, mit der modularen TNGA-Plattform alle Fahrzeugsegmente zu bedienen (Toyota Europe, 2019). Auch hier erweitert Toyota das Spektrum der über die Plattform abgedeckten Fahrzeugsegmente, wie z. B. mit der TNGA-B-Plattform für Kleinwagen.

Eine Übersicht über die bei der Marke Toyota genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 64.

5.6.10 BYD Co. Ltd.

Übersicht

Kern der Geschäftsaktivitäten von BYD Company Limited (BYD) ist die Produktion und der Vertrieb von Automobilen. BYD besitzt im Automobilsektor auf dem chinesischen Markt eine derzeit führende Position im Bereich alternativ betriebener Pkw. Weitere Geschäftsfelder sind „Handset Components and Assembly Business“, das z.B. Komponenten für Smartphones und Computer umfasst, sowie „Rechargeable Batteries and Photovoltaik Business“, das spezialisiert ist auf Lithium-Ionen- und Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien sowie Photovoltaikprodukte. BYD produziert weltweit an insgesamt 30 Standorten (BYD Europe, 2021). In der EU existieren sieben Produktionsstandorte, allerdings keiner davon in Deutschland. Für das Unternehmen arbeiten weltweit rund 224.300 Mitarbeiter:innen (BYD, 2020). 61 % des im Jahr 2020 erzielten Umsatzes geht auf den Kernmarkt China einschließlich Hongkong zurück. BYD bezieht Produkte von rund 14.000 Zulieferern, die zu 48 % in Süd- und zu 28 % in Westchina angesiedelt sind (BYD, 2019).

Unternehmensstrategie und Ziele in der Transformation

Das Unternehmen verfolgt seit 2008 eine Strategie der Elektrifizierung von Pkw und Nutzfahrzeugen. BYDs Bestrebungen, den Energieverbrauch zu reduzieren und die CO₂-Emissionen zu senken, realisiert das Unternehmen durch Investitionen in erneuerbare Energien und durch die Entwicklung von Effizienztechnologien und Energiemanagementsystemen (BYD, 2019). Die Implementierung des sogenannten Performance-Standards „542“ (fünf: 5 Sek. 0–100 km/h, vier: elektrischer Allradantrieb, zwei: 2 l Kraftstoffverbrauch auf 100 km) zielt dabei auf die Entwicklung technologisch fortschrittlicher und umweltfreundlicherer Fahrzeuge ab. Das Unternehmen nutzt die seit 2015 etablierte Strategie „7+4 Full Market EV Strategy“, um eine führende Position im Bereich der alternativen Antriebe zu erreichen. Die „7“ bezieht sich auf Transportanwendungen im Straßenverkehr (städtischer Nahverkehr, Taxis, Privatwagen, Reise- und Pendlerbusse, Müllwagen, städtische Güterlogistik und städtische Baulogistik), die „4“ auf den Geländeverkehr (Hafen, Lagerhaus, Bergbau und Flughafen). Innerhalb dieser Bereiche sollen elektrische Antriebsformen konventionelle ersetzen (BYD Singapore, 2021).

Ausrichtung der Innovations- und Produktstrategie

BYDs Kerntechnologien im Bereich der Elektrifizierung sind Batterien, Steuergeräte, Leistungshalbleiter und E-Motoren (BYD, 2020). Investitionen in Forschung und Entwicklung fließen sowohl in die Weiterentwicklung der Antriebstechnologien als auch in automatisierte und vernetzte Fahrfunktionen, hier in Kooperation mit Partnern. Höhe und Umfang dieser Investitionen sind jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht bekannt.

Um weitere Märkte schneller zu erschließen, plant das Unternehmen die Gründung neuer Tochtergesellschaften, die der Vermarktung des Produktportfolios dienen sollen. So hat BYD z. B. in diesem Zuge das Unternehmen Shenzhen Pingshan Fudi Battery gegründet, das das Batteriegeschäft vollständig übernimmt (Friedrich, 2021). Zukünftig soll die Batterietechnologie auch an andere OEM verkauft werden, so sind z. B. Lieferungen an die Hyundai Motor Group derzeit im Gespräch. Insgesamt plant das Unternehmen damit, die eigenen Produktionskapazitäten in der Herstellung von Batterien zu erweitern, so wurde das bereits bestehende Batteriewerk in Shenzhen (24 GWh Kapazität p. a.) um eine zusätzliche Fabrik in Bengbu erweitert. Der Neubau, in den ca. 1,2 Mrd. EUR investiert wurden, soll eine Gesamtkapazität von 20 GWh pro Jahr ermöglichen (Werwitzke, 2020c).

Nach der Markteinführung des rein elektrischen Fahrzeugmodells „Tang EV600“ in China im Jahr 2019 sollen weitere BEV im chinesischen Markt – und erstmals auch in Europa – etabliert werden. Über eine Kooperation mit RSA vertreibt BYD seine Fahrzeuge in der EU seit 2021. Die Limousine „Han EV“ ist dabei als zweites BEV-Modell vorgesehen (ecomento, 2020). Das Unternehmen will einen kontinuierlichen jährlichen Absatz von mindestens 400.000 elektrifizierten Fahrzeugen weltweit erzielen, mit einem Absatz von ca. 608.000 elektrifizierten Pkw wurde dieser Vorsatz 2021 bereits umgesetzt (Kauper, 2021).

Über ein Joint-Venture mit Toyota will das Unternehmen zudem das Produktportfolio erweitern und gemeinsame Modellreihen auf dem chinesischen Markt auf Basis von BYD-Technologien und -Plattformen produzieren (Grundhoff, 2020). Die BYD Toyota EV Technology Co., LTD. fokussiert dabei auf Fahrzeugmodelle im SUV- und Limousinensegment. Weitere Entwicklungspartner sind z. B. Mercedes-Benz (Gründung der Marke DENZA) und Didi Chuxing (Entwicklung eines BEV für Carsharing/Ride-Hailing) (Schaal, 2021e). Strategische Bündnisse

mit Horizon Robotics sollen zudem auch die Entwicklung vernetzter Fahrzeuge vorantreiben, dafür nutzt BYD die KI-Technologie des Unternehmens.

Abbildung 65 stellt das geplante Produktportfolio bei elektrifizierter Pkw der Marke BYD bis 2026 dar, untergliedert nach Antriebsart (HEV, PHEV, BEV und FCEV), nach genutzter Plattform sowie nach Fahrzeugsegment.

Plattformstrategie

Seit 2018 hat BYD rein batterieelektrische Fahrzeuge auf der dedizierten E-Plattform „33111“ gebaut (PR Newswire, 2018). Das Unternehmen will für die neueste Generation der BEV-Fahrzeugmodelle die sogenannte „e-platform 3.0“ nutzen (Schaal, 2021e). In dieser soll eine neue Batteriegeneration eingesetzt werden („Blade Battery“), die durch überlegene Leistungseigenschaften hohe Reichweiten mit mehr als 1.000 km ermöglichen soll. Eine technologische Neuerung ist die

Integration der Batterie in die Fahrzeugkonstruktion, was zu einer erhöhten Torsionssteifigkeit der Karosserie führt. Aufgrund vermehrt standardisierter Komponenten soll die Plattform zudem Kostenvorteile realisieren. Integriert werden soll ein 800 Volt Bordnetz, wodurch hohe Ladeleistungen bei Ladevorgängen möglich werden. Implementierte Wärmepumpen sollen weiterhin für eine vergrößerte Reichweite sorgen, wobei Fahrzeuge auf dieser Plattform einen Gesamtwirkungsgrad von 89 % erreichen sollen.

Das Unternehmen will den Grad der vertikalen Integration weiter vertiefen und z. B. Software und Batteriezellen selbst entwickeln und herstellen (Kane, 2021). Das derzeit installierte, ebenfalls schon selbst entwickelte Betriebssystem ist update- und upgradefähig. Auch autonome Fahrfähigkeiten sollen damit ermöglicht werden. BYD möchte diese Plattform zuzüglich zur Eigennutzung auch an andere OEM verkaufen. Genutzt wird die Plattform im neuen Kompaktmodell „Dolphin“, das 2021 vorgestellt wurde (Shanghai Gasgoo, 2021)

BYD						
Vergleichbarer Pkw	2021	2022	2023	2024	2025	2026
						
Tang/5-4-2/M-J	Tang EV/?/M-J	Dolphin/E-Plattform 3.0/C				

Abbildung 65: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke BYD

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Eine Übersicht über die bei der Marke BYD genutzten und geplanten Plattformen zeigt Abbildung 66.

Marke	BYD	
Bezeichnung der Plattform	E-Plattform	E-Plattform 3.0
Kategorisierung der Plattform		
	Dedizierte Elektroplattform (BEV)	Dedizierte Elektroplattform (BEV)
Einführungsjahr der Plattform	2018	2021
Möglicher Ersatz für Plattform(en)	-/Qin	E-Plattform/-
Anzahl bestehender Modelle auf Plattformen	10	0
Anzahl geplanter Modelle der Marke auf Plattform	?	2
Anzahl bestehender Modelle des Konzerns auf Plattform	10	0
Abgedeckte Segmente durch Plattform	?	?

Abbildung 66: Fahrzeugplattformen der Marke BYD

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

5.7 Zusammenführung und Vergleich ausgewählter Automobilhersteller

Im Folgenden werden die in den Fallbeispielen beschriebenen Veränderungen der Wertschöpfungsaktivitäten ausgewählter Automobilhersteller gegenübergestellt und vergleichend eingeordnet. Im Speziellen relevant sind dabei diejenigen Aktivitäten, die sich auf den Technologiewandel im Antriebsstrang beziehen und damit die Entwicklung vom reinen Verbrennerfahrzeug hin zum Elektrofahrzeug prägen.

Nach einer Gesamtübersicht aller untersuchten OEM werden anschließend die Aktivitäten der Automobilhersteller Volkswagen, Mercedes-Benz, Tesla und Toyota im Detail weiter betrachtet und einander gegenübergestellt. Diese Auswahl soll zum einen die Identifikation von möglichen Unterschieden zwischen Volumen- (Volkswagen, Toyota) und Premiumherstel-

lern (Mercedes-Benz, Tesla) ermöglichen, zum anderen eine Einordnung in den internationalen Kontext (Deutschland, USA, Japan) gewährleisten.

Zuerst werden die Kernelemente der jeweiligen Strategien und Ziele vergleichend dargestellt, danach die konkreten Auswirkungen der Transformationsaktivitäten auf Wertschöpfungsnetzwerke und -strukturen exemplarisch auf Modellebene untersucht und visualisiert. Die hierfür herangezogenen Modelle decken jeweils ein verbrennungsmotorisches und ein batterieelektrisches Fahrzeug der Hersteller Volkswagen (Golf 8 vs. ID.3) und Mercedes-Benz (S-Klasse vs. EQS) ab.

5.7.1 Vergleich von Unternehmens-, Innovations-, Produkt- und Plattformstrategien

Die Kernelemente der in Kapitel 5.6 beschriebenen Unternehmensstrategien und Ziele in der Transformation werden in einem ersten Schritt verglichen. Dies beinhaltet auch die aus den übergeordneten Unternehmenszielen abgeleiteten Aktivitäten zur Ausrichtung der einzelnen Innovations-, Produkt- und Plattformstrategien der Automobilhersteller.

Generell sind konkrete Ziele zur Erreichung einer nachhaltigen bzw. klimaneutralen Produktion bei allen Automobilherstellern – bis auf Tesla und BYD – genannt. Sie beziehen sich nicht nur auf die eigenen, unmittelbar beeinflussbaren Wertschöpfungsaktivitäten, sondern schließen diejenigen der Zulieferer im Produktionsnetzwerk mit ein. So will Volkswagen im gesamten Produktionsnetzwerk die Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 erreichen, die Mercedes-Benz AG bis 2039. Toyota will bis 2035 die eigenen Produktionsstandorte vollständig dekarbonisieren, das gesamte Unternehmen soll dann bis zum Jahr 2050 eine 90 %ige CO₂-Reduktion erreichen. Tesla gibt keine konkreten Ziele an, will aber z. B. den Produktionsstandort in Grünheide CO₂-neutral gestalten. Es ist davon auszugehen, dass auch die weiteren Fertigungsstätten mittelfristig vollständig auf Klimaneutralität ausgerichtet werden sollen.

Der vollständige Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor soll bei Volkswagen zwischen 2033 und 2035 in der EU erfolgen, wohingegen der Ausstieg aus der Verbrennertechnologie in den weiteren Kernmärkten China und USA erst später umgesetzt werden soll. Mercedes-Benz visiert einen vollständigen Ausstieg aus konventionellen Antriebstechnologien bis spätestens zum Jahr 2039 an und ordnet dieses Ziel gleichzeitig als „konservatives Szenario“ ein. Bei Toyota gibt es bislang keine konkrete Aussage zu einem möglichen Ausstieg aus der Verbrennertechnologie, bei Tesla erübrigt sich dies.

Innovationsaktivitäten der Hersteller richten sich in großem Umfang auf neue Antriebstechnologien der Elektrifizierung und Technologien der Automatisierung und Vernetzung aus. Weiterhin werden hohe Summen in den Auf- und Umbau von Produktionsstätten oder die Errichtung neuer Batteriefabriken investiert. Volkswagen und Mercedes-Benz wollen aufgrund der strategischen Neuausrichtung hin zur E-Mobilität zweistellige Milliardenbeträge nutzen, um die Unternehmen umstrukturieren und das Produktportfolio elektrifizieren und digitalisieren zu können. Tesla konzentriert Investitionen weiter

auf den Ausbau der eigenen Produktionskapazitäten inkl. Batterieherstellung. Toyota will im Bereich E-Mobilität ebenfalls zweistellige Milliardenbeträge investieren.

Drei der vier hier im Detail betrachteten OEM wollen verstärkt Kompetenzen in der Herstellung von Batteriezellen aufbauen. Tesla besitzt im Bereich der Batterieherstellung bereits fundiertes Know-how und stellt Batteriezellen in einem Joint-Venture mit Panasonic her. Volkswagen plant, im Bereich der Batterietechnologie eine für alle Volumenmodelle nutzbare, standardisierte Einheitsbatterie zu entwickeln, um von Skaleneffekten zu profitieren, und investiert – ebenso wie Toyota – in die Weiterentwicklung der Feststoffkörperbatterietechnologie. Mercedes-Benz fokussiert sich auf eine Erhöhung der eigenen Fertigungstiefe und entwickelt integrierte E-Antriebssysteme. Sowohl Volkswagen als auch Mercedes-Benz planen zudem den Aufbau eigener Batteriefabriken mit jeweils einer Gesamtkapazität größer 200 GWh, um zusätzliche Wertschöpfungsanteile in die eigene Fertigung zu integrieren und unabhängiger von Zulieferern werden zu können. Tesla besitzt bereits eine Batteriefabrik in Deutschland und will diese erweitern, so dass, laut Tesla, bis zu 250 GWh Batteriekapazität pro Jahr ermöglicht werden. Toyota ist in diesem Bereich auf Kooperationen mit Batterieherstellern angewiesen, baut allerdings über ein Joint-Venture ebenfalls eine Batteriefabrik in den USA, mit deren Hilfe das Unternehmen bis 2030 ein Produktionsvolumen in Höhe von ca. 200 GWh realisieren will.

Tabelle 12 stellt die Kernelemente in Bezug auf „Unternehmensstrategie und -ziele“ sowie „Innovationsstrategie und -ziele“ der einzelnen Automobilhersteller im Vergleich dar.

OEM	Unternehmensstrategie und -ziele	Innovationsstrategie und -ziele
VW	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2050 – Strategie: „TOGETHER – Strategie 2025+“: konsequent E-Mobilität – Plan: Weltmarktführer E-Mobilität – Verbrennerausstieg: 2033–2035 (EU), China, USA folgen später 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität bis 2025: 35 Mrd. EUR – Aufbau Know-how: Batteriezele (u.a. Feststoffb.), Einheitsbatterie für alle E-Autos – Aufbau von 6 Batterie-Gigafabriken (ca. 240 GWh) – Strategische Partnerschaften: Ford, Northvolt, Gotion High-Tech, QuantumScape
Audi	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2050 (2025: klimaneutrale Produktionsstätten) – Strategie: „Roadmap E“, vollständiger Wandel zur E-Mobilität – Plan: führender CO₂-neutraler Premiumanbieter – Verbrennerausstieg: 2033 (Ausnahme China) 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität: 15 Mrd. EUR – Aufbau Know-how: Erhöhung Eigenfertigungstiefe im Bereich der E-Antriebe – Profitiert von VWs Batterie-Gigafabriken – Strategische Partnerschaften: FAW
Porsche	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2030 – Strategie: „Strategie 2030“, Implementierung nachhaltiger Technologien – Plan: Erlangung einer „Spitzenposition“ bei der E-Mobilität – Verbrennerausstieg: noch offen (Verbrenner sollen mit E-Fuels betrieben werden) 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität: 15 Mrd. EUR (inkl. Digitalisierung) – Aufbau Know-how: Batteriezele, E-Fuels – Aufbau von 1 Hochleistungsbatteriezellfabrik – Strategische Partnerschaften: verschiedene Start-ups, Customcells, Rimac
BMW	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2050 – Strategie: Ausrichtung als führender Anbieter E-Mobilität – Plan: nachhaltigster Premiumanbieter E-Mobilität – Verbrennerausstieg: noch offen (Mini: 2031) 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität bis 2025: 30 Mrd. EUR – Aufbau Know-how: Batteriezele (u.a. Feststoffb.), E-Antriebe (Eigenentwicklung) – Keine eigene Batterie-Gigafactory: Fremdbezug Batteriezellen – Strategische Partnerschaften: Northvolt, Solid Power, Toyota
Mercedes-Benz	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2039 (Mercedes-Benz Cars) – Strategie: „Electric only“, vollständiger Wandel zur E-Mobilität – Plan: Ausrichtung auf Luxus-E-Mobilität – Verbrennerausstieg: 2039 (potenziell auch früher) 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität bis 2030: 40 Mrd. EUR – Aufbau Know-how: Erhöhung der Eigenfertigungs im Bereich Batteriezele, E-Antriebe – Aufbau von 9 Batterie-Gigafabriken (mehr als 200 GWh) – Strategische Partnerschaften: ACC, YASA, CATL, Fariasi, Sila Nano
Renault	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2040 (EU), 2050 (weltweit) – Strategie: „RENAULUTION“, Erlangung der Vorreiterrolle E-Mobilität – Plan: umweltfreundlichster Antriebsmix – Verbrennerausstieg: potenziell 2030–2035 (EU) 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität bis 2021: 5 Mrd. EUR, ggf. weitere 10 Mrd. EUR in den kommenden Jahren – Aufbau Know-how: Batteriezele, „All-in-One-System“ (E-Motor, Getriebe, Leistungselektronik) – Aufbau von 2 Batterie-Gigafabriken (43 GWh und 20 GWh) – Strategische Partnerschaften: ST Microelectronics, Whylot, LG Chem, Envision AESC, Vektor
Tesla	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: k.A. – Strategie: k.A. – Plan: Schaffung einer umfangreichen Kundenakzeptanz E-Mobilität – Verbrennerausstieg: - 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität bis 2021: 6 Mrd. EUR – Hohe Eigenfertigungstiefe bei Batterieherstellung – 1 Batteriefabrik (39 GWh) bestehend, 1 Batteriefabrik geplant (bis zu 250 GWh) – Strategische Partnerschaften: Panasonic, LG Chem
Ford	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2050 – Strategie: „The Plan“ und „Ford“, Transformation zur E-Mobilität – Plan: Ausbau einer führenden Position in der E-Mobilität – Verbrennerausstieg: 2030 (EU) 	<ul style="list-style-type: none"> – Investition in F&E für E-Mobilität bis 2025: 30 Mrd. EUR, weitere 825 Mio. EUR in Werk Köln – Aufbau Know-how: Batteriezellen (u.a. Feststoffb.) – Aufbau von 3 Batteriefabriken (rund 130 GWh) – Strategische Partnerschaften: Solid Power, SK Innovation, VW
Toyota	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: bis 2050 CO₂-Reduktion i.H.v. 90%, bis 2035 100%Produktionsstandorte – Strategie: „CASE“, Wandel zum Mobilitätsunternehmen – Plan: Allianzen gründen, Austausch Know-how, schnellere Erreichung Klimaziele – Verbrennerausstieg: noch offen 	<ul style="list-style-type: none"> – Investitionen in F&E für E-Mobilität bis 2030: 11,5 Mrd. EUR (speziell Batterietechnologie) – Aufbau Know-how: Batteriezellen (u.a. Feststoffbatterie) – Aufbau von 1 Batteriefabrik in Joint-Venture (Kapazität 500.000 Batterien/a) – Strategische Partnerschaften: BYD, Subaru, BMW, Mazda, Suzuki, Panasonic, Denso, Isuzu, CATL
BYD	<ul style="list-style-type: none"> – Klimaneutralität: k.A., Nachhaltigkeitsstrategie seit 2008 – Strategie: „7+4 Full Market EV Strategy“: führende Position bei alternativen Antrieben – Plan: technologisch fortschrittliche, umweltfreundliche Fahrzeuge – Verbrennerausstieg: noch offen 	<ul style="list-style-type: none"> – Investitionen in Batteriefabrik: 1,3 Mrd. EUR + 750 Mio. EUR (neue Fabrik) – Kerntechnologie: E-Motor, Steuergeräte, Batterien und Leistungshalbleiter – Aufbau von 1 Batteriefabrik (20 GWh), bisherige Fabrik-Kapazität 24 GWh – Strategische Partnerschaft: Toyota

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Tabelle 12: Unternehmensstrategie und -ziele in der Transformation sowie Innovationsstrategie und -ziele ausgewählter Hersteller im Vergleich

Für den Vergleich der Neuausrichtung des Produktportfolios im Zuge der Transformation finden sich bei allen Herstellern – bis auf BYD – konkrete Ziele zur Anzahl der geplanten elektrifizierten Modelle und zu avisierten Anteilen am Neuwagenmarktvolumen bzw. zu Absatzzahlen. Volkswagen plant demnach einen Absatz elektrifizierter Fahrzeuge bis 2030 i. H. v. 70 % in der EU und 50 % in China sowie den USA. Bis 2040 sollen in den Hauptmärkten alle Fahrzeugmodelle nur noch rein batterieelektrisch angeboten werden. Bei Mercedes-Benz sollen bis 2025 über die Hälfte aller angebotenen Fahrzeuge (teil-)elektrifiziert sein und bis 2030 alle Fahrzeug- und Marktsegmente mit vollelektrischen Modellen abgedeckt werden. Tesla ist seit der Unternehmensgründung auf vollständig batterieelektrische Fahrzeuge ausgerichtet. Das Unternehmen plant mit einem Absatz von 20 Mio. BEV im Jahr 2030. Toyota will bis 2030 insgesamt acht Mio. elektrifizierte Fahrzeuge auf dem Weltmarkt absetzen, davon sollen zwei Mio. BEV bzw. FCEV sein.

Das Produktportfolio selbst und die zugehörigen Plattformen werden bei allen betrachteten Automobilherstellern kontinuierlich und zunehmend auf Elektromobilität ausgerichtet: Wie aus der Modellvorschau ersichtlich, plant Volkswagen, bis zum Jahr 2026 insgesamt neun rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf den Markt zu bringen, acht davon bauen auf einer dedizierten E-Plattform (MEB) auf. Mercedes-Benz führt ebenso umfangreiche Elektrifizierungsmaßnahmen des Produktportfolios durch. Bis 2026 sollen elf BEV etabliert werden. Sechs davon werden auf der dedizierten E-Plattform EVA 2 aufbauen, drei weitere auf der E-Plattform MMA. Das Unternehmen besitzt aktuell zur Abdeckung der relevanten Fahrzeugsegmente das im Vergleich der vier Hersteller noch umfangreichste Plattformportfolio. Darunter befinden sich sowohl Verbrennerplattformen mit Hybridisierungs-/FCEV-Option als auch solche mit BEV-Option. Ebenso ist die Kombination beider Plattformausrichtungen vorhanden. Auch Tesla will das eigene Produktportfolio erweitern. Das Unternehmen plant, insgesamt fünf neue, rein batterieelektrische Fahrzeugmodelle auf dedizierten E-Plattformen auf den Weltmärkten zu etablieren. Toyotas Modellportfolio deckt eine Vielzahl unterschiedlicher Antriebsvarianten ab. Das Unternehmen plant sowohl mit rein elektrischen Fahrzeugmodellen, die seit 2022 auf der dedizierten E-Plattform E-TNGA etabliert sind, als auch mit weiteren Hybridmodellen und Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeugen, die auf der elektrifizierten Verbrennerplattform TNGA aufbauen.

Anhand dieser Analyse ist ein klarer Wandel im Produktportfolio hin zu elektrifizierten Fahrzeugkonzepten bei allen Automobilherstellern zu erkennen. Reine Verbrennerplattformen existieren bereits bei fast keinem Automobilhersteller mehr, sie werden oftmals als überarbeitete Version elektrifiziert oder gar komplett durch neue E-Plattformen ersetzt. Bis zur Mitte dieser Dekade werden die meisten Plattformen der untersuchten OEM als dedizierte E-Plattformen oder als Multitraktionsplattform mit primärem Fokus auf vollelektrische Mobilität etabliert. Die Plattformstrategien der analysierten OEM gleichen sich bei Gesamtbetrachtung in weiten Teilen, da nahezu alle Hersteller für die Zukunft auf skalierbare, modulare Plattformen und möglichst große Freiheitsgrade bei Einsatz und Positionierung der Komponenten (z. B. Anzahl der Motoren, Batteriemodule) bauen. Mit den meisten Plattformen kann sowohl eine Hoch- als auch eine Flachbodenbauweise realisiert werden, was zu zusätzlichen Freiheitsgraden in der Entwicklung neuer Fahrzeugmodelle und -aufbauten führt.

Tabelle 13 stellt die Kernelemente der „Produktstrategie und -ausrichtung“ sowie „Plattformstrategien“ der analysierten OEM im Vergleich dar.

OEM	Unternehmensstrategie und -ziele	Plattformstrategie
VW	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2028: 15 Mio. MEB-Fahrzeuge absetzen – Bis 2030: EU 70% und China/USA 50% des Absatzes elektrifiziert – Bis 2040: 100% aller Modelle des Konzerns BEV (Hauptmärkte) – Antriebstechnologie: E-Mobilität 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (MEB, SSP) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung aller für VW relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig – SSP soll künftig alle E-Plattformen ersetzen
Audi	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2025: mehr als 20 elektrifizierte Modelle – Bis 2025: 1/3 des Absatzes elektrifiziert (China) – Antriebstechnologie: E-Mobilität (Fokus) (+ Wasserstoff) 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (MEB, PPE, J1, SSP) – Hochboden-/Flachbodenbauweise (J1 nur Flachboden-Bauw.), Abdeckung der für Audi relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
Porsche	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2025: 50% des Absatzes elektrifiziert – Bis 2030: 80% des Absatzes elektrifiziert – Bis 2030: Audi + Porsche 7 Mio. PPE-Fahrzeuge absetzen – Antriebstechnologie: E-Mobilität + E-Fuels (911 bleibt Verbrenner) 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (J1, PPE) – Hochboden-/Flachbodenbauweise (J1 nur Flachboden-Bauw.), Abdeckung der für Porsche relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
BMW	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2023: 90% der Marktsegmente mit mind. 1 BEV abdecken – Bis 2030: über 7 Mio. elektrifizierte Fahrzeuge absetzen – Antriebstechnologie: E-Mobilität (Fokus) + Wasserstoff (Kleinserie) 	<ul style="list-style-type: none"> – Multitraktionsplattform (CLAR-WE, FAAR-WE) – Ausrichtung der neuen Plattformvariante ab 2025 noch ungewiss, Fokus jedoch auf E-Mobilität (CLAR III (neue Klasse)) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung der für BMW relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
Mercedes-Benz	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2025: mehr als 50% des Absatzes elektrifiziert – Bis 2030: Modelle aller Marktsegmente elektrifiziert – Antriebstechnologie: E-Mobilität (Fokus) (+ Wasserstoff) 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (CMF-EV) – Verbrennerplattform mit BEV-Option (CMF-B-EV) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung der für Mercedes-Benz relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
Renault	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2025: 10 BEV-Modelle auf den Markt bringen – Bis 2026: 65% des Absatzes elektrifiziert (EU) – Bis 2030: rund 90% des Absatzes durch BEV – Antriebstechnologie: E-Mobilität + Wasserstoff (leichte Nfz) 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (CMF-EV) – Verbrennerplattform mit BEV-Option (CMF-B-EV) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung der für Renault relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
Tesla	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2023: Etablierung Kleinwagen + künftig Trucks – Bis 2030: 20 Mio. BEV absetzen – Antriebstechnologie: E-Mobilität 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (Tesla 3/Y, Tesla S/X) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung der für Tesla relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
Ford	<ul style="list-style-type: none"> – Ab 2026: alle Modelle elektrifiziert (EU) – Bis 2030: 40–50% des Absatzes durch BEV – Antriebstechnologie: E-Mobilität 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (TE1, MEB) – Verbrennerplattform mit BEV-Option (GE, GE2) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung der für Ford relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
Toyota	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2025: 15 BEV-Modelle auf den Markt bringen – Bis 2025: 60 elektrifizierte Modelle auf den Markt bringen – Bis 2030: 8 Mio. elektrifizierte Fahrzeuge absetzen (davon 2 Mio. BEV/FCEV) – Antriebstechnologie: E-Mobilität + Wasserstoff 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (E-TNGA) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung der für Toyota relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig
BYD	<ul style="list-style-type: none"> – Bis 2025: k.A. – Bis 2030: k.A. – Antriebstechnologie: E-Mobilität 	<ul style="list-style-type: none"> – Dedizierte E-Plattformen (E-Plattform 3.0) – Hochboden-/Flachbodenbauweise, Abdeckung der für BYD relevanten Segmente – Skalierbar (Batteriekapazität, Fahrzeug-Dimensionen, Motorleistung/-anzahl), schnellladefähig

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Tabelle 13: Produktstrategie und -ausrichtung sowie Plattformstrategien ausgewählter Hersteller im Vergleich

Bei einer Detailanalyse der technischen Ausprägungen der einzelnen Fahrzeugplattformen von Volkswagen, Mercedes-Benz, Toyota und Tesla im Vergleich können einige gemeinsame Merkmale identifiziert werden. Diese sind in Tabelle 14 zusammengefasst.

Alle dargestellten Fahrzeugplattformen erlauben den Einsatz einer variablen Anzahl an Antriebsmotoren (1–3) und können

so neben Front- oder Heckantrieb auch Allradantrieb ermöglichen. Während bei Volkswagen und Mercedes-Benz vorrangig permanenterregte Synchronmaschinen zum Einsatz kommen, nutzt Tesla zusätzlich eine Asynchronmaschine im Heckbereich. Bei allen Varianten wird die Kraftübertragung über ein 1-Gang-Getriebe realisiert.

OEM	Plattform	Technische Merkmale
VW	MEB	<ul style="list-style-type: none"> – Motor: permanenterregte Synchronmaschine – Motoranzahl: bis zu 2 – Motorleistung: (aktuell) bis zu 306 PS – Antrieb: Heckantrieb, Allrad möglich – Batteriespannung: 400 V – Schnellladefähigkeit: ja (bis zu 125 kW, 290 km, in 30 min) – Batteriekapazität: 45 kWh bis 82 kWh – Reichweite: 330 bis 550 km (WLTP) – Leistungselektronik: Si-IGBT-Technologie – Getriebe: 1-Gang-Getriebe
Mercedes-Benz	EVA 2	<ul style="list-style-type: none"> – Motor: permanenterregte Synchronmaschine – Motoranzahl: bis zu 2 – Motorleistung: bis zu 760 PS – Antrieb: Heckantrieb, Allrad möglich – Batteriespannung: 400 V – Schnellladefähigkeit: ja (bis zu 200 kW, 250 km, in 15 min) – Batteriekapazität: 90,6 bis 108 kWh – Reichweite: 550 bis 780 km (WLTP) – Leistungselektronik: Basis SiC-Technologie – Getriebe: 1-Gang-Getriebe
Toyota	E-TNGA	<ul style="list-style-type: none"> – Motor: k.A. – Motoranzahl: bis zu 2 – Motorleistung: bis zu 408 PS – Antrieb: Frontantrieb, Heckantrieb, Allrad möglich – Batteriespannung: k.A. (800 V könnten möglich sein) – Schnellladefähigkeit: k.A. (voraussichtlich möglich) – Batteriekapazität: 50 bis 100 kWh – Reichweite: 300 bis 600 km (WLTP) – Leistungselektronik: k.A. – Getriebe: k.A.
Tesla	Model S/X	<ul style="list-style-type: none"> – Motor: permanenterregte Synchronmaschine (vorne), Asynchronmaschine (hinten) – Motoranzahl: 2 bis 3 – Motorleistung: bis zu 1.020 PS – Antrieb: Heckantrieb, Allrad möglich – Batteriespannung: 400 V – Schnellladefähigkeit: ja (bis zu 250 kW, 300 km, in 15 min) – Batteriekapazität: 100 kWh – Reichweite: bis 652 km (WLTP) – Leistungselektronik: SiC-Technologie – Getriebe: 1-Gang-Getriebe

Tabelle 14: Technische Merkmale ausgewählter Fahrzeugplattformen im Vergleich

Die Fähigkeit der Skalierbarkeit der einzelnen Plattformen ist über die bereitgestellten Bandbreiten bei den Motorleistungen sowie den Batteriekapazitäten abgebildet, diese können – je nach Modell und Leistungsstufe des Fahrzeugs – vom Kunden bzw. der Kundin variabel gewählt werden. Über skalierbare Batteriegrößen ist somit auch die Reichweite der Fahrzeugmodelle nach den individuellen Bedürfnissen der Kund:innen gestaltbar.

Bei den Volumenherstellern VW und Toyota zeichnet sich eine vergleichsweise geringere Reichweite gegenüber den Premiumherstellern Tesla und Mercedes-Benz ab, auch die Motorleistung ist bei den Volumenherstellern insgesamt niedriger. Eine Schnellladefähigkeit ist bei allen betrachteten Plattformen möglich, jedoch variieren auch hier die maximal möglichen Leistungen je nach Ausrichtung auf Volumen- oder Premiumsegment. VW ermöglicht so z. B. eine Ladeleistung von bis zu 125 kW, Tesla bis zu 250 kW. Keine der aufgeführten Plattformen nutzt derzeit ein 800-Volt-Bordnetz. Bei Toyota wurden hierzu noch keine validen Informationen veröffentlicht.

5.7.2 Vergleich von Wertschöpfungsnetzwerken auf Modellebene

In diesem Kapitel soll eine Analyse von Veränderungen in Wertschöpfungsnetzwerken und -strukturen auf konkreter Modellebene und im Vergleich von verbrennungsmotorisch und rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen erfolgen. Hierfür werden exemplarisch vier Fahrzeugmodelle der Marken Volkswagen und Mercedes-Benz ausgewählt und deren Zulieferernetzwerke auf Komponenten- und Bauteilebene in sog. GeoMaps in einem ersten Schritt visualisiert und gegenübergestellt. Der Vergleich umfasst die Volumenmodelle ID.3 und Golf 8 der Marke Volkswagen sowie die Premiummodelle EQS und S-Klasse der Marke Mercedes-Benz.

In einem zweiten Schritt werden die dargestellten Zulieferernetzwerke in Bezug auf deren Struktur und Ausgestaltung untersucht und einander gegenübergestellt. Betrachtet werden hierbei u. a. die Anzahl der Zulieferer für die gesamten Antriebsstränge und einzelne Schlüsselkomponenten, regionale/geografische Verschiebungen in der Zuliefererstruktur im Vergleich von Verbrenner- und Elektromodell sowie daraus resultierende Veränderungen bei Wertschöpfungsumfängen in der Aufteilung zwischen OEM und Zulieferern.

Die Untersuchungen wurden jeweils für die Antriebsstränge insgesamt sowie im Detail für die Schlüsselkomponenten Verbrennungsmotor, Abgas- und Kraftstoffsystem und Getriebe bei den Verbrennermodellen sowie für das Batteriesystem, den E-Motor, die Elektrik/Elektronik und das Getriebe bei den Elektromodellen durchgeführt.

Exemplarisch werden im Folgenden die modellspezifischen Wertschöpfungsnetzwerke des Verbrennungsmotors und des Batteriesystems der untersuchten Pkw gegenübergestellt, da diese den Großteil der Wertschöpfung im Antriebsstrang eines Pkw repräsentieren (Verbrennungsmotor: 39 % der Wertschöpfung bezogen auf den Gesamtantriebsstrang eines Pkw; Batteriesystem: 57 %).

5.7.2.1 VW Golf 8 vs. ID.3

Die beiden folgenden GeoMaps (Abbildung 67 und 68) stellen die Wertschöpfungs-/Zulieferernetzwerke der Komponenten „Verbrennungsmotor“ des VW Golf 8 und „Batteriesystem“ des ID.3 gegenüber. Im oberen Abschnitt der Darstellungen ist jeweils das Gesamtnetzwerk auf globaler Ebene zu sehen, in den unteren Abschnitten Ausschnitte der Zulieferernetzwerke für Deutschland (links) und Asien (rechts). Je dicker die Pfeile dargestellt sind, desto höher ist der Wertschöpfungsanteil dieser Komponenten/Bauteile am Antriebsstrang.

Insgesamt 80 Bauteile im Zulieferernetzwerk „Verbrennungsmotor“ für den VW Golf 8 konnten über Zuliefererdatenbanken, Teardown- und Cutaway-Berichte, Artikel aus Automobilzeitschriften sowie Angaben der Hersteller identifiziert und eindeutig zugeordnet werden. Sie reichen von der Nocken- und Pleuelwelle über Zylinder, Kolben, Pleuel und Ventile bis hin zu Gehäusen, Dichtungen, Sensoren und Steuergeräten.

Bei einer Analyse des Verbrennungsmotorzulieferernetzwerks des VW Golf 8 ist zu erkennen, dass es stark auf deutsche Produktionsstandorte und Zulieferer ausgerichtet ist: Insgesamt 48 der 80 Bauteile (60 %) stammen von Zulieferern und Produktionsstandorten aus Deutschland, weitere zwölf Bauteile aus dem EU-Ausland (Frankreich, Niederlande, Dänemark, Schweiz; 15 %), neun Teile (11 %) aus den USA und sieben aus Asien (China, Japan; 9 %). Vier Bauteile kommen aus weiteren Weltregionen, insbesondere Indien (5 %).

Eine völlig andere Struktur besitzt das für den elektrifizierte Antriebsstrang des VW ID.3 dargestellte Zulieferernetzwerk für das „Batteriesystem“, wie in Abbildung 68 visualisiert.

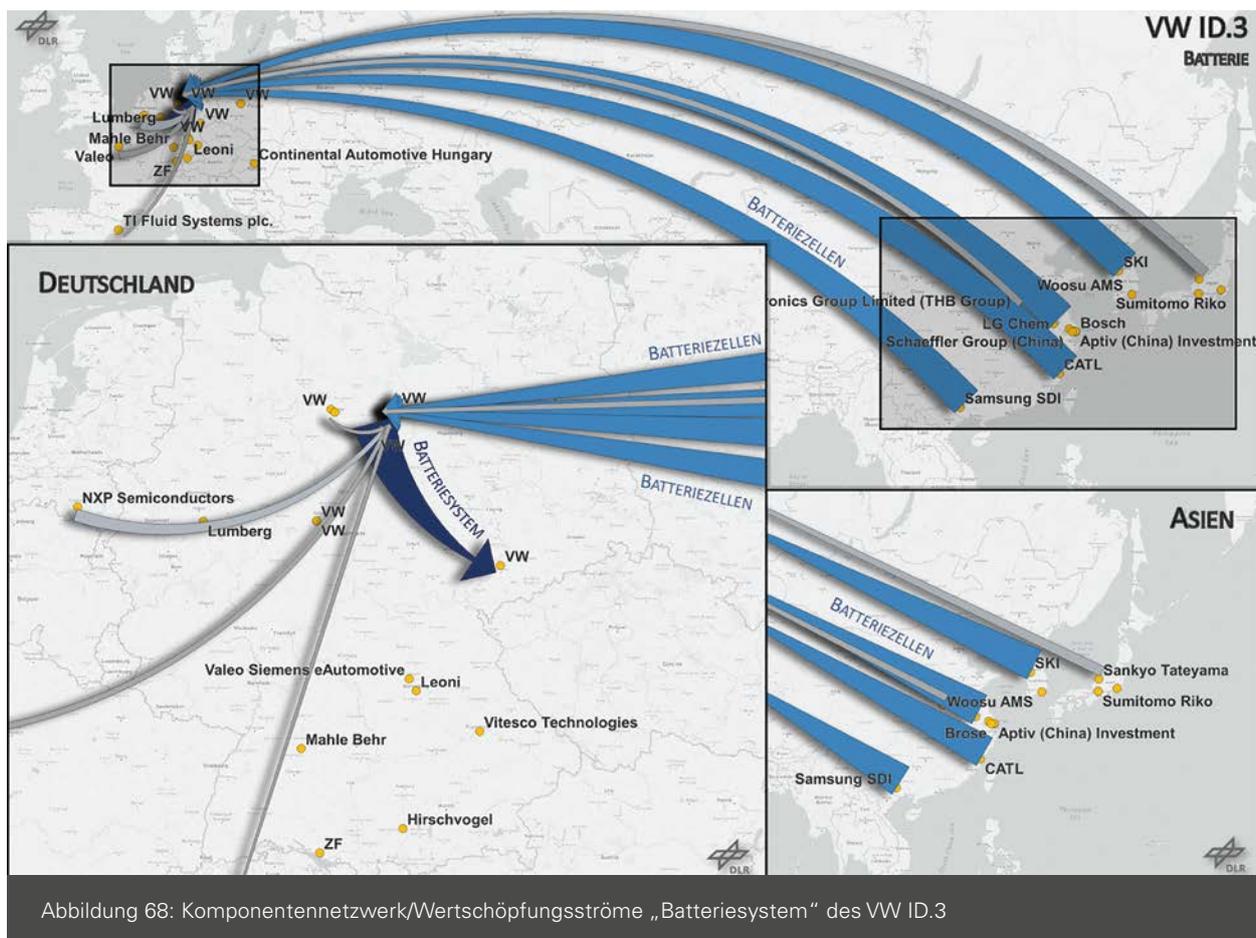


Abbildung 68: Komponentennetzwerk/Wertschöpfungsströme „Batteriesystem“ des VW ID.3

Bei Erweiterung der obigen Analysen auf alle weiteren Komponenten im Antriebsstrang der beiden Fahrzeugmodelle Golf 8 und ID.3 können weitere Aussagen zu Veränderungen der Wertschöpfungsnetzwerke im Vergleich von verbrennungs-

motorisch und elektrisch betriebenen Volumenmodellen bei Volkswagen getroffen werden. Diese Analyse der Gesamtantriebsstränge im Vergleich wird im Folgenden beschrieben.

Struktur Zulieferernetzwerk „Antriebsstrang“, VW Golf 8 vs. ID.3						
Modell	Plattform	Anteil Komponenten DE	Anteil Komponenten EU	Anteil Komponenten Asien	Wertschöpfungsanteil am Antriebsstrang OEM	Wertschöpfungsanteil am Antriebsstrang Zulieferer
VW Golf 8	MQB	60,0%	75,5%	12,9%	20,8%	69,3% 79,2%
VW ID.3	MEB	27,3% ↘	36,4% ↘	32,7% ↑	30,9% ↗	56,6% ↘ 69,1%

Tabelle 15: Wertschöpfungsstruktur und Lokalisierung im Komponentennetzwerk „Antriebsstrang gesamt“ der Modelle VW Golf 8 und ID.3 im Vergleich

Quelle: DLR und IMU; Bildquelle Weltkarte: © Mapbox, © OpenStreetMap

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Im Vergleich der Wertschöpfungsnetzwerke „Antriebsstrang gesamt“ der Fahrzeugmodelle VW Golf 8 und ID.3 sind einerseits klare geografische Verschiebungen und andererseits ein zunehmender Grad der vertikalen Integration von Wertschöpfung weg von den Zulieferern und hin zum OEM Volkswagen zu erkennen.

Rund 60 % der 155 Komponenten und Bauteile im Antriebsstrang des VW Golf 8 stammen aus Deutschland, insgesamt 76 %, wenn weitere Produktionsstandorte im EU-Ausland hinzugezogen werden. Aus dem asiatischen Raum hingegen werden nur Komponenten in Höhe eines Anteils von ca. 13 % bezogen, aus dem US-amerikanischen Raum ca. 8 %. Insgesamt werden für den Golf 8 rund 96 % der identifizierten Bauteile im Antriebsstrang fremdbezogen, davon stammen rund 36 % aus dem Ausland. Für die Eigenfertigung des Golf 8 wurde ein auf den Komponenten basierender Wertschöpfungsanteil von knapp 21 % des OEM und ein Wertschöpfungsanteil von ca. 69 % der Zulieferer ermittelt. Allerdings muss betont werden, dass ca. 8 % der Wertschöpfung für Bauteile der Komponenten „Abgas- und Kraftstoffanlage“ und ca. 2 % im Bereich „Thermomanagement“ nicht zugeordnet werden konnten. Diese Bauteile beziehen sich beispielsweise auf Pumpen, SCR-Systeme und Kondensatoren. Sie können mit hoher Wahrscheinlichkeit dem Wertschöpfungsanteil der Zulieferer zugeordnet werden, so dass dieser unter Berücksichtigung dieser Annahme von rund 69 % auf 79 % ansteigen würde.

Vergleichend dazu stammen beim VW ID.3 27 % der 55 untersuchten Komponenten und Bauteile im Antriebsstrang direkt aus Deutschland; werden die Anteile aus dem EU-Ausland addiert, dann kann ein Anteil von 36 % dargestellt werden. Aus dem asiatischen Raum werden ca. 33 % der Komponenten und Bauteile des ID.3 geliefert. Insgesamt werden beim ID.3 ca. 71 % der Teile fremdbezogen, davon stammen knapp 44 % aus dem Ausland. Der Eigenfertigungsanteil des Herstellers liegt beim ID.3 bei ca. 31 % und damit ungefähr 10 % höher als beim Golf 8. Zu begründen ist dies u. a. mit einem höheren Grad der vertikalen Integration in der Komponentenfertigung, konkret bei Volkswagen der In-house-Fertigung von E-Motor und Getriebe. Der Zuliefereranteil an der Wertschöpfung sinkt im Vergleich zum Golf 8 mit ca. 57 % in dieser Auswertung ab. Allerdings muss auch hier betont werden, dass ca. 11 % der Wertschöpfung für Bauteile der Komponenten „Leistungselektronik“ und ca. 1 % im Bereich „Thermomanagement“ nicht zugeordnet werden konnten. Diese Bauteile beziehen sich beispielsweise auf Adapter, Stecker, Systemschutzkomponenten, Laderegler und Sensoren. Sie können mit hoher

Wahrscheinlichkeit dem Wertschöpfungsanteil der Zulieferer zugeordnet werden, so dass dieser unter Berücksichtigung dieser Annahme von rund 57 % auf 69 % ansteigen würde.

5.7.2.2 Mercedes-Benz S-Klasse vs. EQS

Folgende GeoMaps (Abbildung 69 und 70) stellen die Wertschöpfungs-/Zulieferernetzwerke der Komponenten „Verbrennungsmotor“ der Mercedes-Benz S-Klasse und „Batteriesystem“ des EQS gegenüber. Im oberen Abschnitt ist das Gesamtnetzwerk auf globaler Ebene zu sehen, in den unteren Abschnitten Ausschnitte der Zulieferernetzwerke für Deutschland (links) und Asien (rechts). Je dicker und dunkler die Pfeile dargestellt sind, desto höher ist der Wertschöpfungsanteil dieser Komponenten/Bauteile am Antriebsstrang.

Insgesamt 64 Bauteile im Zulieferernetzwerk „Verbrennungsmotor“ für die Mercedes-Benz S-Klasse konnten über Zuliefererdatenbanken, Teardown- und Cutaway-Berichte, Artikel aus Automobilzeitschriften sowie Angaben der Hersteller identifiziert und eindeutig zugeordnet werden. Sie reichen von der Nocken- und Kurbelwelle über Zylinder, Kolben, Pleuel und

Ventile bis hin zu Gehäusen, Dichtungen, Sensoren und Steuergeräten. Bei einer Analyse des Verbrennungsmotorzulieferernetzwerks der S-Klasse ist zu erkennen, dass dieses – wie auch beim VW Golf 8 – sehr stark auf deutsche Produktionsstandorte und Zulieferer ausgerichtet ist: Insgesamt 54 der 64 Bauteile (84 %) stammen von Zulieferern und Produktionsstandorten aus Deutschland, weitere sechs Bauteile aus dem EU-Ausland (Frankreich, Österreich, Ungarn, Italien, Schweden; 9 %). Die Anteile aus den USA und Asien sind mit 5 % bzw. 2 % eher gering. Eine andere Struktur besitzt das für den elektrifizierten Antriebsstrang des EQS untersuchte Zulieferernetzwerk für das „Batteriesystem“, wie in Abbildung 70 dargestellt ist. Insgesamt zehn Bauteile und Komponenten konnten hierfür identifiziert und eindeutig zugeordnet werden. Sie reichen von der Batteriezelle über das Gehäuse und die Batterieinnenverkabelung bis hin zu Kühlmodulen und Systemschutzelementen.

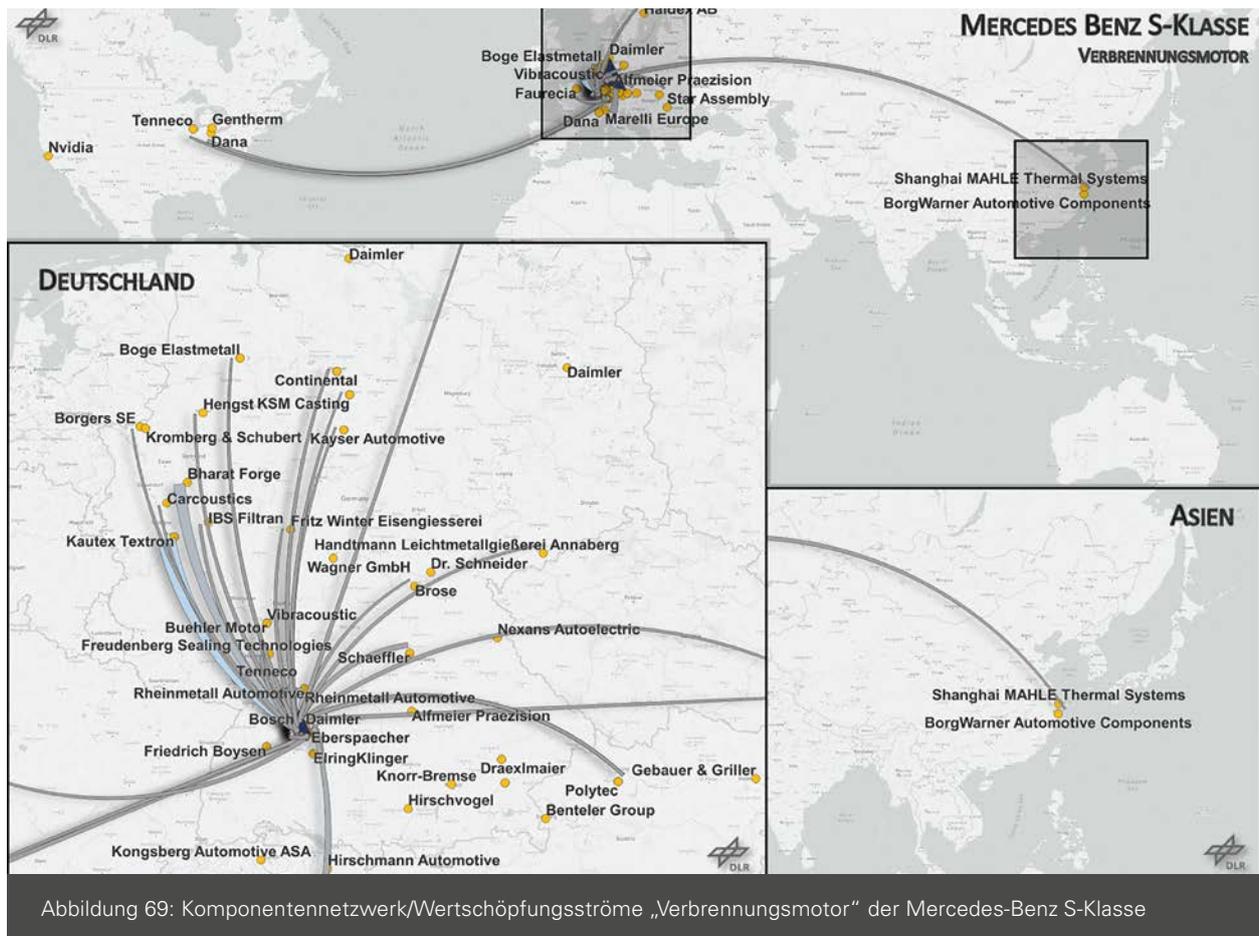
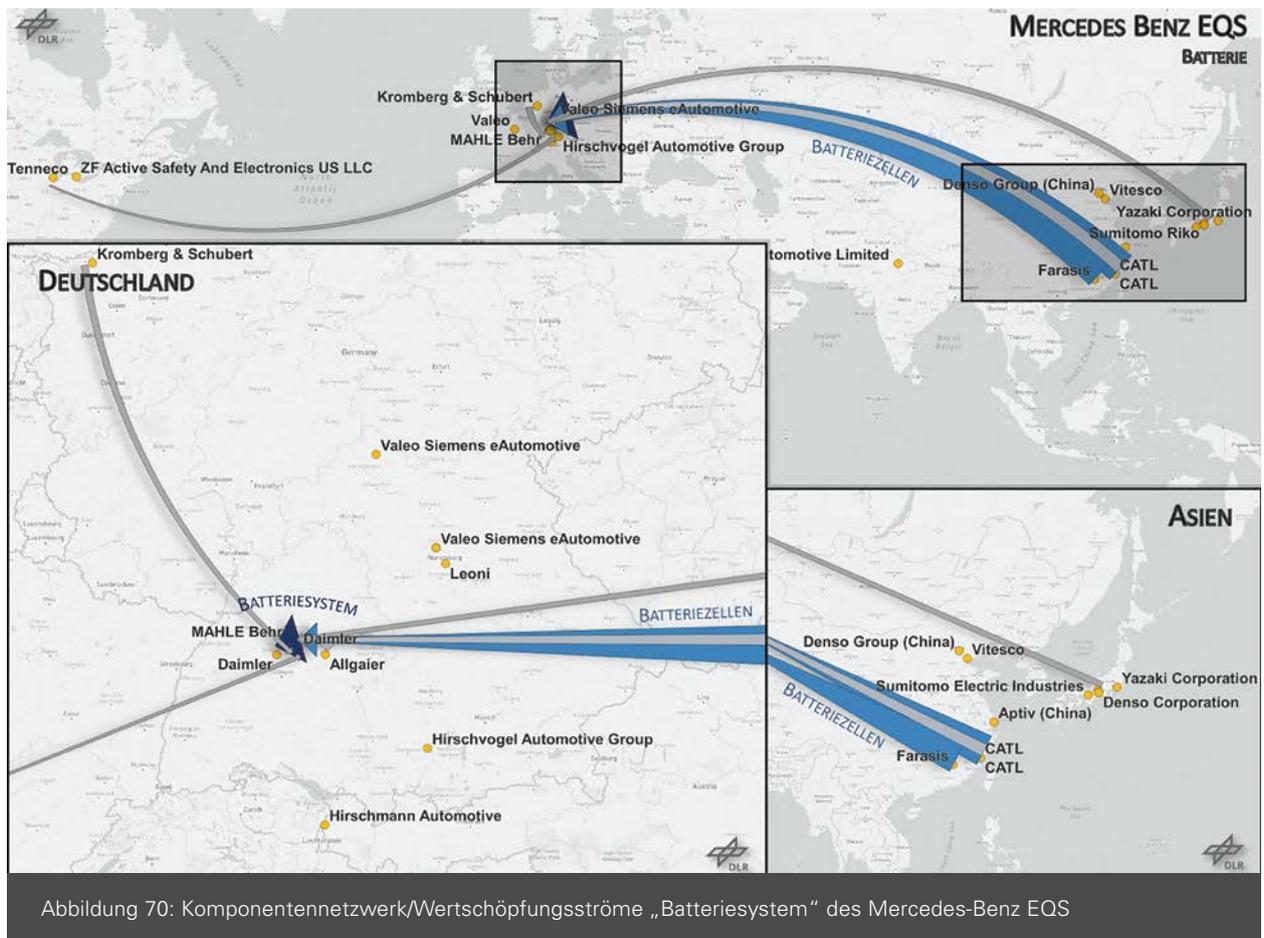


Abbildung 69: Komponentennetzwerk/Wertschöpfungsströme „Verbrennungsmotor“ der Mercedes-Benz S-Klasse

Quelle: DLR und IMU; Bildquelle Weltkarte: © Mapbox, © OpenStreetMap



Beim Vergleich von „Verbrennungsmotor“ und „Batteriesystem“ verschieben sich auch bei diesen Modellen eindeutig die Wertschöpfungsanteile hin zu den asiatischen Zulieferern. Hierbei sind wiederum chinesische Unternehmen hervorzuheben, insbesondere CATL und Farasis, die die Batteriezellen für den EQS aus chinesischen Produktionsstandorten zuliefern und damit ungefähr 35 % Anteil an der Wertschöpfung des modellspezifischen Antriebsstrangs einnehmen. Insgesamt 40 % aller Bauteile kommen

aus dem asiatischen Raum, ca. 50 % aus deutschen Produktionsstandorten. Bei Erweiterung der obigen Analysen auf alle weiteren Komponenten im Antriebsstrang der beiden Fahrzeugmodelle S-Klasse und EQS können weitere Aussagen zu Veränderungen der Wertschöpfungsnetzwerke im Vergleich von verbrennungsmotorisch und elektrisch betriebenen Premiummodellen bei Mercedes-Benz getroffen werden. Diese Analyse der Gesamt-Antriebsstränge im Vergleich wird im Folgenden beschrieben.

Mercedes-Benz Antriebsstrang, Komponentennetzwerk inkl. Wertschöpfung						
Modell	Plattform	Anteil Komponenten DE	Anteil Komponenten EU	Anteil Komponenten Asien	Wertschöpfungsanteil am Antriebsstrang OEM	Wertschöpfungsanteil am Antriebsstrang Zulieferer
S-Klasse	MRA 2	76,6%	89,8%	1,6%	23,1%	67,1% (76,9%)
EQS	EVA 2	38,2% ↘	44,1% ↘	41,2% ↑	10,6% ↘	75,2% (89,4%) ↗

Tabelle 16: Wertschöpfungsstruktur und Lokalisierung im Komponentennetzwerk „Antriebsstrang gesamt“ der Modelle Mercedes-Benz S-Klasse und EQS im Vergleich

Quelle: DLR und IMU; Bildquelle Weltkarte: © Mapbox, © OpenStreetMap

Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung

Im Vergleich der Wertschöpfungsnetzwerke „Antriebsstrang gesamt“ der Fahrzeugmodelle Mercedes-Benz S-Klasse und EQS sind noch eindeutiger geografische Verschiebungen als beim vorherigen Modellvergleich bei Volkswagen zu erkennen. Verschiebungen hin zu einem zunehmenden Grad der vertikalen Integration zum OEM sind nicht zu erkennen, allerdings perspektivisch bei weiteren Modellen des Herstellers zu erwarten. So will Mercedes-Benz zukünftig u. a. die Produktion von E-Motoren und Getriebeeinheiten in die eigenen Wertschöpfungsaktivitäten integrieren.

Rund 77 % der 128 Komponenten und Bauteile im Antriebsstrang der S-Klasse stammen aus Deutschland. Werden Produktionsstandorte aus dem EU-Ausland hinzugezählt, erhöht sich dieser Anteil auf insgesamt fast 90 %. Aus dem asiatischen Raum hingegen werden für die S-Klasse ca. 2 % der Komponenten bezogen, aus dem US-amerikanischen Raum ca. 4 %. Insgesamt werden für die S-Klasse rund 93 % der Bauteile im Antriebsstrang fremdbezogen, davon stammen rund 19 % aus dem Ausland. Für die Eigenfertigung der S-Klasse wurde ein auf den Komponenten basierender Wertschöpfungsanteil von rund 23 % des OEM und ein Wertschöpfungsanteil von ca. 67 % der Zulieferer ermittelt. Wichtig ist, dass ca. 8 % der Wertschöpfung für Bauteile der Komponenten „Abgas- und Kraftstoffanlage“ und ca. 1 % im Bereich „Thermomanagement“ nicht zugeordnet werden konnten. Diese Bauteile beziehen sich beispielsweise auf Pumpen, SCR-Systeme und Kondensatoren. Sie können mit hoher Wahrscheinlichkeit dem Wertschöpfungsanteil der Zulieferer zugeordnet werden, so dass dieser unter Berücksichtigung dieser Annahme von ca. 67 % auf 77 % ansteigen würde.

Im Vergleich dazu stammen beim EQS nur 38 % der 34 identifizierten Komponenten und Bauteile im Antriebsstrang direkt aus Deutschland; werden die Anteile aus dem EU-Ausland addiert, dann kann ein Anteil von 44 % dargestellt werden. Aus dem asiatischen Raum werden ca. 41 % der Komponenten und Bauteile des EQS geliefert. Insgesamt werden beim EQS ca. 91 % der Teile fremdbezogen, davon stammen knapp 53 % aus dem Ausland. Der Eigenfertigungsanteil des Herstellers liegt beim EQS bei ca. 11 % und damit rund 13 % niedriger als bei der S-Klasse. Zu begründen ist dies u. a. mit der noch nicht vorhandenen In-house-Fertigung der elektrischen Antriebseinheit. Der Zuliefereranteil an der Wertschöpfung steigt dafür im Vergleich zur S-Klasse um acht Prozentpunkte auf ca. 75 % an. Auch bei dieser Analyse konnten nicht abschließend alle Bauteile im Antriebsstrang eindeutig zugeordnet werden: rund 13 % der Wertschöpfung für Bauteile der Komponenten „Leis-

tungselektronik“ und ca. 1 % im Bereich „Thermomanagement“. Diese beziehen sich beispielsweise auf Klimasystemelemente und -kondensatoren sowie auf Adapter, Stecker, Systemschutzkomponenten, Laderegler und Sensoren. Sie können mit hoher Wahrscheinlichkeit dem Wertschöpfungsanteil der Zulieferer zugeordnet werden, so dass dieser unter Berücksichtigung dieser Annahme von ca. 75 % auf 89 % ansteigen würde.

5.8 Zwischenfazit und Auswirkungen auf die Automobil- und Zuliefererindustrie

Aus den vorangegangenen Untersuchungen von Strategien der Hersteller in der Transformation zeichnet sich durchgängig ein Trend hin zur zunehmenden Elektrifizierung des Pkw-Produktportfolios bei allen untersuchten Automobilherstellern ab. Der avisierte Ausbau des Produktangebots bei elektrifizierten und vollelektrischen Fahrzeugmodellen führt zu einer Fokussierung auch bei den dahinterliegenden Plattformkonzepten. Diese werden bei allen Herstellern entweder an steigende Elektrifizierungsgrade angepasst oder als dedizierte E-Plattform gänzlich neu entwickelt. Letzteres führt zu einer vollständigen Neuausrichtung der Plattformstrategie.

Die Entwicklung von Schlüsseltechnologien und -komponenten der Elektrifizierung wird mit Investitionen in hohen Milliardenumfängen gestützt, ebenso die Bereiche der Digitalisierung und Vernetzung der Fahrzeuge sowie des automatisierten und autonomen Fahrens. Dieser Trend wird bei fast allen Herstellern begleitet und unterstützt durch unternehmens- oder sogar konzernweite Ziele, die eigene Geschäftstätigkeit und die Produktion der Fahrzeuge in Zukunft klimaneutral gestalten zu wollen – dies schließt bei mehreren Herstellern die gesamte Wertschöpfungskette ein. Die Zulieferer sind so gezwungen, Komponenten und Bauteile ebenfalls klimaneutral zu produzieren und dies gegenüber dem Hersteller nachzuweisen. Auch ist zu erkennen, dass im Zuge des Technologiewandels Automobilhersteller vermehrt vertikal integrieren wollen, um damit die eigene Wertschöpfung am Fahrzeug – insbesondere bei Schlüsselkomponenten – zu erhöhen und direkte Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz zu etablieren. Auch die Sicherung von Beschäftigungsumfängen in der Entwicklung der bestehenden Produktions- und Entwicklungsstandorte spielt dabei eine Rolle. Der Aufbau eigener Batteriewerke soll zudem strategische Abhängigkeiten von asiatischen Herstellern verringern und die Versorgung eigener Bedarfe bei steigender Nachfrage perspektivisch sichern. Diese Entwicklungen führen insgesamt zu einer Veränderung innerhalb der

Wertschöpfungsstrukturen des Produktionsnetzwerks von OEM und Zulieferern. Bei vertiefender Betrachtung fällt insbesondere auf, dass bei den untersuchten rein elektrischen Fahrzeugmodellen die jeweiligen Komponenten und Zulieferer zu großen Teilen aus dem asiatischen Raum stammen. Konventionell angetriebene Fahrzeuge wie der Golf 8 oder die S-Klasse erhalten im direkten Vergleich mit den neuen, voll-elektrischen Modellen ID.3 und EQS hauptsächlich Komponenten aus der EU, dabei zu großen Teilen aus Deutschland.

Konsequenzen für die Zuliefererindustrie

Während die OEM vor allem mit der Komplexität der Variantenvielfalt, einschließlich des Wandels zur Elektromobilität, und dem anhaltenden Kostendruck beschäftigt sind, liegen die Herausforderungen für die Zuliefererindustrie in der Internationalisierung der Branche, dem mittelfristigen Wegfall von Wertschöpfungsumfängen im Antriebsstrang und im Kostendruck, der von den OEM auf sie übertragen wird. Zusätzlich fordert sie die CO₂-Neutralität entlang der gesamten Wertschöpfungskette – Scope 3 – heraus, die von den OEM in den nächsten Jahren verlangt wird. Im Gegensatz zu den Herstellern sind bei den Zulieferern in Baden-Württemberg gleichermaßen global agierende Konzerne wie Bosch, Mahle und ZF Friedrichshafen wie zahlreiche mittlere und kleine Unternehmen vertreten. Knapp ein Drittel der deutschen Automobilzulieferer ist dabei durch kleine Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten repräsentiert (Bratzel, 2015).

Zur Berechnung der Treibhausgasemissionen wird meistens das „Greenhouse Gas-Protocol“ benutzt, es unterscheidet drei Kategorien („Scopes“).

- Scope 1: direkte Emissionen durch Kraftstoffverbrennung z. B. zur Wärme- und Energiegewinnung sowie flüchtige Emissionen
- Scope 2: Emissionen aus zugekaufter Energie (Strom, Wärme/Dampf)
- Scope 3: gekaufte Waren und Dienstleistungen, Geschäftsreisen, Pendler, Abfallentsorgung, Verwendung gekaufter Produkte, Transporte und Lieferungen, Investitionen ...
(Quelle: Carbontrust, 2021)

Die bislang steigende Modell- und Variantenvielfalt brachte Wettbewerbsvorteile für die Unternehmen der Zuliefererindus-

trie, die hohe Fertigungsqualität und Termintreue auch bei steigenden bzw. schwankenden Stückzahlen gewährleisten konnten. Gleichzeitig hat die zunehmende Modularisierung von Bauteilen die Voraussetzung für eine kontinuierliche Vergabe von Wertschöpfungsumfängen an die Zuliefererindustrie geschaffen. Die Zulieferer haben sich dabei auf die Produktion entweder von Gleichteilen oder von Varianten spezialisiert. Gleichteillieferanten profitieren dabei von größeren Auftragsvolumina und größerem Umsatz bei sinkenden Stückkosten durch Skaleneffekte, haben aber höhere Fixkosten durch Investitionen in Produktionsanlagen und müssen Rationalisierungseffekte über Preisnachlässe an die Hersteller weitergeben. Zudem sind sie stärker von einzelnen OEM abhängig. Spezialisieren sie sich dagegen auf diejenigen „sichtbaren“ Teile, die verschiedene Varianten voneinander unterscheiden, liegen ihre Chancen in steigenden Auftragseingängen und geringerem Kostendruck bei Nischenprodukten. Gleichzeitig müssen sie ihre Produktions- und Auslastungssteuerung beherrschen, weil die Stückzahlen je Auftrag eher abnehmen, das Einsparpotenzial durch Prozessoptimierungen gering ist und der Maschinenpark auch bei schwankender Auslastung profitabel betrieben werden muss. Hier besitzen kleinere und mittelständische Zulieferer Wettbewerbsvorteile (Bratzel, 2015).

Europäischer Emissionshandel

Seit 2003 müssen fünf Industriebranchen (Eisen- und Stahlverhüttung, Kokereien, Raffinerien und Cracker, Zement- und Kalkherstellung, Glas-, Papier- und Ziegelindustrie sowie die Papier- und Zelluloseproduktion) für ihre Emissionen Zertifikate nachweisen, so dass hier Kohlendioxid- und weitere THG-Emissionen bepreist werden. Seit 2012 muss der Luftverkehr und seit 2013 müssen auch die chemische Industrie sowie Tätigkeiten mit Nichteisenmetallen, sonstige Verbrennung und die mineralverarbeitende Industrie für ihre Emissionen kostenpflichtige Zertifikate nachweisen. Im Herbst 2021 wurde in Deutschland der nationale Emissionshandel auch auf Wärme und Verkehr beziehungsweise auf „Inverkehrbringer“ von Brennstoffen ausgeweitet. Die Automobilindustrie ist nicht in den europäischen Emissionshandel einbezogen, indirekt aber über Lieferketten – beispielsweise über die Stahlherstellung – betroffen.

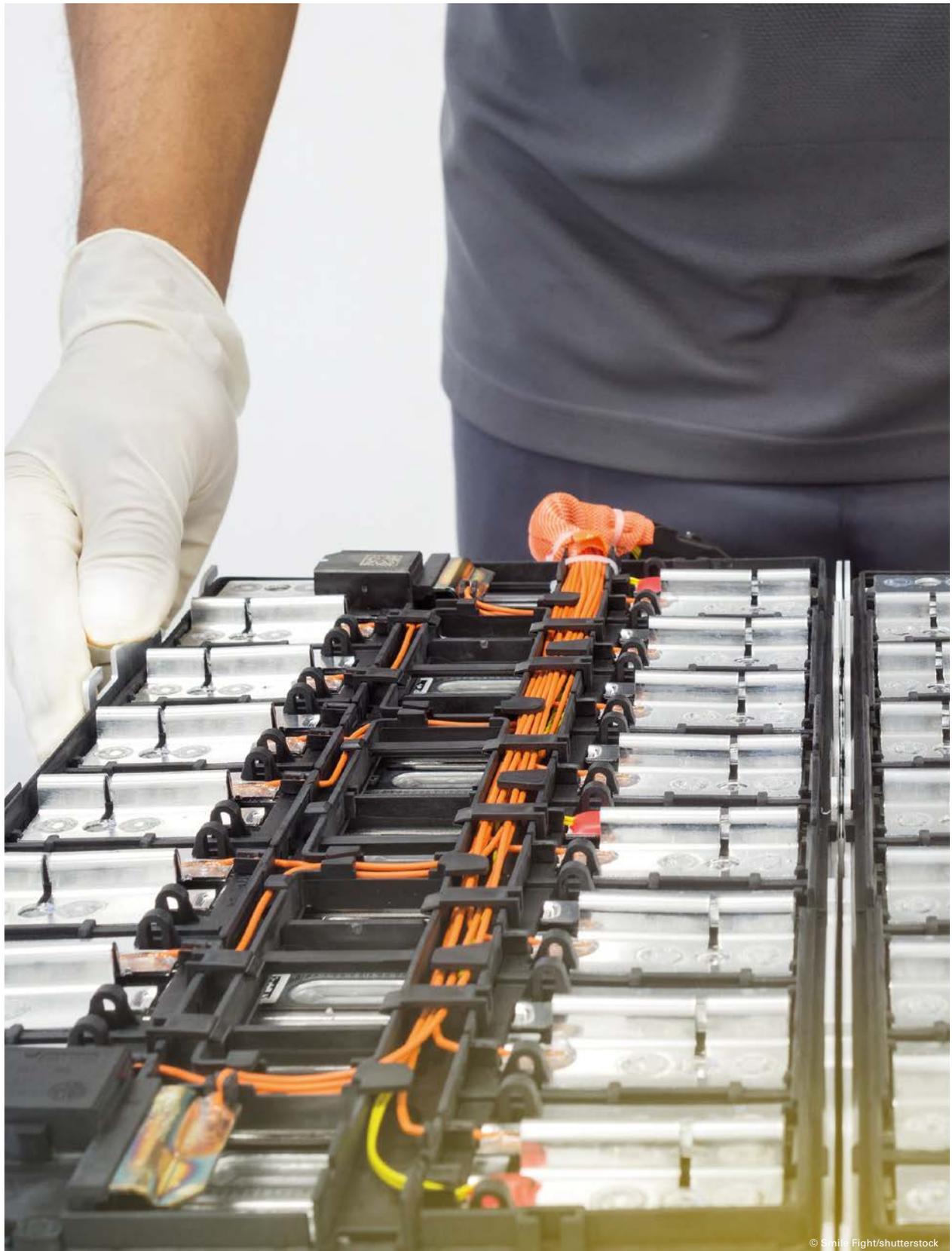
Die Wertschöpfung hatte sich in den vergangenen Jahren immer stärker von den OEM hin zu den Zulieferern verschoben, Letztere besitzen derzeit einen Anteil von 70 bis 80 % an der automobilen Wertschöpfung. Eine niedrige Fertigungstiefe des einzelnen Unternehmens – beziehungsweise die hohe unternehmensübergreifende Arbeitsteilung – ist bei hohen Stückzahlen und einem starken Preisdruck in der Automobilindustrie vorteilhaft, macht die Hersteller jedoch auch stark von den Zulieferern abhängig.

Derzeit ist die Tendenz zu erkennen, dass OEM auch durch die Rücknahme von Aufträgen die eigene Wertschöpfung und Beschäftigung im Zuge der zunehmenden Elektrifizierung steigern oder zumindest konstant halten wollen. So fertigt Mercedes-Benz in Untertürkheim künftig das elektronische Antriebssystem (EATS) selbst, nachdem ZF Friedrichshafen den Auftrag für die erste Modellgeneration hatte. Auch Volkswagen hat in Zwickau die eigene Wertschöpfung zu Lasten der Zulieferer erhöht. Chancen bestehen für Zulieferer vor allem dann, wenn sie in die Teileentwicklung eingebunden sind oder sich auf das Premiumsegment spezialisiert haben. Insbesondere Zulieferer im kostensensitiven Volumensegment sind einem anhaltenden Kostendruck ausgesetzt.

Die anhaltende Internationalisierung der OEM fordert insbesondere die mittelständischen Zulieferer, weil die Hersteller auf regionales Sourcing setzen, also den Materialeinkauf vor Ort. Daher müssen die Zulieferer kundengetrieben auch in den anderen Weltmarktregionen produzieren, um weiterhin bei Vergaben berücksichtigt zu werden („Follow your Customer“) – diese Entwicklung wird in Kapitel 6 weiter ausgeführt. Dagegen ist eine kostenorientierte Auslandsproduktion vor allem für diejenigen Zulieferer eine Chance, die sich durch die Produktion großer Stückzahlen (statt technologisch innovativer Produkte) am Markt behaupten. Hier stehen niedrige Personalkosten im Vordergrund, gefolgt von niedrigeren Energie- und Rohstoffkosten.

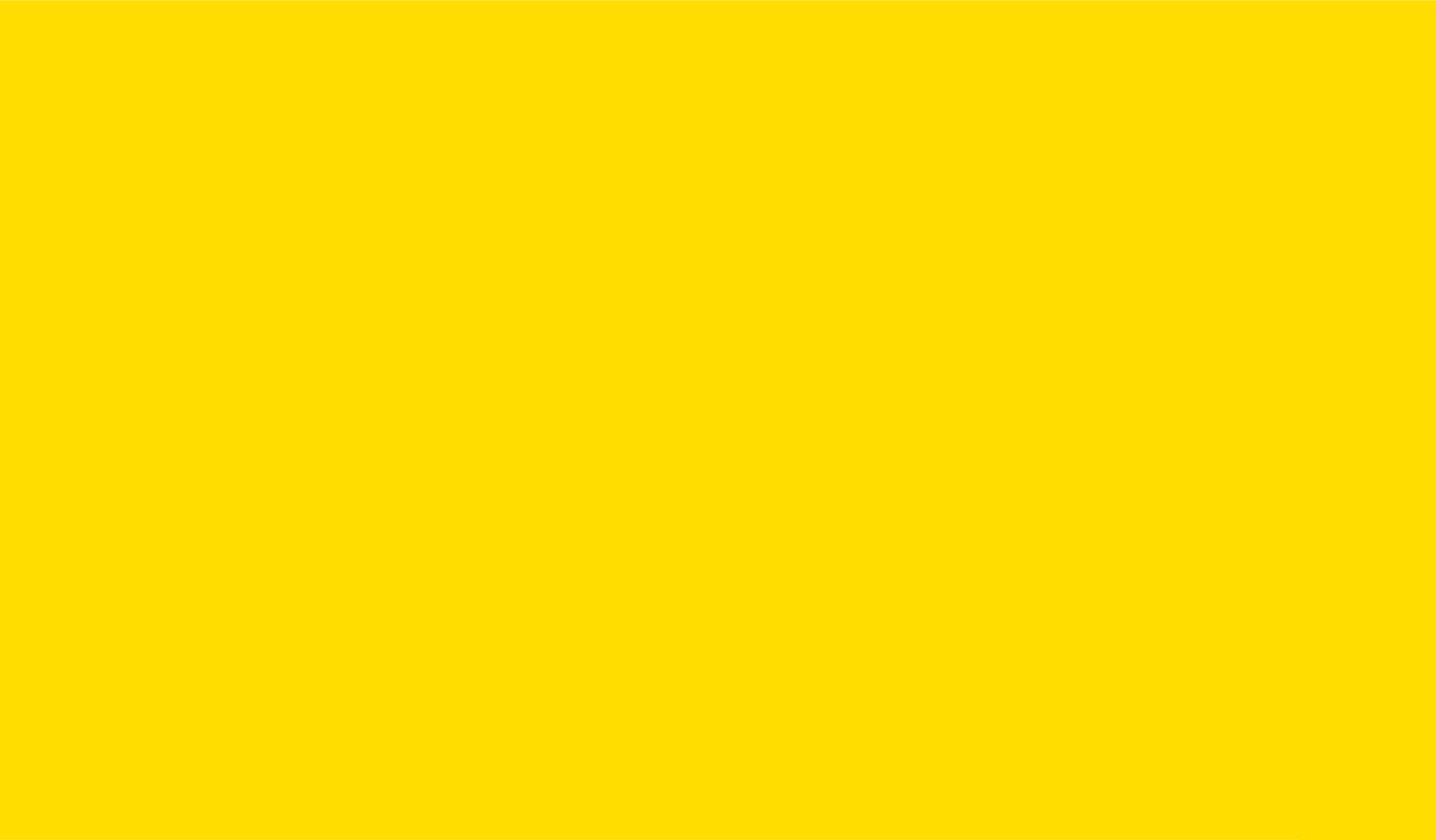
Offen ist, ob der Wechsel zur Elektromobilität tatsächlich zu einer langfristigen Verschiebung von Wertschöpfungsanteilen führt. Die obigen Analysen spezifischer Fahrzeugmodelle lassen aber einen eindeutigen Trend hin zu sowohl einer geografischen Verschiebung (v. a. nach Asien) als auch einer höheren vertikalen Integration bei Automobilherstellern erkennen. Weitere Untersuchungen sollten zeigen, ob diese Entwicklungen auch bei anderen Automobilherstellern und Fahrzeugmodellen stattfinden und die zugehörigen Wertschöpfungsnetzwerke so vor einer grundlegenden Veränderung

ihrer Struktur stehen – mit potenziell großen Auswirkungen für in Deutschland ansässige v. a. kleine und mittlere Zulieferer.



06

Veränderung von Lieferantenbeziehungen und Lieferketten



06

Veränderung von Lieferantenbeziehungen und Lieferketten

In Kürze

- In der hoch arbeitsteiligen Automobilindustrie ist das Lieferkettenmanagement über die gesamte Wertschöpfung hinweg zu einem Erfolgsfaktor für die jeweiligen OEM geworden.
- Die weltweiten Produktionsnetzwerke der Automobilindustrie entwickeln sich zu einem Muster „local-for-local“, also zu zunehmend mehr und jeweils unabhängigen Produktionsnetzwerken in Europa, Asien und Amerika.
- Erfolgreiches Lieferkettenmanagement basiert neben dem Warentransport auf zuverlässigen Informationsflüssen, die mit digitalen Technologien weiter ausgebaut werden sollten. Potenziale von Blockchain-Technologien zur Steigerung der Datensicherheit entlang von Lieferketten werden in einer Infobox beschrieben.
- Ökologische Kriterien wie CO₂-Neutralität, aber auch die Einhaltung von Menschenrechten und sozialen Mindeststandards gewinnen bei den Automobilherstellern eine immer höhere Bedeutung. Zulieferer müssen dies bei Auftragsvergaben und Einkaufsentscheidungen berücksichtigen, wengleich Beschaffungskosten weiterhin ein zentrales Kriterium bleiben. Entsprechende Verpflichtungen für Unternehmen sind erstmals im deutschen Lieferkettengesetz geregelt.

6.1 Das Management von Lieferketten

Die Lieferketten in der Automobilindustrie reichen von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Auslieferung der Produkte an Endkund:innen. Wie im fünften Kapitel gezeigt, erstreckt sich dieser so genannte „Lieferanten-Hersteller-Kunden-Verbund“ insbesondere bei den Rohmaterialien sowie bei einigen Vorprodukten und Komponenten um die gesamte Welt. Um diesen Verbund zu koordinieren, haben OEM und Zulieferer ein Lieferkettenmanagement bzw. das Supply Chain Management aufgebaut, das Produkt-, Informations- und Geldflüsse im Wettbewerb sichern und optimieren soll. Dieses Supply Chain Management ist definiert als „Aufbau und Verwaltung integrierter Logistikketten [...] über den gesamten Wertschöpfungsprozess, ausgehend von der Rohstoffgewinnung über die Veredelungsstufen bis hin zum Endverbraucher“ (Gabler, 2018). Differenziert werden kann dabei zwischen der sog. Basic Supply Chain und der Extended Supply Chain (Muchna et al., 2018). Erstere umfasst das produzierende Unternehmen, seine unmittelbaren Lieferanten (Tier 1) und direkten Kunden – das kann in der Automobilindustrie der Handel sein, teilweise sind es auch Großabnehmer wie Autovermietungen oder Logistikunternehmen oder der Direktvertrieb zu Endkund:innen. Die Extended Supply Chain erweitert das Management der Lieferkette um zusätzliche Wertschöpfungsstufen bis hin zu Lieferanten, die in den Feldern der Rohstoffverarbeitung tätig sind. Im Zuge der Veränderung von Wertschöpfungsstrategien der Automobilhersteller in der Transformation hin zu elektrifizierten Antriebssträngen wird dieses Konzept von OEM sogar noch zusätzlich erweitert – bis hin zur Stufe der Rohstoffgewinnung. So ist z. B. BMW in direkter Kooperation mit Unternehmen für den Abbau der Rohstoffe Kobalt und Lithium tätig, um sich bei absehbarer Rohstoffknappheit den Zugriff zu sichern und Transparenz entlang der Lieferkette zu gewährleisten (ecomento, 2019).

Göpfert beschreibt die Neuausrichtungen der Wertschöpfungs- bzw. Lieferkette aufgrund der stetigen Veränderungen in der Automobilindustrie hin zu beispielsweise Unternehmensfusionen, Outsourcing, Modularisierung und Kooperationen (Göpfert et al., 2017). Der Wandel zur E-Mobilität hat dabei besonders starke Auswirkungen auf die bisherige Lieferkette, da gänzlich neue Zulieferer und neue Komponenten integriert werden müssen, die darüber hinaus auf neuen – zum Teil kritischen – Rohstoffen basieren. So verändert sich dadurch auch die Beschaffungslogistik, die beispielsweise den Einkauf von Seltenerdmetallen wie Gallium und die Aushandlung langfristiger Lieferverträge für Batteriezellen oder auch für Halbleiter bei Elektronikkomponenten übernimmt.

Generell richten sich die Automobilhersteller im Zuge des Technologiewandels so aus, dass neue oder bislang nicht in ausreichendem Maße vorhandene Kompetenzen zur Produktion elektrifizierter Antriebskomponenten in einem ersten Schritt von (neuen) Zulieferern bezogen werden. Eignen sich die OEM in einem weiteren Schritt selbst Kompetenzen in der Entwicklung und Produktion der neuen Komponenten und Technologien an, dann können sich die Wertschöpfungsanteile wieder weg von den Zulieferern und hin zu den Automobilherstellern verändern. Damit steigt der Grad der vertikalen Integration der OEM perspektivisch an. Dieser Aufbau neuer Kompetenzen erfolgt oft durch die Übernahme von Unternehmen, die sich auf die jeweilige Technologie spezialisiert haben. Das ist oft schneller als der Umbau von Produktionsanlagen und die Qualifizierung der Mitarbeiter:innen.

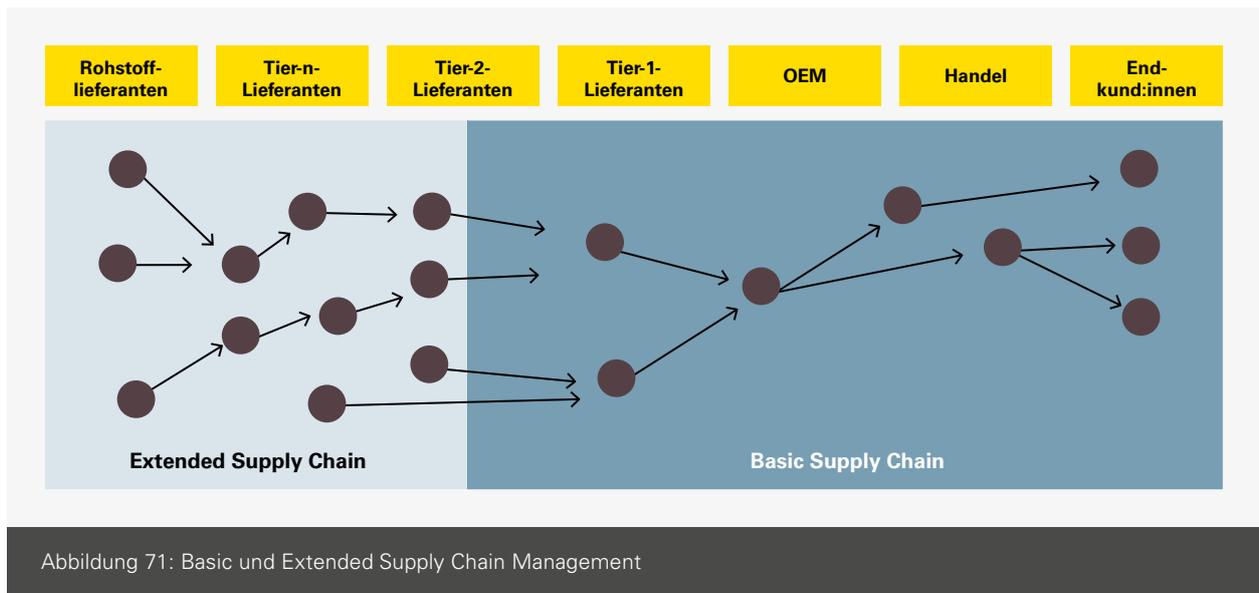


Abbildung 71: Basic und Extended Supply Chain Management

6.2 Zuliefererstrukturen in der Automobilindustrie

Die heutige Lieferkette in der Automobilbranche besitzt bis zu fünf interne und zehn externe Stufen (Proff, 2020). Automobilhersteller stehen hierbei als Integrator an der Spitze eines hierarchischen Zulieferersystems, das durch Arbeitsteiligkeit zwischen OEM und Zulieferer geprägt ist und sich zudem durch hohe Modularität und Flexibilität bei Auswahl und Einsatz der Lieferanten auszeichnet.

Die OEM und Tier-1-Zulieferer beeinflussen das Gefüge ihrer jeweiligen Lieferanten, indem sie die Zahl direkter Zulieferer begrenzen. Dieses mit dem Bild der „Zuliefererpyramide“ beschriebene Gefüge baut darauf, dass die Hersteller und einige global tätige Zulieferer an der Spitze stehen, denen je nach Komplexität der Vorprodukte und Anteile an den Produkt- und Prozessinnovationen abgestuft die Entwicklungsdienstleister, Kontraktfertiger, Just-in-Sequence- und Just-in-Time-Lieferanten sowie Logistikdienstleister als Tier-2- bis Tier-n-Zulieferer folgen. Auf der untersten Ebene (z. B. Tier 3) werden meist hochgradig standardisierte Teile, z. B. Schrauben, hergestellt, auf der nächsthöheren Ebene (z. B. Tier 2) Komponenten wie z. B. Rotor, Stator, Ventile oder Zylinder. Auf der höchsten Ebene der Systemlieferanten (z. B. Tier 1) werden hieraus Module und Systeme aufgebaut, z. B. Batteriemodule, Brems- oder Lenksysteme bzw. der Antriebsstrang, und diese werden dann an den Automobilhersteller zur Endmontage im Fahrzeug geliefert. Die Position in der Zuliefererpyramide und die Abhängigkeit von einzelnen Kunden bzw. OEM gibt maßgeblich die Abhängigkeit des Unternehmens und damit den Gestaltungsrahmen der eigenen Unternehmensstrategie vor; OEM besitzen mit ihrer Nachfragemacht hier zentrale Positionen (vgl. Blöcker, 2020; Bratzel, 2015; Scheuplein, 2011). Das enge Zusammenspiel von OEM und Zulieferern hat sich in einer langen Phase des Branchenwachstums herausgebildet. Es gilt als ein wichtiges Element der Premium- und Qualitätsstrategie deutscher OEM, blieb trotz eines hohen Kosten- und Preisdrucks langfristig erhalten und kann als „produktionswissensbasiertes Innovationscluster“ beschrieben werden (e-mobil BW, 2019a; Scheuplein, 2011).

Das Bild der Zuliefererpyramide beschreibt dabei modellhaft auch eine Stufung der Zulieferer nach Komplexität des Vorprodukts. Die Zulieferer in der Automobilindustrie übernehmen seit den 1980er Jahren immer größere Wertschöpfungsanteile, auch indem sie komplexere Aufgaben lösen und komplexere Teile produzieren. Damit kommen ihnen auch höhere Verpflich-

tungen bei der Finanzierung von Vorprodukten und Materialien zu. Für die OEM bestand und besteht in der Verringerung ihrer eigenen Wertschöpfungstiefe und der Auslagerung an Zulieferer ein Hebel zur Ertragsmaximierung.

Die hoch arbeitsteilige und internationalisierte Wertschöpfungskette stellt hohe Anforderungen an die Unternehmen, um eine störungsfreie Versorgung zu gewährleisten. Vom ursprünglichen Einkauf bzw. von der Beschaffung ausgehend haben OEM und Tier-1-Zulieferer dafür mittlerweile ein Lieferanten- bzw. Supply Chain Management aufgebaut. Lag der Fokus in der Ausgestaltung der Lieferbeziehungen anfangs v. a. auf der Frage, ob Vorprodukte oder Komponenten selbst hergestellt oder günstiger zugekauft werden können („make or buy“), werden die Zulieferer heute von den OEM auditiert/zertifiziert, bei der Optimierung der Produktionsprozesse beraten und bei Bedrohungen der Lieferkette finanziell oder mit anderen Mitteln unterstützt. Da die Produktion der Zulieferer durch die OEM aufwändig freigegeben wird, findet ein Wechsel des Zulieferers in einer laufenden Modellreihe fast nie statt.

Über die Gesamtheit der Lieferanten hinweg müssen Qualitätssicherung sowie Produkt- und Prozessinnovationen gesteuert und ein Risikomanagement betrieben werden. Die damit erfolgte Professionalisierung der Beschaffung analysiert und bewertet in Lieferantenaudits umfassend die Zulieferer. Zu zentralen Themen wie Liefertreue, Qualität und Prozessgüte kommen aktuell neue Kriterien der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit dazu – unter anderem getrieben durch das Lieferkettengesetz und die politischen Anforderungen an Klimaneutralität.

Dabei steht zunächst der Transport von Materialien und Vorprodukten im Vordergrund, wengleich der Informations- und Zahlungsfluss die Netzwerkbeziehungen weniger sichtbar prägt. Im fünften Kapitel, bei der Beschreibung der Produktionsstrategien und der Flexibilisierung der Produktionsnetzwerke, wurde die große Bedeutung eines schnellen und zuverlässigen Informationsaustauschs deutlich (Linnartz, 2020; VDA 2021e; Bratzel, 2015). Genauer betrachtet wird das Management der Lieferketten und die Zuliefererstrukturen in der Automobilindustrie, bevor der Ausblick auf den Wandel der Lieferbeziehungen und Produktionsstandorte das Kapitel abschließt.

Der Wettbewerb zwischen den OEM schließt die Organisation der gesamten Lieferkette ein. Zur Bewältigung der Modell- und Variantenvielfalt in Verbindung mit zunehmend flexiblerer Pro-

duktion, hohen Qualitätsanforderungen, einem hohen Wertschöpfungsanteil der Zulieferer und dem Kostendruck ist das Lieferkettenmanagement beziehungsweise ein „kollaboratives Wertschöpfungsnetzwerk“ insbesondere für die OEM ein zentrales Element der Unternehmenssteuerung (Silbernagel et al., 2019).

„Die effiziente Übertragung, Verwaltung, Auswertung und Nutzung aller notwendigen Daten über die komplette Supply Chain ist der Schlüssel zur Hebung von wirtschaftlichen Potentialen und die Basis einer optimalen Produktionssteuerung zwischen Lieferanten und OEM. Dafür ist ein gemeinsames Verständnis für die Bedeutung der Daten erforderlich, aber auch die Schaffung entsprechender Standards und Regelwerke.“ (VDA, 2021d)

Idealtypische Lieferprozesse in der Automobilindustrie

Der VDA (2020c und 2008; ergänzt Bratzel, 2015) beschreibt einen „typischen“ (oder idealen) Lieferprozess in der Automobilindustrie wie folgt.

- In langfristigen Lieferbeziehungen sind zwischen den Zulieferern und ihren Kunden (OEM oder Zulieferer mit höherer Position in der Lieferkette) die Vertragszeiträume und Gesamtliefermengen vereinbart, in den Rahmenverträgen ist zu jedem einzelnen Teil auch das Logistikkonzept geregelt. Dabei werden Maximum- und Minimumabrufe vereinbart, die Reichweite kann in Zeiteinheiten oder Stückzahlen angegeben werden. Außerdem wird der Informationsaustausch (v. a. eingesetzte Technik, Datenstand, Häufigkeit) verabredet. Zudem werden

sogenannte „Savings“ vereinbart – also Preisnachlässe mit zunehmender Produktionsdauer, die erwartete Rationalisierungseffekte bei den Zulieferern einschließen.

- Bedarfe werden in einem mehrstufigen Verfahren und mit zunehmender Termin- und Mengenkonzretisierung von den Kunden gemeldet: In einer Vorausschau erhält der Zulieferer den Bedarf entsprechend der Produktionsplanung; in Abrufmeldungen wird der Bedarf für einen kurzfristigen Zeitraum konkretisiert. Je nach vereinbarten Lieferbeziehungen erhalten die Zulieferer dabei entweder Mengen-Termin-Angaben oder Spannen mit Mindest- und Maximalzahlen, bei denen die Zulieferer ihre Mengen selbst steuern müssen. „Feinabrufe“ mit einer Reichweite von fünf bis maximal 18 Arbeitstagen können die Lieferabrufe noch einmal genauer steuern.
- Entsprechend den Abrufen produziert der Lieferant die Waren und bereitet sie für die vereinbarte Lieferform vor; anschließend werden die Waren wie vereinbart geliefert bzw. von den Kunden abgeholt. Die Lieferung wird den Kunden in der sogenannten „Lieferavis“ angekündigt. Gegebenenfalls wird der Transport auch an einen Logistikdienstleister ausgelagert.

Dieser Informationsaustausch mit zunehmender Konkretisierung des Lieferabrufs stellt einen Kompromiss zwischen hoher Variantenvielfalt – und dem damit verbundenen Wunsch nach Flexibilität in der Produktion – und der letztlich für den OEM, aber auch für seine Lieferanten, erforderlichen Festlegung einer Produktionsreihenfolge, der „Perlenkette“. Die zunehmende Digitalisierung der Industrie erhöht die Flexibilität in der Produktion – und damit die Möglichkeiten zur Individuali-

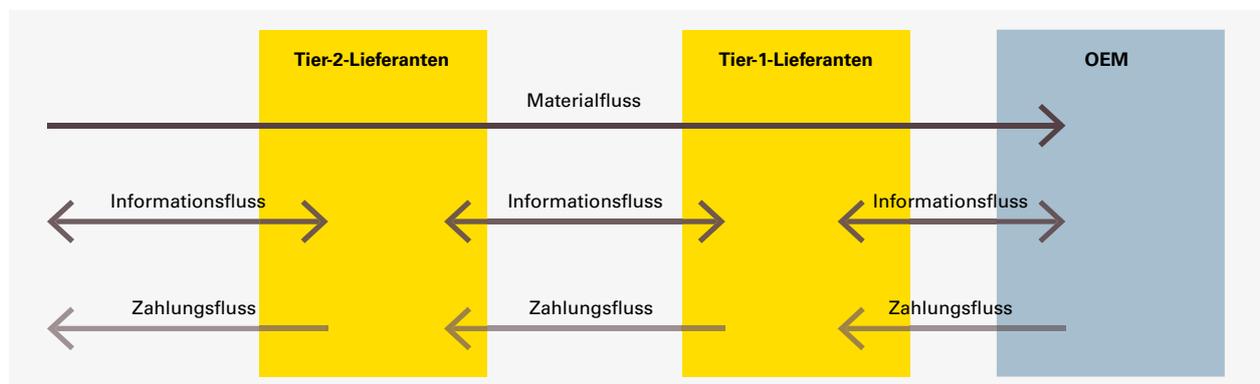


Abbildung 72: Material-, Informations- und Geldaustausch als Elemente der Wertschöpfungskette

sierung des Fahrzeugs – selbst, wie bereits in Kapitel 5.5 für das Beispiel der Lackiererei beschrieben wurde. Erfolgt die Individualisierung der Fahrzeuge zunehmend über die Software, also erst kurz vor der Auslieferung, kann der Flexibilisierungsdruck durch die Variantenvielfalt in der Produktion wieder verringert werden.

Im Zuge langjähriger Kostenoptimierung gelten lagerlose Belieferungskonzepte wie JIS (Just-in-Sequence) und JIT (Just-in-Time) als Standardbelieferungsformen in der Branche; Lagerhaltung wird möglichst vermieden bzw. auf eine Wertschöpfungsstufe reduziert. Bei Kalkulationen in der Branche werden die Gesamtkosten betrachtet – beispielsweise als TLC (Total Landed Cost) oder TCO (Total Cost of Ownership). Der VDA als Branchenverband hat unternehmensübergreifende „Automotive Standards“ formuliert, um einen möglichst effizienten und störungslosen Waren- und Informationsfluss entlang der gesamten Lieferkette sicherzustellen (VDA, 2008). Die Verringerung von Lagern steht im Widerspruch dazu, dass Flächen z. B. zur Nachbearbeitung oder bei Störungen der Lieferkette benötigt werden. Mit der Reduktion der Lager wurden jedoch Puffer zum Ausgleich von Lieferkettenstörungen zunehmend verringert.

Kanban, Just-in-Time und Just-in-Sequence als Standard-Lieferformen

Die Vermeidung von Lagern führt in Konsequenz in der Automobilbranche zu Kanban, JIT und JIS als weit verbreiteten Lieferformen. Die Anlieferung von kleineren, nicht individualisierten Teilen („Schüttgut“) wird mittels „Kanban“ (japanisch für Karte oder Beleg) gesteuert, sie orientiert sich am tatsächlichen Verbrauch. Ist eine bestimmte Materialmenge aufgebraucht (z. B. Schrauben), wird die Nachbestellung ausgelöst. Das kann über leere Kanban-Behälter oder Kanban-Karten ablaufen. Im Zuge der Digitalisierung lösen geleerte Behälter selbstständig ein Bestellsignal aus. Dadurch wird der Materialbestand am Produktionsort möglichst niedrig gehalten. Dieses „Pull-Prinzip“ zieht sich bis zu den Kund:innen durch, deren Bestellung erst den Anstoß für die Fahrzeugproduktion gibt.

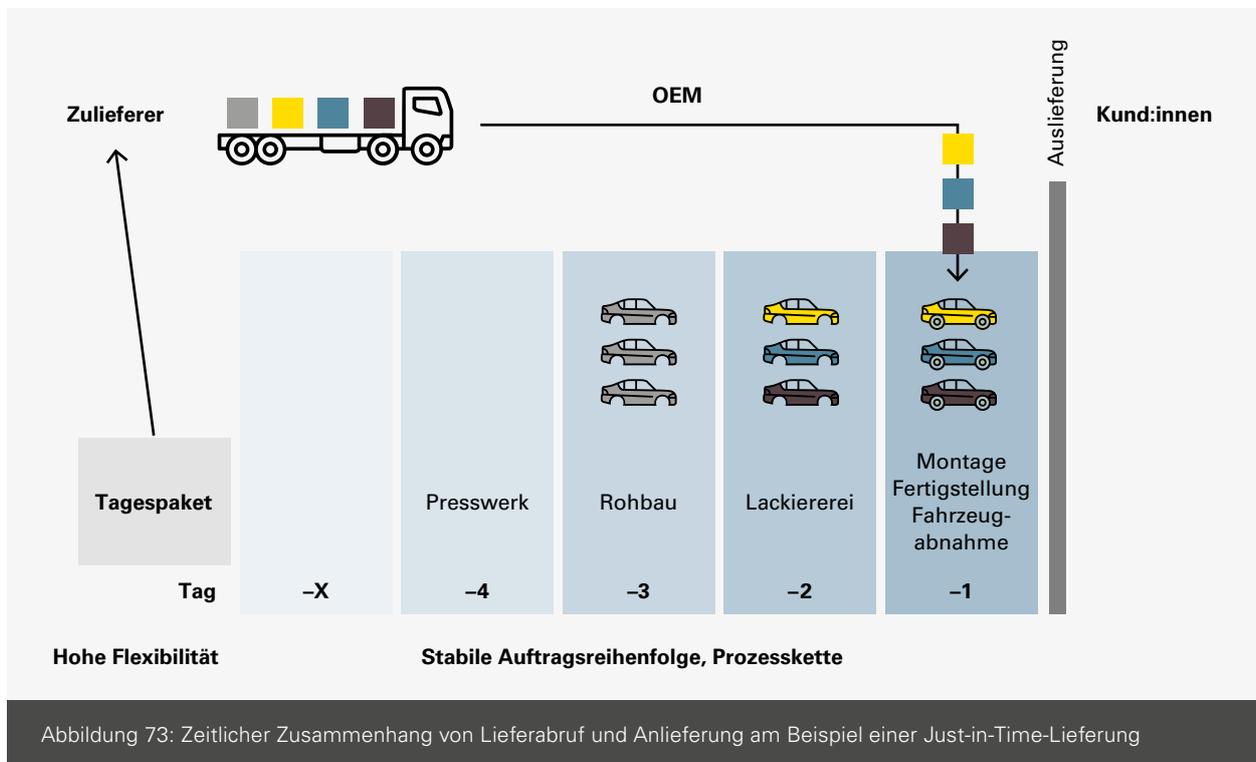


Abbildung 73: Zeitlicher Zusammenhang von Lieferabruf und Anlieferung am Beispiel einer Just-in-Time-Lieferung

Kanban: Kleine Lager werden verbrauchsabhängig wieder gefüllt

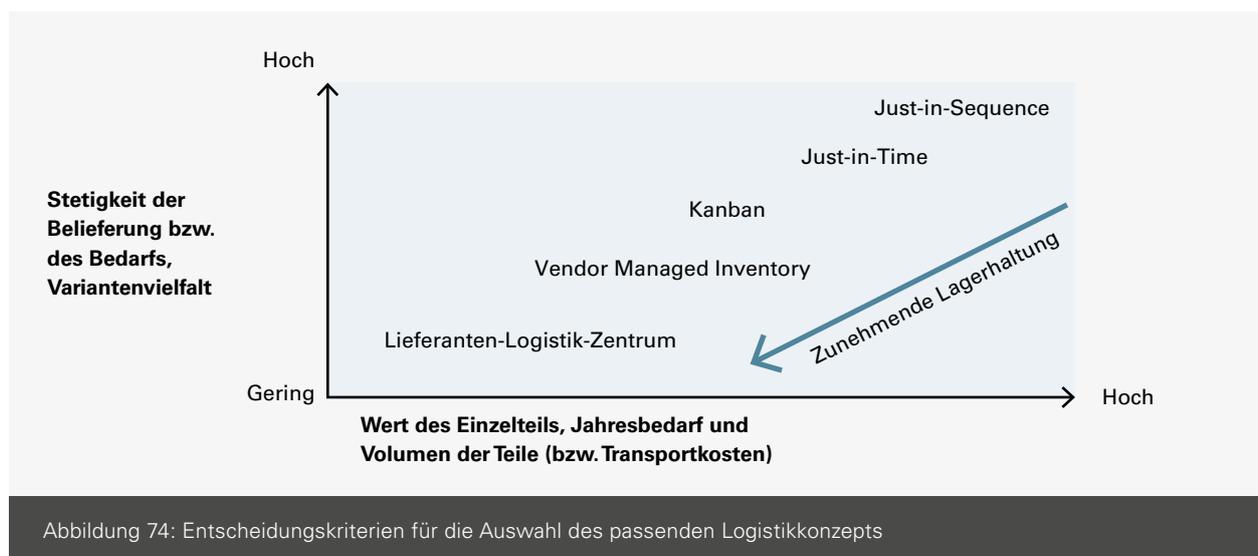
Just-in-Time (JIT): Die lagerlose Lieferung erfolgt zu dem Zeitpunkt, an dem die Teile beim Kunden benötigt werden

Just-in-Sequence (JIS): Die Varianten (z. B. unterschiedliche Bezugstoffe, Lenkradformen und -materialien, Motor-, Getriebe- oder Ausstattungsvarianten) werden – ebenfalls lagerlos – in der Reihenfolge geliefert, wie sie gemäß der Auftragsreihenfolge verbaut werden

Die JIT-Belieferung zielt auf die zeitliche Abstimmung der Zulieferer mit ihrem Kunden. Mit zunehmender Variantenzahl wird über JIS zusätzlich die Reihenfolge der Teile/Komponenten mit deren Verbau beim OEM synchronisiert, um Bestände und Aufwand zu minimieren. JIS bietet sich vor allem bei Bauteilen mit einer hohen Variantenzahl, einem verhältnismäßig großen Wertschöpfungsanteil und einem großen Volumen an (VDA, 2008). In den letzten Jahren lagen nach langjährigen Steigerungen die Anteile für JIT bei 20 bis 30 % der Gesamtbeschaffungsmenge, die für JIS sogar bei bis zu 50 % (Wannenwetsch, 2021, Göpfert et al., 2016). Beide Lieferarten können kombiniert werden. Je länger der Transportweg ist, desto wichtiger wird eine zuverlässige und termingerechte

Anlieferung („Perlenkettengüte“) – beziehungsweise desto generell stör anfälliger sind die Lieferketten (Transportwege und Verkehrsaufkommen, Zollabfertigung etc.). Dadurch lassen sich Zwischenlager nicht gänzlich vermeiden. Je regelmäßiger die Belieferung erfolgt bzw. je höher die Stückzahlen gleicher Teile oder Vorprodukte sind, desto stärker geht die Verantwortung auf die Belieferung auf den jeweiligen Zulieferer über – beispielsweise über den lieferantengesteuerten Bedarf (Vendor Managed Inventory, VMI) oder über den Aufbau von Logistikzentren durch die Lieferanten selbst.

Ausschlaggebend für die jeweilige Materialversorgung sind Kriterien wie der Wert des Einzelteils, der Jahresbedarf und das Teilevolumen sowie die Spanne zwischen niedriger und hoher Varianz und Verfügbarkeit bei den Zulieferern. Die Lieferkette wird möglichst weit nach dem Kanban-Prinzip gesteuert, also nach dem tatsächlichen Materialverbrauch. Bei dessen konsequenter Umsetzung beginnt der Zulieferer erst dann mit seiner Produktion, wenn die Bestellung bei ihm eingegangen ist. So passt sich die Produktion flexibel der tatsächlichen Nachfrage an, Überproduktion und Lagerbestände werden vermieden und Kosten optimiert. Auch die gewählte Transportform richtet sich nach Kriterien wie Lieferhäufigkeit/Lieferrhythmus, Ladungsstruktur (Platzbedarf, Sperrigkeit, Gewicht) sowie Routenmerkmalen zwischen den Produktionsstandorten des Lieferanten und des Kunden, der Kontinuität bzw. Varianz des Transportvolumens im Zeitablauf und eventuell, ob verschiedene Transportmengen kombinierbar sind (VDA, 2008).



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung in Anlehnung an VDA, 2008

Abbildung 74: Entscheidungskriterien für die Auswahl des passenden Logistikkonzepts

Die Kunden (insbesondere OEM oder Tier-1-Zulieferer) entscheiden, ob je nach Produkt an einen abnehmernahen oder einen abnehmerfernen Lieferanten vergeben wird. OEM machen den Zulieferern auch dementsprechende Vorgaben zum Produktionsstandort. In den 1990er bis 2000er Jahren gab es einige Ansätze, die JIT-Lieferanten in unmittelbarer Nähe zum OEM anzusiedeln, wie es beispielsweise beim Aufbau des Zulieferparks in Rastatt verfolgt wurde. Den Gegenpol dazu bilden die kostengetriebenen Produktionsverlagerungen oder Beschaffungen bei Zulieferstandorten in Osteuropa. Aus der Vorlaufzeit zwischen dem Abruf durch den Kunden und dem Zeitpunkt der Anlieferung ergibt sich die maximal mögliche Transportdauer und damit die Entfernung des Zulieferers zum Kunden.

Informations- vs. Stoffströme

Parallel zum Transport des Materials bzw. der Vorprodukte läuft der Informationsaustausch. Ziele er zunächst auf die Auftragsabwicklung, wurde er stetig erweitert um Informationen wie den Auftragsstand bei den Zulieferern, Prozessdaten (unter anderem für die Qualitätssicherung) sowie die Nachverfolgung und Dokumentation des Material- und Warenflusses.

Der Informationsfluss in der Automobilindustrie begann in den 1980er Jahren (Odette, 2022) als maschineller Datenaustausch über EDI (Electronic Data Interchange) bzw. EDIFACT (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport), einen branchenübergreifenden und internationalen Standard für den Datenaustausch im Geschäftsverkehr. Die entsprechenden Verfahren sind in Anweisungen des VDA (z. B. VDA, 2020d, 2020e, 2008) für den weltweiten Informationsaustausch beschrieben. Für die Liefervorschau und den konkreten Versandabruf sowie die Lieferankündigung des Zulieferers gibt es spezifische Vorlagen, ebenso für die elektronisch übermittelte Rechnungsstellung bzw. Gutschrift. Gestuft ist auch die Verbindlichkeit der Meldungen: Mit etwas längerem Vorlauf werden regelmäßig im Forecast Mengengerüste vom Kunden kommuniziert, während erst z. B. JIT-Lieferanweisungen verbindliche Versandanweisungen sind. Je nach Produkt und Vorlaufzeit können die entsprechenden Ankündigungen von zwei oder drei Wochen vor Warenabruf über wöchentliche bis hin zu täglichen Meldungen wechseln. Erst bei den konkreten Bestellungen übernimmt der Kunde die Verantwortung für die Abnahme der Bestellung (VDA, 2008). Ist im Rahmenvertrag eine Mindest- und Maximalabnahme vereinbart, obliegt es dem Lieferanten, seine Produktionskapazität und seine eigene Beschaffung entsprechend zu disponieren. Informati-

ons- und Stoffflüsse sind die Grundlage der weltweiten Lieferbeziehungen. Parallel zum Ausbau des Informationsflusses werden weltweit die Transportwege weiter ausgebaut – wie die von China betriebene „neue Seidenstraße“. Die Bedeutung der Handelspolitik wurde in Kapitel 2 im Exkurs zum „Brexit“ aufgezeigt. Im nächsten Abschnitt wird die der Wandel der Lieferbeziehungen als Ausblick beschrieben.

Das Lieferkettengesetz

Die Bundesregierung verabschiedete am 11. Juni 2021 das Lieferkettensorgfaltspflichten-gesetz (oft als „Lieferkettengesetz“ abgekürzt), das 2023 in Kraft tritt. Dieser Schritt folgte aus der Forderung des Koalitionsvertrags von CDU/CSU und SPD (2018) nach einer unternehmerischen Sorgfaltspflicht, der sie gesetzlich nachkommen wollten, wenn durch Freiwilligkeit keine entsprechenden Prozesse in den Unternehmen eingeleitet werden. Ziel des Gesetzes ist es, die Einhaltung von Menschenrechten entlang der gesamten globalen Lieferkette zu verbessern. Unternehmen werden mit dieser Regulierung verpflichtet, auf die Einhaltung international anerkannter Menschenrechte sowie auf bestimmte Umweltstandards zu achten. Als Grundlage hierfür dienen die UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. Umweltstandards spielen dann eine Rolle, wenn sie in Verbindung mit Menschenrechtsverletzungen stehen oder dem Gesundheitsschutz dienen. Das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz definiert klare Anforderungen für die Unternehmen und ermöglicht dadurch für alle Beteiligten (Unternehmen und Betroffene) eine eindeutige Rechtslage und -sicherheit. Die Unternehmen tragen für die gesamte Lieferkette Verantwortung – vom Rohstoff bis zum Endprodukt (BMZ, 2021). Nach 2024 sollen eine Evaluierung des Gesetzes und eventuell gesetzliche Anpassungen stattfinden.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes werden ab 2023 Unternehmen mit mehr als 3.000 Mitarbeiter:innen erfasst, ab 2024 gelten die gesetzlichen Regelungen auch für Unternehmen mit

mehr als 1.000 Mitarbeiter:innen (§ 1 Absatz 1). Es zählen sowohl Mitarbeiter:innen, die im Ausland arbeiten, als auch Leiharbeiter:innen, deren Beschäftigungsverhältnis länger als sechs Monate andauert (§ 1 Absatz 2). Das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz definiert auch den vom Gesetz beabsichtigten Unternehmensbegriff: „Der eigene Geschäftsbereich (...) erfasst jede Tätigkeit des Unternehmens zur Erreichung des Unternehmensziels.“ (§ 2 Absatz 6). Zum Unternehmen zählen daher auch kontrollierte Tochterunternehmen, die einen bestimmenden Einfluss auf das Unternehmen haben, sowohl im Inland als auch im Ausland (§ 2 Absatz 6). Das Gesetz erfasst außerdem ausländische Unternehmen mit einem Standort in Deutschland. Weiter unterscheidet das Gesetz zwischen unmittelbaren und mittelbaren Zulieferern, wobei unmittelbare Zulieferer als Vertragspartner (in Bezug auf Waren oder Dienstleistungen) des Unternehmens verstanden werden (§ 2 Absatz 7, 8). Auch Zulieferer mit weniger als 1.000 Mitarbeiter:innen können vom Lieferkettengesetz betroffen sein, wenn ihre Kunden eine entsprechende Berichterstattung verlangen.

Die Unternehmen sind durch das Gesetz verpflichtet, menschenrechtliche und umweltbezogene Sorgfaltspflichten zu beachten, damit verbundene Risiken zu minimieren und bestehende Verletzungen zu beenden (§ 3 Absatz 1). Die Sorgfaltspflichten umfassen unter anderem die Einführung eines Risikomanagements (§ 4 Absatz 1), die Durchführung regelmäßiger Risikoanalysen (§ 5), die Festlegung von Präventionsmaßnahmen im eigenen Geschäftsbereich (§ 6 Absatz 1 und 3) und gegenüber unmittelbaren Zulieferern (§ 6 Absatz 4), die Umsetzung von Sorgfaltspflichten in Bezug auf Risiken bei mittelbaren Zulieferern (§ 9) sowie die Einrichtung von Beschwerdeverfahren (§ 8). Diese Sorgfaltspflichten müssen unternehmensintern dokumentiert werden und sind mindestens sieben Jahre aufzubewahren (§ 10 Absatz 1). Das sorgfaltspflichtige Handeln wird nach folgenden Kriterien bestimmt: Art und Umfang der Geschäftstätigkeit, Einflussver-

mögen des Unternehmens auf den Verursacher der Verletzung, typischerweise zu erwartende Schwere der Verletzung und Art des Verursachungsbeitrages des Unternehmens (§ 3 Absatz 2).

Risikomanagement

Das Unternehmen muss nach festgelegten Kriterien eine jährliche Risikoanalyse im eigenen Geschäftsbereich sowie bei seinen unmittelbaren Zulieferern durchführen (§ 5 Absatz 1 und 4). Zusätzlich müssen anlassbezogene Risikoanalysen erfolgen, wenn von einer stark veränderten oder erweiterten Risikolage ausgegangen werden kann, z. B. durch die Einführung neuer Produkte (§ 5 Absatz 4). Werden Risiken entdeckt, ist das Unternehmen zu sofortigen Präventionsmaßnahmen verpflichtet – Anforderungen an die Maßnahmen sind ebenfalls im Gesetz formuliert (§ 6). Stellt das Unternehmen menschenrechts- oder umweltbezogene Pflichtverletzungen fest, besteht die Pflicht zu sofortigen Maßnahmen, um die Verletzungen zu minimieren bzw. zu verhindern – hierbei sind jedoch unterschiedliche Konsequenzen für das eigene Unternehmen und für unmittelbare Zulieferer vorgesehen. Eine Beendigung der Geschäftsbeziehung ist allerdings nur unter bestimmten Umständen notwendig, beispielsweise wenn die Verletzung als sehr schwerwiegend eingestuft wird oder auch wenn ein vereinbartes Verbesserungskonzept keine Wirkung zeigt (§ 7).

Auch müssen Unternehmen Beschwerdestellen einrichten, die von Externen auf Verletzungen von Menschenrechten oder Umweltstandards hingewiesen werden können. Die entsprechenden Beschwerdeverfahren können das eigene Unternehmen und dessen unmittelbaren Zulieferer betreffen. Zusätzlich müssen die Beschwerdeverfahren so eingerichtet sein, dass Verletzungen auch an mittelbare Zulieferer kommuniziert werden können (§ 9 Absatz 1). Damit wird das Unternehmen zu anlassbezogenen Risikoanalysen und zur Einführung von

Präventionsmaßnahmen bei mittelbaren Zulieferern verpflichtet (§ 9 Absatz 3).

Der VDA verwies in seinem Statement zum Gesetz darauf, dass der Verband und seine Mitglieder sich zur Achtung der Menschenrechte an den globalen Standorten bekennen (VDA 2021a). Gleichzeitig betonte der Verband, dass er sich bereits vor der Gesetzesverabschiedung vielfältig engagiert habe: mit einer aktiven Beteiligung am „Branchendialog Automobilindustrie“ des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales zur Umsetzung des Nationalen Aktionsplans Wirtschaft und Menschenrechte sowie mit einem gemeinsam mit den Mitgliedern erarbeiteten Assessmentstandard zur Überprüfung von Nachhaltigkeitsanforderung von Unternehmen in der automobilen Lieferkette (VDA, 2021b). Auch wurde angemerkt, dass bereits Prozesse zur Sicherstellung von Menschenrechten und Umweltstandards bei vielen Unternehmen in der Automobilindustrie etabliert wurden – beispielsweise Drive Sustainability oder die Responsible Minerals Initiative (VDA, 2021b).

6.3 Lieferbeziehungen im Wandel

OEM verlagern seit langem Wertschöpfung auf ihre Zulieferer, um sich auf die weltweiten Märkte und die Schnittstellen zu ihren Kund:innen konzentrieren zu können (Proff, 2000). Aufgrund ihrer Nachfragemacht behalten sie weiterhin eine zentrale Stellung und nehmen starken Einfluss auf die Vertragsgestaltung mit den Zulieferern. Trotzdem ändert sich das Bild einer streng hierarchisch aufgebauten Lieferkette bzw. Zuliefererpyramide: Zumindest in Teilen entstehen stattdessen Wertschöpfungsnetzwerke, in denen sich die Unternehmen besser auf ihre Kernkompetenzen fokussieren und flexibler agieren können. Zulieferer können ihre Position in der Wertschöpfungskette durch strategische Partnerschaften mit OEM und Tier-1-Zulieferern verbessern. Der Wechsel zur Elektromobilität mit neuen Lieferbeziehungen und teilweise neuen Lieferanten beschleunigt diese Veränderungen. Eingeschränkt wird diese Option jedoch zum einen dadurch, dass die Komplexitätsbeherrschung entlang weltweiter Lieferketten auch zukünftig eine wesentliche Herausforderung für OEM und Tier-1-Zulieferer sein wird. Und zum anderen holen

sich OEM zumindest teilweise Produktionsanteile zurück, um den Wegfall von Wertschöpfung bei Elektrofahrzeugen auszugleichen.

Der VDA (2021i) beschreibt die künftige Zusammenarbeit zwischen OEM und Tier-1-Lieferant als „Systempartnerschaft“, die von der gemeinsamen Entwicklung kompletter Systeme bis hin zur gemeinsamen Arbeit verschiedener Unternehmen an einer gemeinsamen Montagelinie reicht. Das schließt Entwicklungspartnerschaften zwischen OEM und dem Maschinen- und Anlagenbau ein. Der VDA sieht die Zukunft stärker in „Operationsverbänden“ als in vom OEM gesteuerten Wertschöpfungsketten (VDA, 2021e). Diese strategischen Partnerschaften dienen verschiedenen Zielen.

- Geschäftserweiterungen oder -aufbau in ausländischen Märkten sowie in neuen Geschäftsfeldern, die wie die Entwicklung neuer Betriebssysteme oder das automatisierte Fahren hohe Investitionen erfordern. So setzt z. B. Bosch eher auf Kooperationen bei der Softwareentwicklung, während gleichzeitig Hersteller wie Volkswagen oder die Mercedes-Benz AG eigene Betriebssysteme entwickeln (Automobilwoche, 2021f). Gleichzeitig werden Geschäftsbereiche zusammengelegt, um Kosten zu sparen, wie bei der Zusammenlegung der Mobilitätsdienstleistungen von Mercedes-Benz bzw. der Mercedes-Benz Group und BMW als „Share Now“ (Automobilwoche, 2020a).
- Partnerschaften mit Branchenexternen wie IT-Unternehmen unterstützen die Digitalisierung der Produktion und der Produkte: Volkswagen und ZF Friedrichshafen nutzen die Microsoft-Plattform Azure für eigene Plattformen (Automobilwoche, 2021d, 2021e).

Innovationsbeiträge und Entwicklungspartnerschaften sind für kleine und mittlere Zulieferer eine Perspektive. Sie können damit auch den kostengetriebenen Verlagerungs- und Internationalisierungsdruck abwehren. Ihnen fehlen häufig personelle Kapazitäten und die Finanzkraft, um global agierenden OEM und Tier-1-Zulieferern beim Produktionsaufbau in weiteren Weltmarkregionen zu folgen (Automobilwoche, 2021f; Bratzel, 2015; Blöcker, 2015). Das ist in den nächsten Jahren für viele eine große Herausforderung, denn die seit Jahren als schwierig beschriebene wirtschaftliche Lage kleiner und mittelgroßer Zulieferer hat sich durch die Covid-19-Pandemie noch weiter verschärft.

Neben neuen Kooperationsformen sehen Unternehmen in der Optimierung des Informationsflusses durch digitale Technologien ein neues Handlungsfeld. Diese Optimierung findet in zwei Richtungen statt.

- Schon seit den 1990er Jahren haben zunächst einzelne Hersteller Internetplattformen aufgebaut, über die sie ihre Beschaffungsaktivitäten bündeln und neue Vergabeformen wie Internetvergaben testen wollten. Mittlerweile sind die Plattformansätze weitaus umfassender angelegt: Hersteller wollen Daten von Kund:innen und deren Fahrverhalten aufnehmen; der Maschinen- und Anlagenbau, aber auch Automobilhersteller wollen Daten aus dem Produktionsprozess erfassen und beispielsweise zur Qualitätssicherung oder zur vorausschauenden Wartung nutzen.
- Der unternehmensübergreifende Datenaustausch wird außerdem für die Optimierung und Steuerung der Lieferkette vorangetrieben, beispielsweise zur weiteren Erhöhung der Produktionsflexibilität und Produktindividualisierung.

Fragen der Datensicherheit oder „Cybersecurity“ sind für beide Trends eine anhaltende Herausforderung, so dass hohe Erwartungen an sichere Technologien wie beispielsweise „Blockchain“ (s. Kasten S. 175 f.) bestehen (ausführlich dazu e-mobil BW, 2022).

Die in den 1990er Jahren gestarteten ersten Plattformen/Web-

Portale der OEM und Tier-1-Zulieferer schufen eine zusätzliche Option für die Beschaffung und Auftragsabwicklung neben den klassischen EDI-Abrufen; Beispiele waren Covisint oder die unternehmensübergreifende Plattform SupplyOn (VDA, 2008). Damit wurde der persönliche Kontakt zwischen den Einkaufsabteilungen der Unternehmen und ihren Zuliefererindustrie ersetzt. Zusätzlich sorgte das Schlagwort der „Online-Auktionen“ damals für große Befürchtungen in der Zulieferindustrie, zukünftig einem weltweiten und deutlich verschärften Preisdruck ausgesetzt zu sein (Bratzel, 2015; auch schon Grammel et al., 2000). Wenngleich diese Befürchtungen sich nicht vollständig bewahrheitet haben, wird mittlerweile ein erheblicher Teil der Beschaffung automatisiert über Lieferantenportale bzw. Kollaborationsplattformen von OEM wie Volkswagen und Mercedes-Benz sowie von Zulieferern wie Bosch abgewickelt. Dabei betreiben OEM und global tätige Zulieferer wie Bosch eigene Plattformen. Daneben haben sich auch unternehmensübergreifende Plattformen etabliert, an denen mehrere Branchenunternehmen beteiligt sind. Mit der Vereinheitlichung von Bestellungen sollen vor allem Kosten optimiert werden. Die Erwartungen, dass die Beschaffung über diese Plattformen umfangreich sein würde, haben sich jedoch nicht erfüllt. Sie haben sich heute vor allem bei Standardteilen bzw. einfachen Komponenten als Alternative zur Beschaffung in Form einer Verhandlung zwischen einer Einkaufs- und einer Vertriebsabteilung etabliert (Exp., auch Butollo, 2020). Auch ist es noch keiner der Plattformlösungen gelungen, sich als Standard für die elektronische Beschaffung (E-Procurement) in der gesamten Automobilindustrie und in weiteren Branchen durchzusetzen.

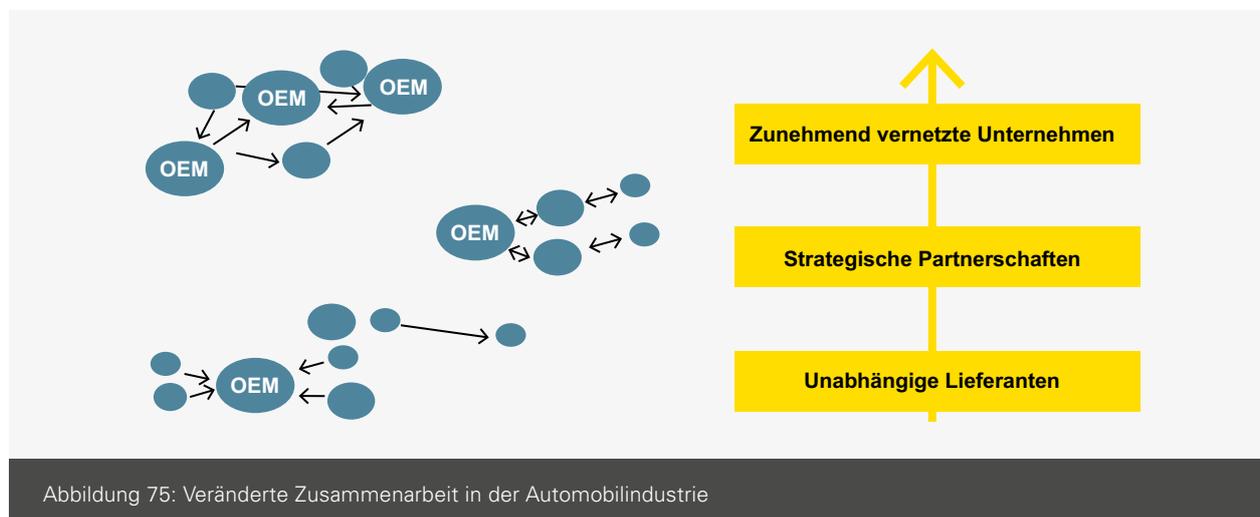


Abbildung 75: Veränderte Zusammenarbeit in der Automobilindustrie

Ein durchgängiges Datenmanagement über alle Lieferantestufen zielt darauf, die Flexibilität und Effizienz der Wertschöpfungskette zu erhöhen und zunehmend Supply-Chain-Risiken zu senken (Diez et al., 2019; Butollo, 2020; Silbernagel et al., 2019). Zur Verfolgung von Lieferungen (bzw. zum möglichst frühen Erkennen von Störungen) sollen Material, Vorprodukte und Bearbeitungsstände entlang der gesamten Lieferkette möglichst in Echtzeit verfolgt werden können – das sogenannte „Track and Trace“ (Automobilproduktion 2020d). Damit können auch die Dokumentationspflichten aus dem Lieferkettengesetz abgedeckt werden. Der durchgängige Datenfluss ist auch Grundlage für die flächendeckende und betriebsübergreifende Umsetzung von Industrie-4.0-Konzepten (Diez et al., 2019).

Auch Mobilitätsdaten sind für Hersteller, Verkehrsplaner:innen und Verkehrsleitstellen von großem Interesse. Über die Steuerung des Verkehrsflusses hinaus erhoffen sich die Hersteller davon eine höhere Kundenbindung, neue Geschäftspotenziale wie automatische Wartungstermine und weitreichende Daten zur Fahrzeugnutzung. Letztere können mit Methoden des „Data Mining“ – der KI-gestützten Auswertung großer Datenmengen – für neue Geschäftsmodelle genutzt werden.

Allerdings fehlen derzeit vor allem kleinen und mittleren Unternehmen die technischen Voraussetzungen und IT-Kompetenzen für eine tiefgreifende Vernetzung. Das reicht von Investitionen in die IT-Ausstattung über die Identifikation der „relevanten“ Daten und die Einhaltung von Datenschutzrichtlinien bis zur IT-Sicherheit (vgl. VDA 2021d; Roland Berger, 2020a; Silbernagel et al., 2019). Zugleich muss mit der Widersprüchlichkeit umgegangen werden, dass einerseits eine umfangreiche Weitergabe von Daten wie Absatzmengen, Fertigungsdaten, Lieferzeitpunkte, Kundenabrufe, Fertigungsparameter und Durchlaufzeiten vor dem Hintergrund neuer Möglichkeiten des „Data Mining“ bzw. „Big Data“ gewünscht wird, der andererseits Datenschutzziele wie die Datenminimierung/Datensparsamkeit, die zweckgebundene und legitimierte Erfassung und Verwendung sowie die Beschränkung auf das notwendige Maß entgegenstehen. Zudem beruht eine automatisierte Weitergabe von Unternehmensdaten auf Gegenseitigkeit, die gegenüber beherrschenden Kunden oder Konkurrenten nicht immer gegeben ist. In mehrstufigen Liefer-

ketten entsteht zudem schnell ein sehr großes Datenvolumen, dessen Handling aufwändig und mit hohen Kosten verbunden ist (EY, 2021a).

An diesem unternehmensübergreifenden Informationsaustausch haben insbesondere die OEM Interesse. Der VDA benennt ihn als einen von fünf zukünftigen Erfolgsmerkmalen der deutschen Automobilindustrie (VDA, 2020i). Die Ansätze der ehemaligen Beschaffungsplattformen sind heute deutlich erweitert. Die aktuellen Aktivitäten beschäftigen sich mit einem branchen- und unternehmensübergreifenden Aufbau von Cloud-Plattformen zur Erfassung von Produktionsdaten entlang der Lieferkette (Automobilwoche, 2021h, 2021i, 2021j; BASF, 2021; VDA, 2021 g):

- Mit „Gaia-X“ bauen vor allem deutsche und französische Unternehmen (darunter BMW, Bosch, Deutsche Telekom, SAP und Siemens) eine europäische Cloud- und Dateninfrastruktur auf. Die Plattform Gaia-X wird auch für die folgenden Initiativen der Automobilindustrie genutzt.
- Das „Catena-X Automotive Network“ (ursprünglich Automotive Alliance) will ein offenes und skalierbares Netzwerk für den brancheninternen Informations- und Datenaustausch schaffen. Neben großen Automobilunternehmen wie Mercedes-Benz, BMW, Bosch, ZF Friedrichshafen und Schaeffler sind Unternehmen anderer Branchen wie BASF und Henkel, Technologie- bzw. IT-Konzerne wie SAP, Siemens und die Deutsche Telekom sowie Forschungseinrichtungen wie die Fraunhofer Gesellschaft und das DLR beteiligt.
- Ein Zusammenschluss von OEM (Mercedes-Benz AG, BMW, Volkswagen), der Deutschen Bahn, der Deutschen Post DHL Group und weiteren Partnern (u. a. Land Baden-Württemberg) möchte mit dem „Mobility Data Space“ einen unternehmensunabhängigen Zugang zu umfassenden Mobilitätsdaten schaffen. Der Fokus liegt hier auf Nutzungsdaten zur Verkehrssteuerung. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr stellt eine Anschubfinanzierung bereit.

Die Zusammenschlüsse verdeutlichen zum einen, dass größere Chancen für die Etablierung dieser Plattformen bei neutralen, unabhängigen Betreibern gesehen werden, damit Unternehmensdaten nicht von einzelnen marktmächtigen Unternehmen einseitig ausgenutzt werden können. Vermieden werden soll außerdem ein die Unternehmen belastender Wettbewerb mit mehreren Plattformen. Auf der europäischen Ebene soll die Größenordnung von US-amerikanischen und asia-

tischen (insbesondere chinesischen) IT-Konzernen erreicht werden, damit die europäischen Ansätze konkurrenzfähig sind. Allerdings stehen hier verschiedene Plattformen in Konkurrenz zueinander (Roland Berger, 2020b, Automobilproduktion 2020c): Neben den Unternehmen der Automobilbranche bieten auch Maschinenbauer Plattformen für die Prozessverbesserung an. Große Konkurrenz besteht durch die US-amerikanischen Unternehmen Amazon und Alphabet (Google), die Zugänge zu umfangreichen Kundendaten ausgebaut haben. Ansätze auf europäischer Ebene wie Gaia-X und Catena-X versuchen hier, unternehmensübergreifend ähnlich umfassende Plattformen einzurichten.

Handlungsbedarf bei Logistikprozessen besteht vor allem in der Vereinheitlichung der Datenstandards, im Ausbau schneller Netzwerkinfrastruktur und in der Datensicherheit (VDA, 2020e, 2021d). Inwieweit tatsächlich Kosteneinsparungen mit der verbesserten Kollaboration verbunden sind, ist schwierig zu beziffern; Silbernagel et al. nennen für die chemische Industrie eine Verringerung der Ausgaben um 2 % (2019).

„Wir planen und steuern datengetrieben die gesamte Wertschöpfung in der deutschen Automobilindustrie innerhalb der OEM sowie über die gesamte Supply Chain. Mission Statement: Wir haben global verwendbare Standards und deren Anwendung etabliert. Die für eine Interaktion wichtige Datensicherheit vor Cyberangriffen wird durch etablierte Lösungen gewährleistet. Wir haben benutzerfreundliche und smarte Lösungen entwickelt, deren Einführung zeitlich beherrschbar und wirtschaftlich abbildbar ist.“ (VDA, 2021d)

Aus der Digitalisierung erwarten OEM außerdem enormes Wertschöpfungspotenzial für digitale Geschäftsmodelle, die in dieser Studie jedoch nicht vertieft betrachtet werden. Hier zeichnen sich noch keine Umsätze ab, die eine relevante Höhe gegenüber den Umsätzen aus der Fahrzeugproduktion erreichen. Unternehmensstrategien setzen am stärksten auf Fahrerassistenzfunktionen und autonomes Fahren. Hier werden zahlreiche Möglichkeiten in Aussicht gestellt, die zur Klimaneutralität beitragen sollen (z. B. Entwicklung der Fahrleistung oder der zusätzliche Energieverbrauch für die Sensorik und die Rechenleistung, vgl. Agora, 2021c) und für die Forschungsbedarf besteht, um gegebenenfalls autonomes Fahren unter der Zielsetzung der Klimaneutralität zu regeln. Höhere Nachhaltigkeit wurde von neuen Mobilitätsdienstleistungen wie Car- oder Ridesharing erwartet. OEM und große Zulieferer haben hier verschiedene Ansätze erprobt. Doch die eher zurückgenommenen Aktivitäten der OEM weisen darauf hin,

dass hier in den unmittelbar nächsten Jahren keine großen Umsatzpotenziale erwartet werden. Um diese Mobilitätsdienstleistungen wieder deutlich auszubauen, müssten sie politisch gegenüber dem motorisierten Individualverkehr deutlich gefördert werden (e-mobil BW, 2019c).

Potenziale durch Blockchain-Technologien

Eine große Herausforderung für Unternehmen ist die eindeutige und fälschungssichere Zuordnung einzelner Transaktionen entlang einer digitalen Informationskette. Dies wird vor allem von der sog. Blockchain-Technologie erwartet (EY, 2021a; Dietrich et al. 2020). Blockchain-Projekte in der Automobilindustrie befassen sich vor allem mit der Herstellung von Transparenz entlang der Lieferkette und mit der Verifizierung von Produkten beziehungsweise der Identität von Supply-Chain-Partnern.

Die fälschungssichere Dokumentation von Aktivitäten in der Lieferkette soll beispielsweise die Rückverfolgung für gestiegene gesetzliche Anforderungen (etwa die des Lieferkettengesetzes) ermöglichen, aber auch in der Beschaffung weitere Automatisierungspotenziale bieten. Folgende Anforderungen sind mit Blockchain-Projekten verbunden (nach Dietrich et al. 2020; mit eigenen Ergänzungen):

- die Sichtbarkeit innerhalb der Supply Chain in Bezug auf die Identität, den Standort und den Bearbeitungsstand von Objekten
- eine Transparenz über alle (kundenrelevanten) Aktivitäten in Bezug auf Zeitpunkte und möglicherweise Einfluss auf Kosten
- die Rückverfolgbarkeit aller Objekte im Wertschöpfungsprozess vom Ursprung der Rohmaterialien über alle Bearbeitungsschritte bis zu den Kund:innen (möglichst bis hin zur Entsorgung)
- die eindeutige Identifizierung von Produkten und Organisationen bis hin zu bearbeitenden Personen
- eine höhere Datensicherheit

Mit Blockchain wird die dezentrale Verarbeitung von Datensätzen bezeichnet, mit der Datensätze – die sogenannten Blöcke – kryptografisch auf Basis des jeweils vorhergehenden Datensatzes verschlüsselt werden. Durch die Verknüpfung eindeutiger Werte des vorherigen Blocks, eines Zeitstempels und der jeweiligen Transaktionsdaten können die Aktionen entlang einer Wertschöpfungskette eindeutig und unveränderlich dokumentiert werden. Durch die dezentrale Verschlüsselung auf mehreren Rechnern eines Netzwerks soll zudem die Fälschungssicherheit gewährleistet werden (Dietrich et al. 2020; Automobil Produktion, 2019b).

Bislang werden allerdings mit Blockchain-Verfahren vor allem Veränderungen der Menge oder des Zustands eines Gutes dokumentiert. Komplexe Produktveränderungen über mehrere Wertschöpfungsstufen hinweg, durch Kombination mit anderen Materialien/Teilen oder durch die Bearbeitung werden bislang kaum erprobt. Sie sind sehr aufwändig, denn die einzelnen Blocks müssen dann bereits bei der Programmierung über die gesamte Blockchain hinweg Merkmale zur Materialherkunft, zu den Bearbeitungsschritten, zur Identität der Bearbeitenden u. Ä. enthalten. Änderungen der Wertschöpfungskette wie die Integration anderer Teile oder neuer Lieferanten müssen dann entlang der gesamten Blockchain nachvollzogen werden (Dietrich et al. 2020). Wie auch bei den Plattformen konkurrieren derzeit zahlreiche Hersteller und große Zulieferer wie beispielsweise Bosch und SAP mit ihren Projekten darum, einen weltweiten und branchenübergreifenden Standard zu etablieren.

„Je komplexer das Produkt, der Wertschöpfungsprozess oder die Supply-Chain-Struktur, desto aufwändiger ist die Nutzung der Blockchain-Technologie zur durchgängigen Abbildung und damit zur Erreichung von Transparenz und Resilienz. Für komplexe Supply Chains, wie z. B. in der Automobilindustrie, die eine überwiegend stabile Struktur haben, sind Lösungsansätze verfügbar – bei hochdynamischen

Lieferketten mit häufigen Änderungen in der Produkt- oder Partnerstruktur überwiegen die Änderungsaufwände den zu erwartenden Nutzen der Blockchain-Lösung. Hier müssen noch praxisorientierte Lösungen entwickelt werden.“ (Dietrich et al., 2020)

„In der Fertigung und deren Umfeld ist die Blockchain bislang noch nicht angekommen. Es gibt keine sichtbaren Projekte, von einem IT-Regelbetrieb sind die Fabriken der Automobilhersteller und ihrer Zulieferer noch weit entfernt.“ (Automobil Produktion, 2019b).

Neben der Rückverfolgung von Vorprodukten und Materialien für die Qualitätssicherung und die Gewährleistung soll zukünftig auch die Herkunft von Materialien eindeutig nachvollziehbar sein, doch noch ist die Darstellung von Rohmaterialien, Zwischen- und Endprodukten einschließlich ihrer Bearbeitungsschritte eine große Herausforderung für Blockchain-Projekte.

Neben neuen Funktionalitäten in der Wertschöpfungskette sollen mit der Blockchain-Technologie auch neue Funktionen in der Fahrzeugnutzung für Kund:innen möglich werden, beispielsweise über Bezahlungsfunktionen im zukünftig automatisierten und vernetzten Pkw. Das können sowohl Nutzungen in Verbindung mit dem Pkw sein (Bezahlung von Ladevorgängen, Over-the-Air-Updates) als auch davon unabhängige Funktionen. Diese Nutzungen sind allerdings mit einer zunehmend umfangreicheren Erfassung von Kundendaten verbunden (EY, 2021a, Automobilwoche, 2021c, 2021d).

Perspektive zur Weiterentwicklung der Lieferbeziehungen

In den nächsten Jahren könnten sich in bisher relativ stabilen Wertschöpfungsketten gravierende Veränderungen ergeben (VDA, 2021d; Bratzel, 2015).

- Mit der Einführung neuer Plattformstrategien und -konzepte wollen Automobilhersteller die Zahl der Tier-1- und Tier-2-Zulieferer weiter verringern. Damit

- verbunden sind eine Zurückstufung von Zulieferern und die Bündelung der Kommunikation über die Tier-1-Zulieferer. So wollen die Automobilhersteller eine Kosteneinsparung im Zulieferermanagement und durch die Abnahme höherer Stückzahlen eine Verringerung der Komplexität erzielen. Damit bleibt die strategische Bedeutung des Supply Chain Management als ein Hebel der OEM zur Kostenreduktion erhalten, die die Zahl ihrer Lieferanten deutlich verringern und sich auf strategisch wichtige Lieferanten konzentrieren wollen. In der Praxis ist dies jedoch noch nicht konsequent umgesetzt, auch mittelgroße Zulieferer beliefern sowohl Tier-1-Zulieferer als auch direkt die OEM. Zudem überlegen die OEM, ob sie kritische Komponenten wie Chips, aber auch Rohstoffe für Batterien direkt bei den Herstellern bzw. bei den Rohstoffe fördernden Unternehmen beschaffen.
- Durch die zwei Ebenen der Internationalisierung halten Produktionsverlagerungen – weltweit in die Local-for-local-Produktionsnetzwerke sowie in Low-Cost Countries innerhalb Europas – weiterhin an. Gerade für die Just-in-Time- beziehungsweise Just-in-Sequence-Lieferung folgen Zulieferer den Produktionsstätten der OEM; weil große/sperrige Module und Komponenten wie Sitze, Fahrwerk- oder Karosserieteile direkt an das Montageband geliefert werden.
 - Zudem gibt es strategische Überlegungen für eine weitere Verlagerung der Wertschöpfung auf Zulieferer – wie es beispielsweise der VDA in seinem Zielbild Produktion (VDA, 2021i) aufzeigt. Die Zulieferer sollen vollständige Systeme entwickeln, produzieren und an der Produktionslinie des OEM einbauen, zwischen OEM und Tier-1-Zulieferer sollte ein gemeinsames Operationsnetzwerk entstehen. Die Übernahme weiterer Fertigungstätigkeiten durch Zulieferer wird dadurch gefördert, dass OEM ihre Kernkompetenzen eher Richtung Software verlagern und den Softwareanteil der OEM am Fahrzeugwert/an der Wertschöpfung ausbauen wollen. Hier ist derzeit offen, ob sich eher herstellereigene Betriebssysteme (wie von Mercedes-Benz oder Volkswagen) durchsetzen oder ob ein herstellerübergreifendes, europäisches Betriebssystem kommt (gefordert von BMW und Bosch).
 - Gleichzeitig fordern Beschäftigte, Betriebsräte und Gewerkschaften den Beschäftigungserhalt an deutschen bzw. baden-württembergischen Standorten, so dass OEM die eigene Produktion durch die Rücknahme von

Wertschöpfungsanteilen sichern. Beispiele hierfür sind die Fertigung der zweiten Generation des elektronischen Antriebssystems EATS durch Mercedes-Benz in Untertürkheim, nachdem ZF Friedrichshafen die erste Generation geliefert hatte, oder der Aufbau eigener Softwarekompetenzen durch Volkswagen mit der Gründung der CARIAD. Das geht zu Lasten ihrer bisherigen Zulieferer und insbesondere zu Lasten der kleineren Zulieferer (Stuttgarter Zeitung, 03.09.2021). Dies wird jedoch den seit langem anhaltenden Trend der Verschiebung von Wertschöpfungsanteilen der OEM auf Zulieferer allenfalls etwas verlangsamen.

- Der Wechsel zum batterieelektrischen Antriebsstrang wird – wie in Kapitel 5 dargestellt – die Wertschöpfungsketten deutlich verändern: Etwa ein Drittel des bisherigen Aufwands beim Antriebsstrang entfällt und derzeit entsteht der große Wertschöpfungsanteil für Batteriezellen in Asien. Gleichzeitig können die Zulieferer mit höheren Stückzahlen als die OEM kostengünstiger produzieren.

„Es war absehbar, dass sich die Wertschöpfungsketten verändern. Ein Verbrennungsmotor hat eine Vielzahl von Zulieferern für Einspritzventile, Pumpen, Sensoren, Abgasreinigung und mehr. Die fallen beim E-Motor natürlich weg. Aber wir haben immer gesagt, dass etwa die Leistungselektronik bei Zulieferern bleiben wird, weil diese auf höhere Stückzahlen kommen und so deutliche Skaleneffekte realisieren können.“

„Bei der Batterie war unsere Prognose, dass die Hersteller 48-Volt-Batterien zukaufen, Hochvoltbatterien aber überwiegend selbst fertigen. Genau so ist es gekommen. Beim Elektromotor hängt es davon ab, ob es ähnlich viele Varianten wie beim Verbrennungsmotor geben wird. Wenn ein Zulieferer mehrere Hersteller aus einem Baukasten bedienen kann, hat er einen großen Skalenvorteil. Eine ähnliche Entwicklung haben wir bei den Steuergeräten zu Beginn der Benzineinspritzung gesehen. Manche Hersteller haben die ersten beiden Generationen selbst entwickelt. Heute ist es ein Geschäft für Zulieferer, wobei die Fahrzeughersteller Teile der Software selbst erstellen, um sich differenzieren zu können.“ (Interview mit Volkmar Denner, Automobilwoche, 2019a).

- Mittel- bis langfristig werden sich Lieferketten durch steigende Anforderungen an ökologische Nachhaltigkeit verändern. Mehr Nachhaltigkeit beim Rohstoffverbrauch bzw. dessen Ersatz durch Recyclingmaterialien und die

Minimierung des Transportaufwands werden als Perspektive für die globalen Lieferketten hin zu einem Übergang in regionale Kreislaufwirtschaften gesehen, getrieben vor allem durch die Einhaltung der CO₂-Neutralität (vgl. EY, 2021a). Die OEM und Tier-1-Zulieferer verlangen dies von ihren Zulieferern, wie das Beispiel von Audi zeigt:

„Wir [Audi] haben entlang der gesamten Wertschöpfungskette Maßnahmen definiert, mit denen wir aktiv einen Beitrag leisten wollen, um bis 2050 den globalen Temperaturanstieg auf weniger als zwei Grad Celsius zu begrenzen. Diesen strengen Maßstab legen wir nun auch in unserem Lieferantennetzwerk an. Um Ihnen ein konkretes Beispiel zu nennen: In unseren Lastenheften verlangen wir, dass der in der Batteriefertigung verbrauchte Strom nachweislich aus regenerativen Energiequellen bezogen wird. Nicht wenige Firmen, mit denen wir zusammenarbeiten, haben ihre Fertigung bereits umgebaut. [...] Wir schließen die Themen Compliance und Integrität in der Lieferkette ausdrücklich mit ein.“ (Automobil Produktion, 2020e)

- Der schwierige Zugang zu Rohstoffen bzw. die große Abhängigkeit von China ist eine weitere Herausforderung für die Unternehmen.
- Zentrale Rohstoffen für batterieelektrische Antriebe unterliegen einer hohen Marktkonzentration bei der Förderung und Aufbereitung in China/in Asien, so dass deutsche Automobilunternehmen als Abnehmer eine schwache Marktposition haben – ähnlich wie die deutsche Chipindustrie. Die deutsche Automobilindustrie gilt allerdings aufgrund langer Produktionszyklen der Fahrzeugmodelle als verlässlicher Kunde mit längerfristigen Lieferverträgen. Gleichzeitig erleichtert diese Konzentration den gemäß Lieferkettengesetz notwendigen Rohstoffnachweis (Bethge, 2014).
- Audi beispielsweise verweist auf einen geschlossenen Aluminiumkreislauf in Neckarsulm seit 2017 und in Ingolstadt seit 2020, bei dem Aluminiumreste wiederaufbereitet und in den Presswerken erneut verarbeitet werden. Für dieses „sekundäre Aluminium“ wird gegenüber dem „Primäraluminium“ sehr viel weniger Energie verbraucht. Allerdings wird nicht angegeben, wie hoch der Anteil des wiedergewonnenen Aluminiums am gesamten Aluminiumverbrauch ist. Derzeit werden diese Rohstoffkreisläufe nur für diejenigen Materialien eingeführt, von denen große Mengen

verbraucht werden. Ein geschlossener Kreislauf für Batterierohstoffe wie Kobalt, Nickel und Kupfer kann zwar die Batteriekosten senken, ist aber noch nicht vorhanden (Automobil Produktion, 2020a und 2020e). Auch Mercedes-Benz-CEO Ola Källenius spricht von einer Weiterentwicklung der Wertschöpfungskette zum Wertschöpfungskreislauf (Automobil Produktion, 2019c).

Um Nachhaltigkeit als Entscheidungskriterium in der Beschaffung umzusetzen, müssen diese Anforderungen in den Einkaufsrichtlinien der Unternehmen verankert und Mitarbeiter:innen entsprechend geschult werden. Außerdem stehen OEM und Tier-1-Zulieferer in der Verpflichtung, ihre eigenen Zulieferer auf die Einhaltung dieser Anforderungen zu schulen und sie bei der Einhaltung zu unterstützen (Bethge, 2014).

Veränderung von Auftragsvergabe-kriterien

Neben Kriterien wie Qualität, Termintreue und Preis ist die Vergabe an Zulieferer zunehmend auch von Kriterien wie Klima- und Umweltschutz oder der Einhaltung von Menschenrechten geprägt.

- Die Mercedes-Benz AG hat mit „Ambition 2039“ ihre Anforderungen an die Zulieferer beschrieben. Ergänzend zur elektrisch angetriebenen Fahrzeugflotte sollen auch die vorgelagerten Wertschöpfungsstufen von der Entwicklung über die Rohstoffgewinnung und alle Produktionsstufen bis hin zu Nutzung und Recycling CO₂-neutral werden (Daimler, 2021e). Dies soll für weltweit über 30 Pkw- und Van-Werke bereits 2022 umgesetzt werden und schließt die eigene Batterieproduktion ein. Zudem werden die Zulieferer auf die CO₂-Neutralität verpflichtet, mit ihnen werden „Ambition Letters“ abgeschlossen. Drei Viertel der rund 2.000 Lieferanten sollen die Vereinbarung bereits unterschrieben haben (Daimler, 2021e).
- BMW verpflichtet seine Zulieferer zur Minimierung von Umweltauswirkungen und zur Übernahme sozialer Verantwortung durch die Einhaltung von Erklärungen der Internationalen Arbeitsorganisation ILO als UN-Organisation (BMW, 2021c).
- Die Robert Bosch GmbH hat 23.000 Zulieferer weltweit (Robert Bosch GmbH, 2021b). Über die Plattform SupplyOn wird Nachhaltigkeit als Beschaffungskriterium

verfolgt. Die Plattform stellt dazu Kontrollinstrumente, Übersicht über Nachweise und Zertifikate und Instrumente zur Berücksichtigung von CO₂-Emissionen bei Transporten bereit (SupplyOn, 2021).

6.4 Produktionsstandorte im Wandel

Die baden-württembergischen Unternehmen der Automobilindustrie sowie des Maschinen- und Anlagenbaus sind – wie in Kapitel 2 dargestellt – breit international aufgestellt. Damit müssen sie Produktions-/Wertschöpfungsstrategien für die jeweiligen Standorte und für ihre globalen Produktionsnetzwerke finden. Für einen langfristigen ökonomischen Erfolg müssen für die einzelnen Standorte im gesamten Netzwerk Kapazitäten und Produkte geplant werden, die auch die Wachstumschancen der jeweiligen Weltmarktregion berücksichtigen.

In den globalen Produktionsnetzwerken werden Material bzw. Vorleistungen, Informationen bzw. Daten ausgetauscht sowie Aufwendungen und Erträge gegeneinander verrechnet. Die globalen Produktionsnetzwerke nutzen dabei die spezifischen Vorteile von Entwicklungs- und Schwellenländern sowie der hochtechnologisierten Industrieländer aus: Insbesondere in Asien ist ein breites Spektrum unterschiedlich entwickelter Länder vertreten. Die Standortbedingungen dort gelten als besonders vorteilhaft für Branchen wie die Automobilindustrie oder die Elektroindustrie, also für eine stark arbeitsteilig organisierte industrielle Massenproduktion mit ihrer hohen Bedeutung der Produktionskosteneffizienz (Bachtler, 2019). Kern dieser Netzwerke sind immer multinationale Unternehmen aus hochentwickelten Regionen, deren Produkte aus einer Vielzahl unterschiedlicher Bauteile bestehen, die jeweils zum nächsten Produktionsstandort transportiert werden können. Zentrale Fähigkeit innerhalb eines globalen Produktionsnetzwerks ist Kosteneffizienz bei bestimmten Arbeitsschritten, die zwischen den Betrieben und Produktionsstandorten unterschiedlich verteilt ist. Unternehmensstandorte in technologisch höher entwickelten Regionen können Arbeitsschritte mit technisch geringeren Anforderungen letztlich weniger kosteneffizient umsetzen als Betriebe in Entwicklungs- oder Schwellenländern (Bachtler, 2019).

Die arbeitsteilig organisierten Herstellungsprozesse brauchen eine gezielte Leitung und Steuerung, damit markt- und wettbewerbsfähige Endprodukte im Ergebnis erreicht werden. Sie basieren auf unterschiedlichen Kompetenzen der Netzwerkmitglieder in Bezug auf die Beherrschung von Produkt- und

Produktionstechniken, Kompetenzen bei der Produkt- und Produktionsentwicklung sowie bei der Netzwerksteuerung. Beherrscht ein Betrieb lediglich den Produktionsprozess, kann er das Produkt beispielsweise durch Weglassen bestimmter Eigenschaften oder die Veränderung von Komponenten an lokale Anforderungen anpassen. Darüber steht jedoch die Fähigkeit, sowohl das Produkt selbst als auch die eingesetzten Produktionstechnologien weiterzuentwickeln – dies ist die Grundlage für Innovationen und technischen Fortschritt. Damit nimmt der Betrieb bzw. das Unternehmen über die Gestaltung von Arbeitsschritten bzw. Produktionsblöcken Einfluss auf die Gestaltung des Netzwerks bzw. die Arbeitsabläufe in den Partnerbetrieben. Die zentralen Standorte multinationaler Konzerne steuern dann die globalen Produktionsnetzwerke, wobei der Steuerungsaufwand steigt, je mehr geografische Regionen und damit unterschiedlichere Kulturen, Sprachen und Rechtssysteme im Netzwerk eingebettet werden müssen (Bachtler, 2019). Dabei bauen die Ebenen eines globalen Produktionsnetzwerks aufeinander auf: An der Basis stehen Standorte, die die Produktion beherrschen und die Produkte anforderungsgemäß herstellen. Auf der nächsten Stufe stehen Standorte, die die Produktionstechnologie in der Form beherrschen, dass sie Produktvariationen in ihrer Fertigung umsetzen und Produktionsprozesse gestalten/verbessern können. Darüber steht die Beherrschung der Produkttechnologie – also diejenigen Standorte, die Produktinnovationen erarbeiten. Ganz oben ist dann noch die Gestaltung des gesamten Produktionsnetzwerks erforderlich.

Idealtypisch lassen sich nach Lanza et al. (2019) fünf Funktionstypen bei Produktionsnetzwerken unterscheiden: die „Weltfabrik“, die „Kette“, das „Netz“, „Hub and Spoke“ sowie „Local-for-local“.

Weltweite Produktionsmuster

(nach Lanza et al., 2019)

Im Muster der „**Weltfabrik**“ beliefert eine Produktionsstätte die Absatzmärkte weltweit, hier stehen die Kostenvorteile durch hohe Stückzahlen und hohe Effizienz der großen Distanz zu den einzelnen Märkten und hohen Logistikaufwänden gegenüber. In der Automobilindustrie sowie im Maschinen- und Anlagenbau hat dieses Muster praktisch keine Bedeutung mehr, weil die großen und mittleren Unternehmen mittlerweile alle weltweit mit Produktions- und Vertriebsstandorten vertreten sind.

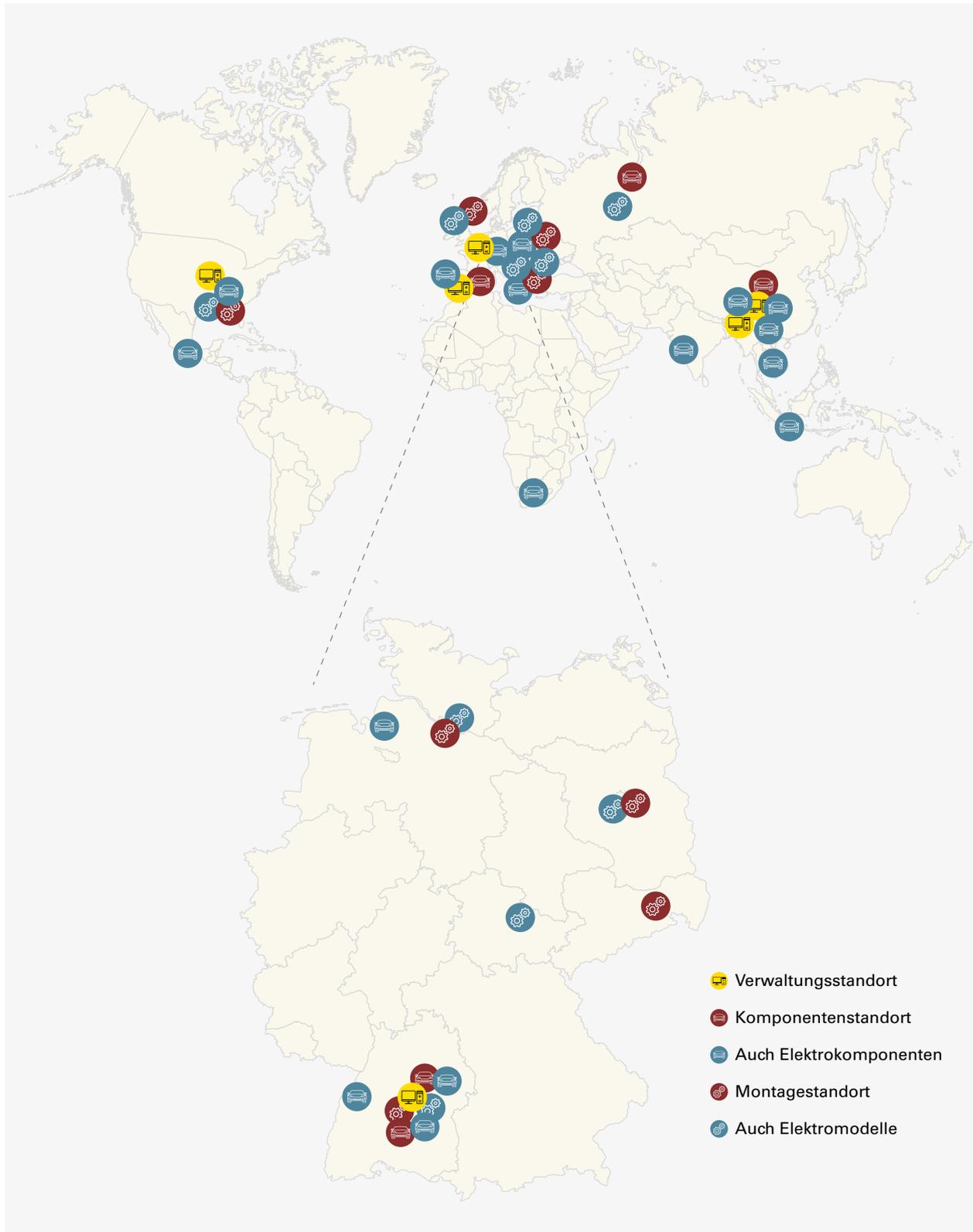
Mit spezialisierten Produktionsstandorten ergibt sich eher das Muster der „**Kette**“, bei dem die Produktionsschritte nacheinander an unterschiedlichen Orten angesiedelt sind. Damit kann jeder Produktionsschritt beispielsweise in Bezug auf Lohnkostenvorteile optimiert werden, dieses Muster ist jedoch mit einem hohen Logistikaufwand verbunden. Der „Kette“ entspricht beispielsweise die innereuropäische Arbeitsteilung der Zuliefererindustrie mit einem hohen Anteil der Vorfertigung in Low-Cost Countries als Ergänzung zur Produktion an deutschen Standorten.

Das „**Netz**“ beschreibt ein eng verflochtenes Netzwerk, in dem die verschiedenen Produktionsstätten untereinander austauschbar sind und das gesamte Produktspektrum herstellen können. Im „Netz“ kann am besten auf schwankende Nachfragen und regionale Einschränkungen (wie z. B. die in Kapitel 3 beschriebenen Krisen) reagiert werden. Allerdings können Effizienzeffekte bei großen Stückzahlen kaum genutzt werden.

In der Kombination des „**Hub and Spoke**“ (Nabe und Speiche) werden „wertschöpfungs-dichte“, kostenintensive Produktionsschritte zur Nutzung von Kostenvorteilen an einem oder wenigen Produktionsstandorten zusammengefasst, während einfache Montageschritte mit der

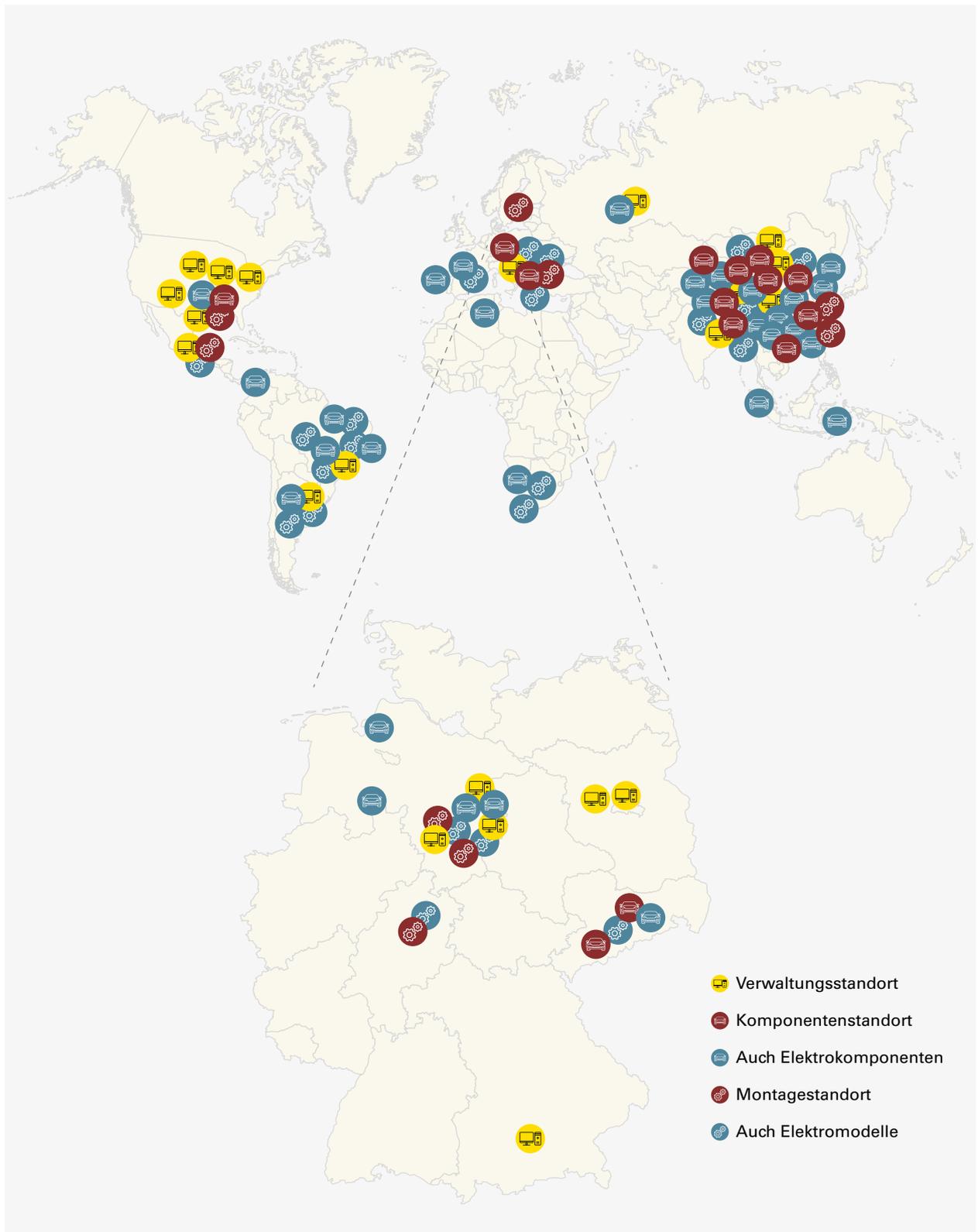
Möglichkeit der Individualisierung an regional verteilten Standorten durchgeführt werden. Dieses Muster findet sich beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau; hier besitzen Unternehmen z. B. in Asien Produktionsstätten für Standardmaschinen, während Produktinnovationen aus den deutschen Standorten heraus geliefert werden.

Im Muster der **regionalen Produktion** („**Local-for-local**“) sind die Produktionsstätten weltweit verteilt und produzieren für die jeweiligen Märkte. Sie können flexibel auf deren Anforderungen reagieren und gegebenenfalls Ausfälle in einem Produktionsnetzwerk mit den anderen Netzwerken ausgleichen. Damit verbunden sind jedoch hohe Investitionskosten für den Aufbau mehrerer Produktionsstätten, so dass sich dieses Muster für Produkte mit hohen Stückzahlen eignet. Zudem können die hohen Produktionskapazitäten nur schwierig an sinkende Absätze angepasst werden.



Quelle: DLR und IMU Institut, eigene Darstellung, Bildquelle Deutschland- und Weltkarte: © markttrib

Abbildung 76: Mercedes-Benz Group, Standorte Pkw-Komponenten und Montage



Quelle: DLR und IMU Institut, eigene Darstellung, Bildquelle Deutschland- und Weltkarte: © markttrib

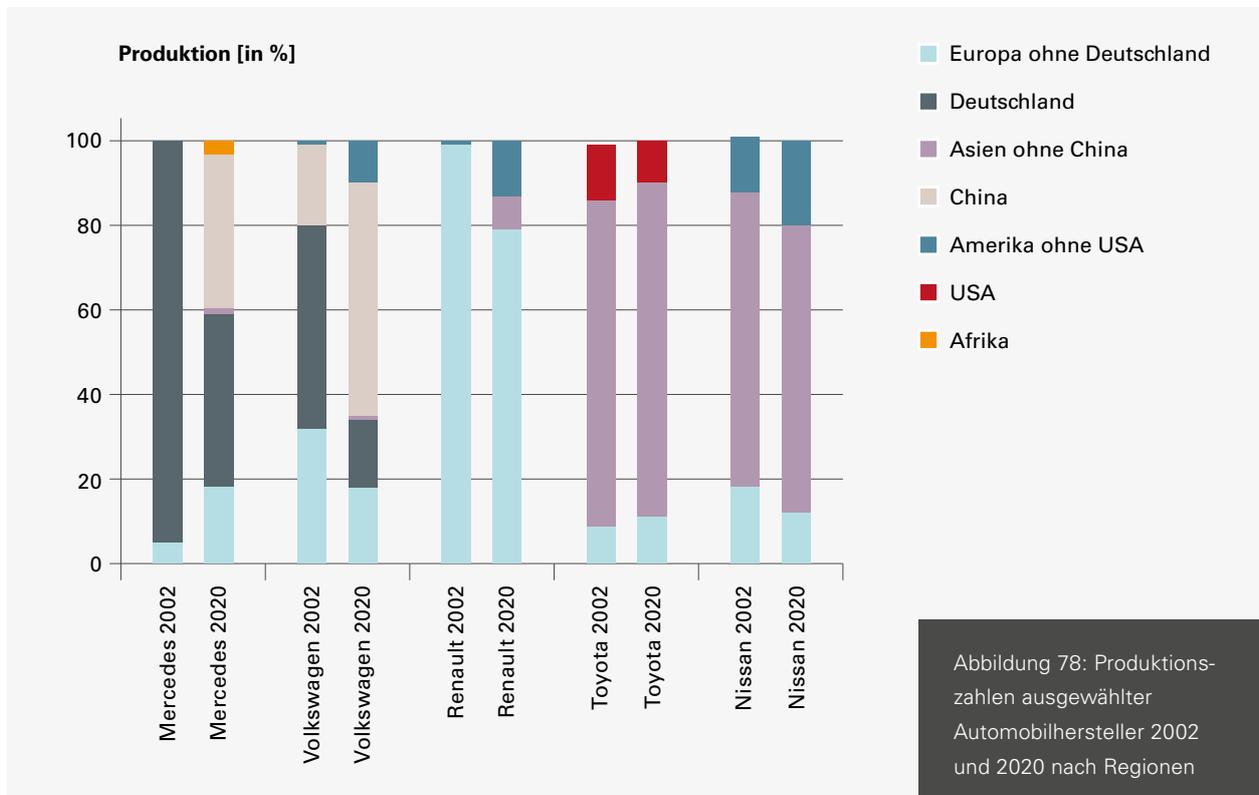
Abbildung 77: Volkswagen (Marke), Standorte Pkw-Komponenten und Montage

Das Muster der regionalen Produktion (local-for-local) mit mehreren weltweit verteilten Produktionsnetzwerken beschreibt am besten die Internationalisierungsstrategie der deutschen Automobilindustrie. Die deutschen Automobilhersteller folgen z. B. dem asiatischen Markt und bauen dort die Produktion von erfolgreichen Volumenmodellen aus. Das gilt insbesondere für Volkswagen: Im Jahr 2002 wurden fast die Hälfte der Pkw in Deutschland produziert, etwas über 30 % im übrigen Europa und schon etwa 20 % in China. Knapp 20 Jahre später (2020) wurden von den 4,7 Mio. gefertigten Pkw bereits über 50 % in China hergestellt. Aus Deutschland stammt nur noch knapp ein Fünftel, aus dem übrigen Europa weitere 16 % (VDA, 2021j).

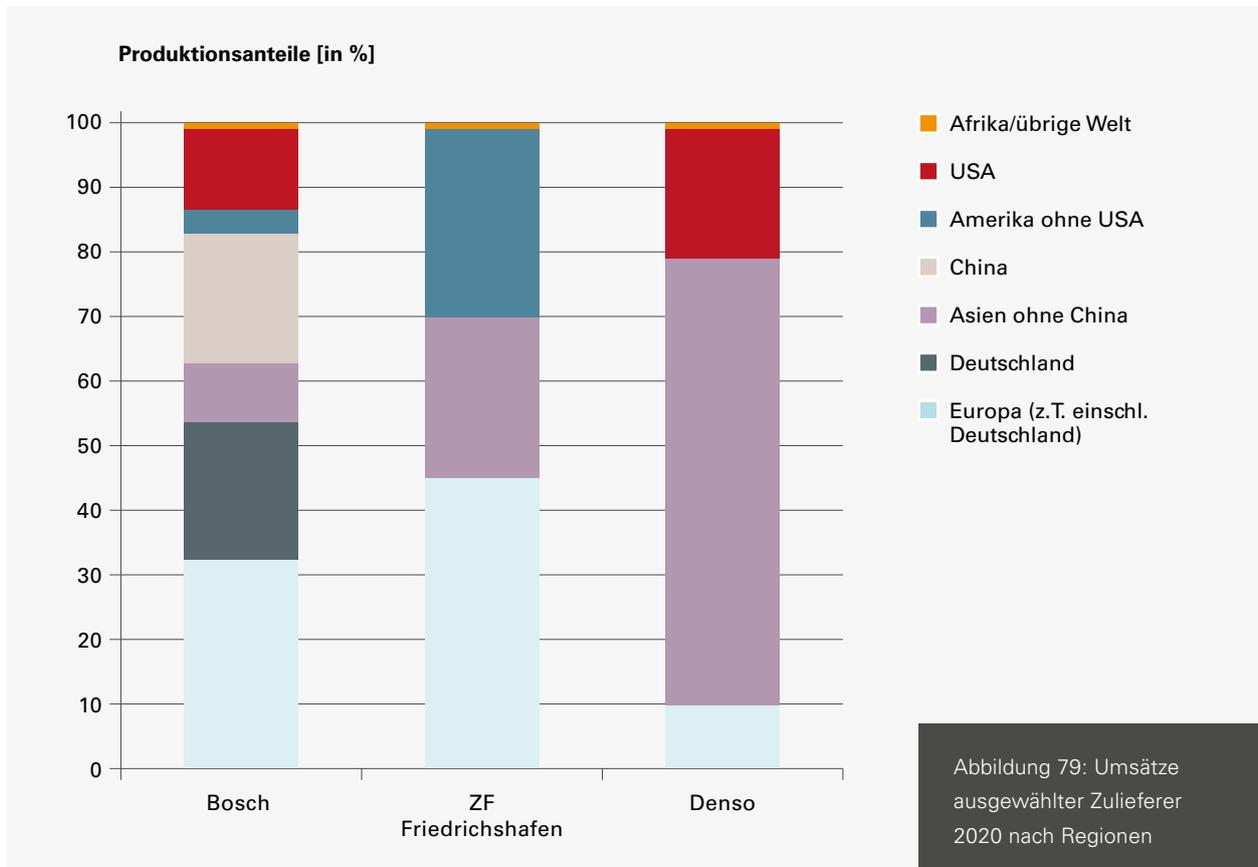
Mercedes-Benz startete die Produktion von Pkw in China im Jahr 2005 mit vierstelligen Stückzahlen, im Jahr 2020 lag der Anteil in China produzierter Pkw an der Gesamtproduktion bei 36 %, das sind ca. 1,7 Mio. Pkw. Rund 40 % der Pkw werden an deutschen Standorten produziert (VDA, 2021j). Das ehemalige Muster der „Weltfabrik“ ist hier auch hier längst der regionalen Produktion (local-for-local) gewichen.

Renault als weiterer europäischer OEM hat ebenfalls Produktionskapazitäten in allen drei Weltmarktregionen aufgebaut, besitzt jedoch noch etwa 80 % der Produktionskapazitäten an den europäischen Standorten. Asiatische Hersteller wie Nissan oder Toyota haben bereits Anfang der 2000er Jahre – früher als die deutschen OEM – in allen drei Weltmarktregionen produziert. Den gerade im Vergleich zu den deutschen Herstellern niedrigen Anteil der Auslandsproduktion haben sie bis 2020 auch nur in geringem Umfang ausgebaut. BYD als exemplarischer chinesischer Hersteller fertigt die Stückzahl von rund 420.000 Pkw fast ausschließlich in China, nur im Iran gibt es eine weitere Produktionsstätte mit jedoch geringer Kapazität.

Die beiden japanischen Hersteller Nissan und Toyota, aber auch chinesische Hersteller stützen mit ihrem lokalen Anteil die jeweilige Zuliefererindustrie. Tesla mit einer Jahresproduktion von gut 420.000 Fahrzeugen im Jahr 2020 hat bereits gut ein Drittel davon im neuen chinesischen Werk gefertigt. Mit dem Werk in Grünheide verfügt das erst seit 2013 produzierende Unternehmen dann direkt in allen Weltmarktregionen über Produktionsstandorte.



Quelle: DLR und IMU, eigene Darstellung



Die Produktionsstrukturen der Automobilindustrie zeigen einen Wandel hin zu dem Modell „build where you sell“, wobei diese Entwicklung nicht ohne Konsequenzen für die Zulieferer bleibt – hier entsteht der Trend „Follow your Customer“. Die Kongruenz zwischen Produktions- und Verkaufsort kann auf verschiedene Aspekte zurückgeführt werden: Anpassung an örtliche Markterwartungen, Senkung von Risiken und Kosten bei Transport oder auch nationale Bestimmungen und Zölle spielen hier eine Rolle. Der Nachzug von Zulieferern ist dagegen eine Entwicklung, die neben der Fortsetzung bewährter Zuliefererbeziehungen im Ausland auch auf den hohen Anteil von Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Lieferungen zurückzuführen ist.

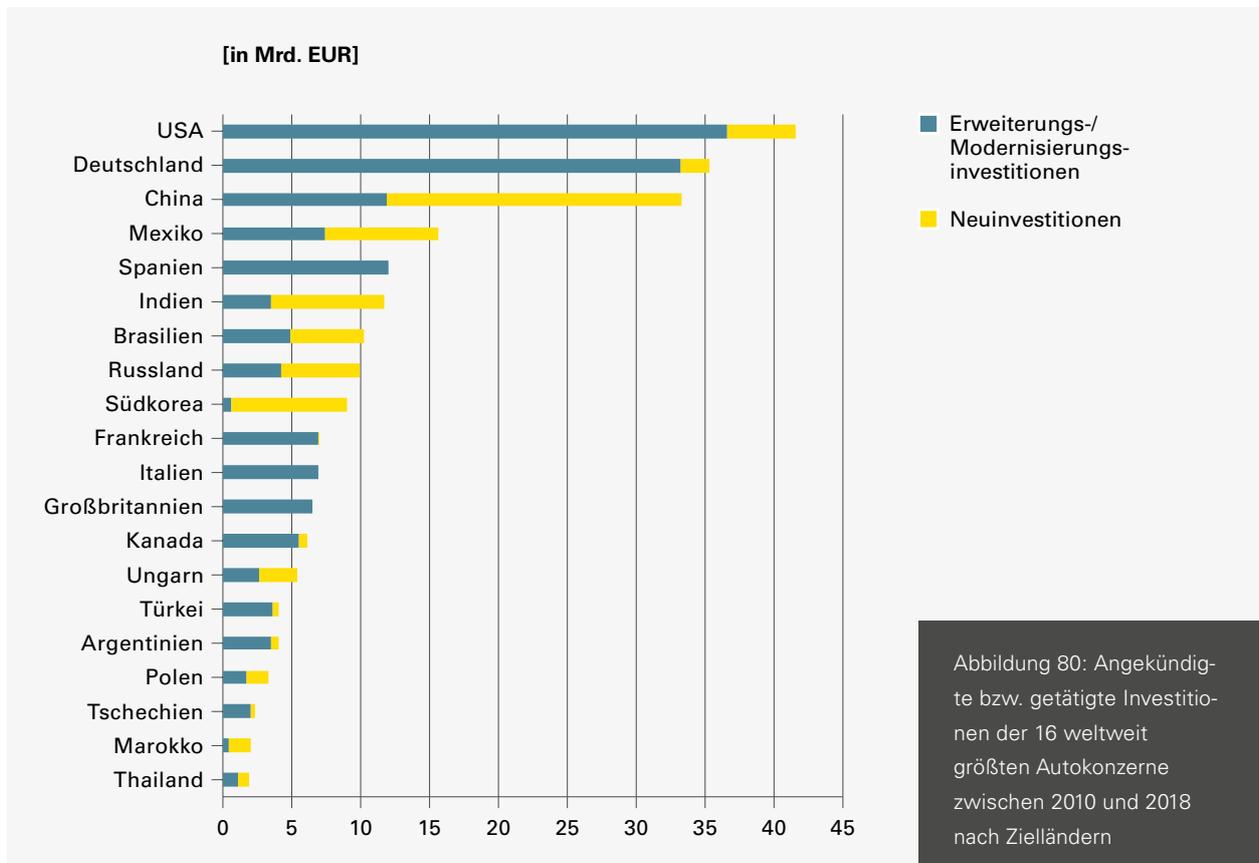
Produktionsnetzwerke deutscher und japanischer Unternehmen unterscheiden sich dabei: Im japanischen Produktionsnetzwerk – auch Keiretsu genannt – steuert die Kernfirma viel stärker die Netzwerkmitglieder als in deutschen globalen Produktionsnetzwerken. Dies ist einerseits möglich, weil die japanischen OEM einerseits sehr viel häufiger als deutsche (Teil-)Eigentümer ihrer Zulieferer sind und sie die eingesetzten

Technologien stärker kontrollieren (Bachtler, 2019). Während die Zulieferernetzwerke um deutsche OEM stark kostengetrieben sind und Beschaffungen sich stark am Angebotspreis orientieren, mischen sich in japanischen Netzwerken stärker Marktmechanismen mit der Kooperation zwischen finanziell verbundenen Unternehmen. Mit längerer Dauer der Zuliefererbeziehungen kann sich die Beziehung von einem rein marktgesteuerten Verhältnis hin zu einer Kooperation beider Unternehmen verändern, zumal Entwicklungspartnerschaften zunehmen werden. Allerdings verändert sich die Konzentration japanischer Hersteller auf rein japanische Zulieferer mit deren Internationalisierung, so dass auf dem US-amerikanischen Markt auch amerikanische und auf dem europäischen Markt auch europäische Zulieferer bei der Beschaffung berücksichtigt werden (Bratzel, 2015). Die chinesische Industriepolitik zielt dagegen darauf, über günstige Produktionskosten und den Zwang zu lokaler Produktion (Local Content) ausländische Betriebe anzusiedeln und von ihnen Technologien zu chinesischen Unternehmen zu transferieren (Bachtler, 2019).

Im Zuge der Aufteilung in regionale Produktionsnetzwerke steigt auch der Anteil der regionalen Beschaffung. Bratzel (2015) benennt diese „Lokalisierungsquote“ für japanische Hersteller im Ausland mit etwa 60 % im US-amerikanischen Markt und mit bis zu 80 % an ihren europäischen Standorten. Entsprechend beziehen auch deutsche Automobilbauer an ihren ausländischen Standorten für Verbrennermodelle überwiegend vor Ort – von den Auslandsstandorten deutscher Konzerne oder von ausländischen Unternehmen. Als Lokalisierungsquote in China gibt Audi – abhängig jeweils vom Modell – einen Wert zwischen 50 % und 85 % an, Volkswagen bis zu 90 %, BMW 40 % und Mercedes-Benz 50 %. Auch für ein Nutzfahrzeugwerk der Mercedes-Benz Group soll die Lokalisierungsquote bereits 85 % betragen. Mittelfristig wird sogar noch ein weiterer Anstieg erwartet. Der Umfang regionaler Beschaffung hängt jedoch von den jeweiligen Komponenten ab, beispielsweise können weniger komplexe Komponenten wie Türverkleidungen, Sitze und Stoßfänger vollständig in China beschafft werden. Technologisch anspruchsvollere Komponenten wie Teile des Antriebsstrangs oder des Fahr-

werks und Assistenzsysteme beziehen die global ausgerichteten Hersteller entweder aus dem Ausland oder setzen auf lokale Tochterunternehmen ihrer traditionellen Zulieferer (Bratzel, 2015).

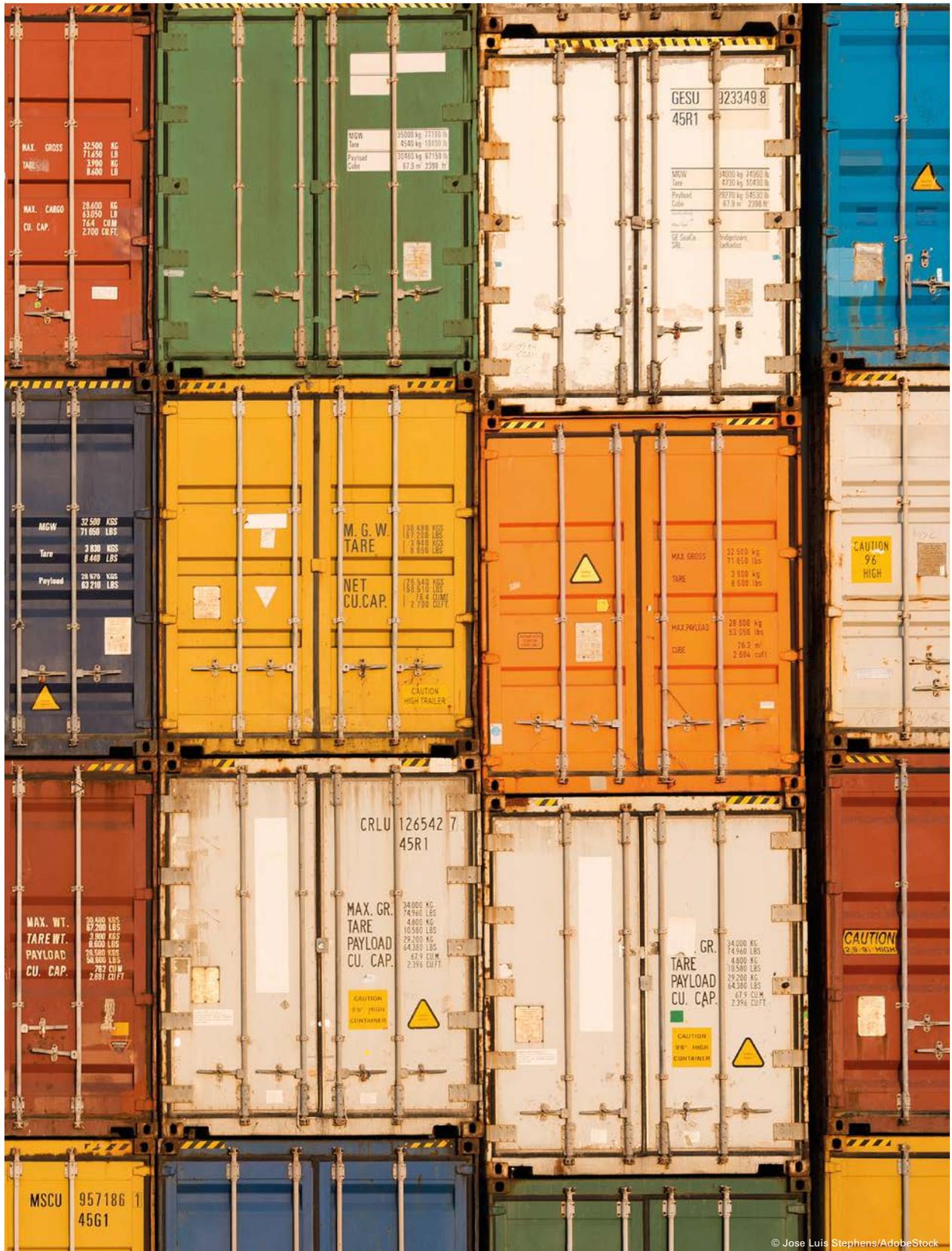
Die Verlagerung nach Asien zeigt sich auch deutlich in den aktuellen Investitionen der Automobilindustrie: Zwischen 2010 und 2018 waren für Standorte in Deutschland und China Investitionen von 35,5 Mrd. EUR bzw. 33,4 Mrd. EUR angekündigt bzw. wurden getätigt (an der Spitze lagen die USA mit 41,6 Mrd. EUR; EY, 2019). Wird nur das Jahr 2018 betrachtet, kehrt sich die Rangfolge allerdings deutlich um: Mit 6,1 Mrd. EUR liegt China an der Spitze, es folgen Indien (3,8 Mrd. EUR), die USA (3,5 Mrd. EUR), Frankreich (2,6 Mrd. EUR) und erst auf dem fünften Rang Deutschland (1,5 Mrd. EUR). Die Unterscheidung zwischen Erweiterungs-/Modernisierungsinvestitionen und Neuinvestitionen verdeutlicht, in welchen Ländern Kapazitäten ausgebaut werden und in welchen – wie in Deutschland – bestehende Produktionsanlagen in großem Umfang modernisiert werden.



Zwischen 2010 und 2018 wurden in den USA am meisten Arbeitsplätze neu geschaffen (fast 55.000). Mit knapp 27.000 Arbeitsplätzen liegt Deutschland nach Mexiko und China auf Rang 4. Deutlich wird jedoch, dass 2018 – im letzten Jahr des betrachteten Zeitraums – die größten Arbeitsplatzzuwächse in Argentinien (+42 %), Rumänien (+28 %), Indien (+25 %), Indonesien (+19 %), China (+13 %) und den USA (+12 %) stattfanden; in Deutschland lag der Beschäftigungszuwachs 2018 gegenüber dem gesamten Zeitraum 2010 bis 2018 bei knapp 1 % (EY, 2019). Zu den größten Investitionen weltweit gehörte der Aufbau eines neuen Produktionsstandorts der Mercedes-Benz AG in Peking zur Fertigung von Pkw mit einer Investitionssumme von 1,53 Mrd. EUR. Deutsche Automobilkonzerne investierten zwischen 2015 und 2018 fast das Zehnfache der Konzerne aus anderen Ländern (deutsche Konzerne 11,1 Mrd. EUR, französische 1,3 Mrd. EUR, japanische 0,86 Mrd. EUR, südkoreanische 0,85 Mrd. EUR, US-amerikanische 0,63 Mrd. EUR). Diese Investitionen flossen in etwas größerem Umfang nach China als nach Deutschland (6,1 Mrd. EUR gegenüber 4,4 Mrd. EUR) (EY 2019). Damit belegen die Investitionen die anhaltende Produktionsverlagerung nach Asien und hier vor allem nach China.

6.5 Zwischenfazit

Etablierte Zuliefererbeziehungen in der Automobilindustrie stehen vor einem Wandel. Die hierarchische Lieferpyramide wird durch Wertschöpfungsnetzwerke in drei Weltregionen abgelöst, so dass die weltweite Präsenz für große Zulieferer zu einem Erfolgskriterium wird. Kleine und mittelgroße Zulieferer in Baden-Württemberg können ihre Wertschöpfungsposition vor allem durch Innovationsbeteiligungen sichern, müssen diese aber auf neue Technologien im elektrifizierten (und digitalisierten) Antriebsstrang bzw. Fahrzeug orientieren. Mit dem Ausbau der weltweiten Produktionsnetzwerke bleibt der Informationsfluss zwischen Unternehmensstandorten sowie zwischen den Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette eine Herausforderung für die Branche. Die weitere Standardisierung des Informationsflusses und der Ausbau von unternehmensunabhängigen Datenplattformen sichern Lieferketten perspektivisch ab. Inwieweit diese Lieferketten „resilient“ gestaltet werden können, wird im folgenden Kapitel beschrieben.



© Jose Luis Stephens/AdobeStock

07

**Optionen für smarte und
zukunftsfähige Lieferketten**



07

Optionen für smarte und zukunftsfähige Lieferketten

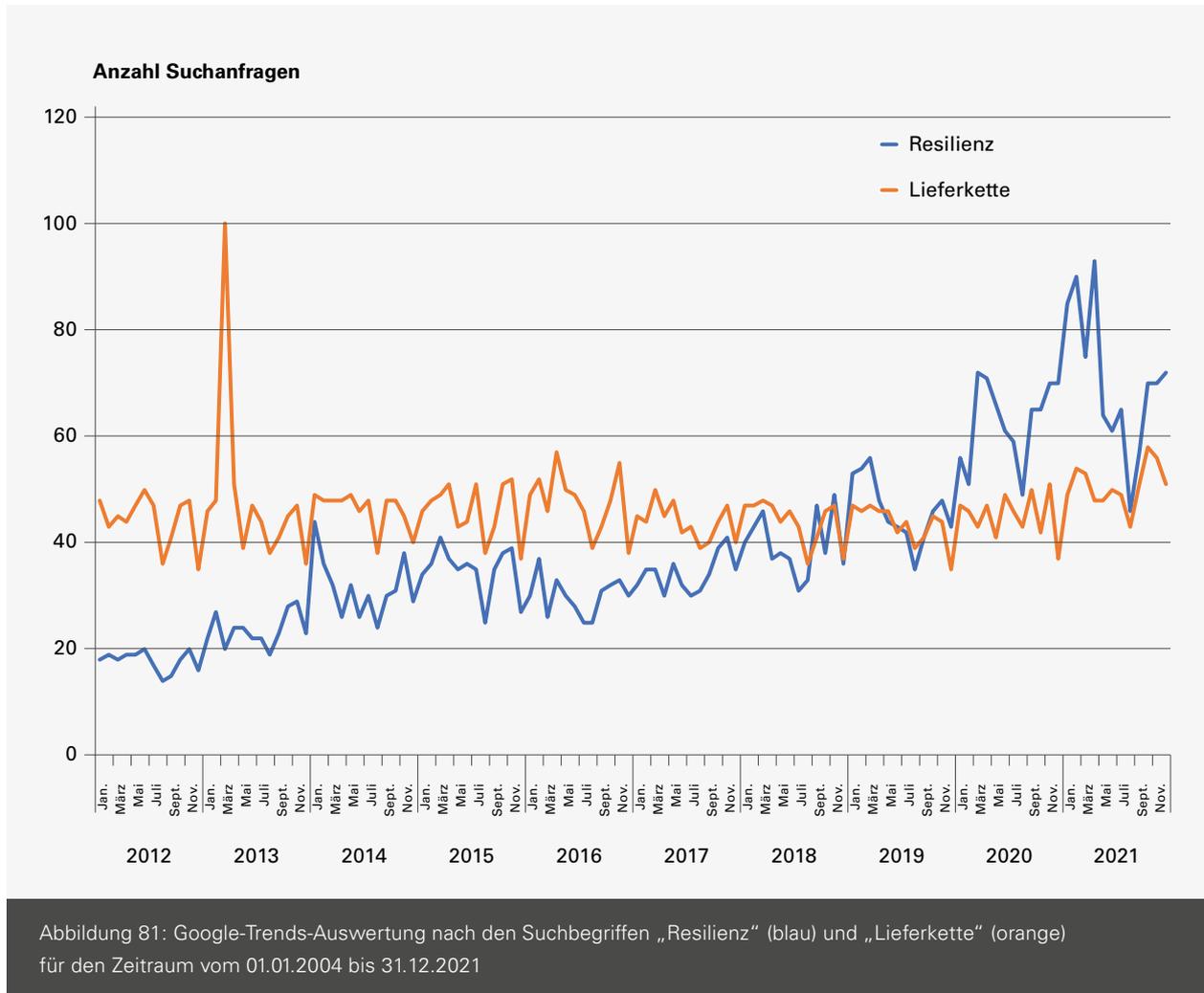
In Kürze

- Das Schlagwort der „resilienten Lieferkette“ hat in der Covid-19-Pandemie hohe Aufmerksamkeit erfahren.
- Höhere Resilienz entsteht u. a. durch Redundanz und Flexibilität. Während der Ausbau von Redundanzen (bspw. Lageraufbau oder Multiple Sourcing) den Unternehmensstrategien der anhaltenden Produktionsoptimierung zuwiderläuft, wird die Flexibilität z. B. durch flexible Produktion oder agiles Arbeiten in Entwicklungsbereichen oder Verwaltung ausgebaut.
- Kurz- bzw. mittel- bis langfristig wirkende unternehmerische Maßnahmen und Strategien zur Steigerung der Widerstands- und Zukunftsfähigkeit von Lieferketten sollten regelmäßig gegen den Vorrang der Kostenoptimierung abgewogen werden, damit die einzelnen Unternehmen im Krisenfall schneller und besser Bewältigungsmaßnahmen ergreifen können.

7.1 Rahmenbedingungen und Kriterien zur Bewertung resilienter Lieferketten

Der im Kontext der Covid-19-Pandemie vermehrt verwendete Begriff der „Resilienz“ hat seinen Ursprung in der Psychologie und beschreibt die Fähigkeit von Lebewesen, Hochrisikofaktoren bis hin zu existenzbedrohenden Krisen bewältigen zu können (Promberger, 2020; Nickel, 2020). Er wird auf Organisationen, Unternehmen oder ganze Lieferketten übertragen als Fähigkeit, sich an widrige Umstände anzupassen, Krisen zu bewältigen beziehungsweise sich als System in Phasen der Veränderung der eigenen Umwelt selbst zu erhalten. Regelmäßig müssen Unternehmen auf Nachfrageschwankungen reagieren, doch wie die Covid-19-Pandemie exemplarisch zeigt, gibt es verschiedenste Gründe für Existenzkrisen von Unternehmen. Deshalb geht auch die „Resilienz“ von Unternehmen weit über Fragen der Lieferketten hinaus und betrifft die Bewältigung von Marktänderungen, Technologiewechsel sowie Handelskrisen. Weit darüber hinaus wiederum gehen die Folgen des Klimawandels, der weltweit zu dramatischen Veränderungen führen wird.

Die Folgen der Covid-19-Pandemie wurden eng mit Störungen der Lieferkette gekoppelt, wie die folgende Auswertung von Suchbegriffen über die Zeit zeigt.



Rahmenbedingungen

Wettbewerbsfähige Wertschöpfungsketten in der Automobilindustrie zeichnen sich durch eine hohe Zuverlässigkeit, eine hohe Produkt- und Lieferqualität, niedrige Durchlauf- und Lieferzeiten und möglichst niedrige Kosten aus (Nickel, 2020; Marek und Berwing, 2019). Die Ziele des Lieferkettenmanagements liegen in der optimalen Ausgestaltung und Kombination o. g. Faktoren, um so Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz erzielen und die eigenen Geschäftstätigkeiten vor dem Hintergrund von Kosten, Zeit und Qualität sichern und kontinuierlich optimieren zu können. Das Management von

Lieferketten ist zentraler Erfolgsfaktor für Unternehmen der Automobilindustrie, insbesondere vor dem Hintergrund der branchenspezifischen Herausforderungen (Wagner et al., 2020): u. a. hohe Anzahl kundenindividueller Produktvarianten, große Nachfrageschwankungen und – als zunehmend wichtigere Anforderung – die Einhaltung von Klimaschutzzielen. Darüber hinaus verlangt das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (siehe Infobox: Das Lieferkettengesetz) von Unternehmen zukünftig, menschenrechtliche und umweltrechtliche Standards einzuhalten und dies innerhalb eines gewissen Rahmens auch von ihren Lieferanten zu verlangen.

Jedoch sind die hochgradig arbeitsteiligen und internationalisierten Lieferketten in der Automobilindustrie in besonderem Maße störungsanfällig – dies wird vielfach mit dem Begriff der „VUCA“-Welt (volatil, ungewiss/unsicher, komplex, ambivalent/mehrdeutig) bezeichnet. Die Covid-19-Pandemie betrifft die Automobilindustrie deutlich stärker als die bisherigen Krisen (vgl. Kap. 3): Der Vulkanausbruch des Eyjafjallajökull in Island (2010) und die Reaktorschmelze in Fukushima (2011) waren regional und zeitlich begrenzt, der Vulkanausbruch behinderte vor allem den Luftverkehr und die Tourismusbranche, von der Reaktorschmelze waren in der Region 40 Zulieferer und 20 OEM zeitweilig betroffen. Die Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 wirkte sich weltweit aus und führte zu einem deutlichen Nachfragerückgang, aber nur zu einer geringen Abnahme des Angebots. Politische Auseinandersetzungen um Handelsrechte wie der „Brexit“ beeinträchtigen den Außenhandel (vgl. Exkurs zum „Brexit“, Seite 27). Die Coronapandemie hingegen führt weltweit zu Produktionseinschränkungen und hält mit ihren wirtschaftlichen Folgen wie dem Chipmangel bereits seit zwei Jahren an.

Um die komplexen Lieferketten in der Automobilindustrie abzusichern, haben insbesondere die OEM und Tier-1-Zulieferer bereits Strategien entwickelt, mit denen sie ihre Zulieferer bei Schwierigkeiten unterstützen und so Lieferstörungen oder gar -abrisse verhindern können. Hier standen bislang eher Maßnahmen bei wirtschaftlichen (finanziellen) Schwierigkeiten im Vordergrund: Hersteller kalkulieren Krisen bei Zulieferern ein und haben ein entsprechendes Krisenmanagement etabliert (Jaroschinsky, 2018). Dabei steht die Sicherung der Teileversorgung im Vordergrund, bis die Krise durch die Sanierung des Zulieferers, gegebenenfalls Eigentümerwechsel oder einen Lieferantenwechsel überwunden ist. Die Situation 2020/2021 mit der Überlappung von Produktionsstopps/-behinderungen, Transportstörungen und Nachfragerückgängen erforderte von den Unternehmen einen deutlich umfassenderen Ansatz. Gleichzeitig verdeutlichte die Pandemie, dass die Unternehmen immer wieder aus unterschiedlichen Anlässen in Krisen kommen können und diese bewältigen müssen, so dass eine umfassende Absicherung gegenüber zukünftigen Krisen nur eingeschränkt und/oder mit hohem Aufwand umgesetzt werden kann.

Zieldimensionen von „Resilienz“

In Forschung und Literatur wird die Resilienz von Unternehmen (oder anderen Systemen) auf einige wesentliche Aspekte abstrahiert (vgl. Promberger, 2020; Lettmann et al., 2019), die

unternehmensintern und unternehmensübergreifend bestehen können: **Redundanz, Flexibilität, Transparenz und Nähe.** Hier setzen auch die später beschriebenen Maßnahmen für „resilientere“ Lieferketten an.

Werden Arbeitssysteme **redundant** ausgelegt, umfassen sie Sachanlagen oder Personalkapazitäten, die größer ausgelegt sind, als im Normalbetrieb erforderlich wäre: Gebäudeflächen, Maschinen, Sicherheitsbestände bei Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Ersatzteile, Personal, mehrere Lieferanten oder Transportkapazitäten, aber auch Liquiditätsreserven und Unternehmensrücklagen. Diese dienen bei Störungen oder im Krisenfall als „Puffer“ und zusätzliche Kapazität zur Aufrechterhaltung der Geschäftstätigkeit bzw. zusätzliche Ressourcen zur Bewältigung unvorhergesehener Situationen. Diese systemimmanenten Reserven können im Krisenfall genutzt werden. Promberger (2020) beschreibt für die Metallindustrie, dass Fertigungskapazitäten in normalen Zeiten nur zu etwa 80 % ausgelastet waren, um bei Auftragsspitzen oder zur Bewältigung von Störungen höhere Kapazitäten zur Verfügung zu haben (Promberger, 2020). Das Vorhalten von Redundanzen widerspricht jedoch Maßnahmen zur Kostenoptimierung, deshalb werden sie möglichst gering gehalten.

„Dahinter können sich höchst unterschiedliche Phänomene verbergen: Ausweichgebäude, Ersatzgeräte, Lagerbestände, manchmal auch komplette, zeitweise überholt erscheinende Zweitsysteme (wie z. B. die Festnetztelefonie) gehören dazu, aber auch eingeübte Praktiken, die im Normalfall nicht zum Einsatz kommen: von der Feuerschutzübung und dem Erste-Hilfe-Kurs bis zum Aufbau von Teststationen und Krisen-Hotlines. Gleiches gilt für nicht voll ausgeschöpfte Kapazitätspotenziale in Produktionsprozessen: Letzteres wird in der Betriebsforschung ‚Luft‘, ‚Spielraum‘ oder ‚Slack‘ [...] genannt. Technisch-organisatorische Reserven nutzen allerdings wenig, wenn nicht genug eigenes Personal vorhanden ist oder gewonnen werden kann. Gerade bei Epidemien, die ja nicht Anlagen oder Maschinen, sondern Menschen betreffen, kann hier rasch ein entscheidendes Problem liegen.“ (Promberger, 2020)

Der Begriff der „Redundanz“ ist jedoch mit Zuschreibungen wie „eigentlich überflüssig“ beziehungsweise „nicht notwendig“ (Duden, 2021) negativ belegt. Denn Redundanzen bzw. systemimmanente Reserven der Arbeitssysteme widersprechen dem Ziel der Kosteneffizienz bzw. der anhaltenden Kostensenkung und der „schlanken Arbeitsorganisation“ (lean Production) in der Automobilindustrie. Gerade deren Unternehmen müssten damit von einem zentralen und immer wei-

ter optimierten Rationalisierungsprinzip der letzten Jahre abweichen. Zudem sind möglicherweise Investitionen z. B. in Flächen/Gebäude oder Lagerhaltungssysteme erforderlich, so dass das Lieferkettenmanagement immer wieder den Grad der gewünschten Resilienz gegenüber möglichen Kosteneffekten abwägen muss (vgl. Nickel, 2020; Marek und Berwing, 2019). Weniger die globale Arbeitsteilung an sich, sondern die Fokussierung auf hohe Effizienz im Produktionssystem mit minimierten Lagern und dem hohen Anteil von Just-in-Time-Lieferungen machen die Lieferketten letztlich störungsanfällig (Butollo, 2020).

Die Steigerung der **Flexibilität** als Weg zu höherer Resilienz entspricht dagegen eher den derzeitigen Unternehmensstrategien in der Automobilindustrie. Sie wird in mehrfacher Hinsicht vom Produkt getrieben: Durch den Übergang zu alternativen Antriebskonzepten und durch die steigende Bedeutung von Software im Fahrzeug. Flexiblere Produktionsstrategien wurden bereits in Kapitel 5.5 dargestellt; darüber hinaus soll auch in Entwicklungs- und Verwaltungsbereichen die interne Arbeitsorganisation flexibilisiert werden, zum Beispiel bei den Arbeitszeiten, durch agile Arbeitsweisen oder die Nutzung digitaler Technologien wie z. B. Cloud-Plattformen (z. B. Automobilwoche, 2021k; Marek und Berwing, 2019). Weitere Optionen zur Steigerung der Flexibilität sind Liefer-/Abnahmeverträge mit variablen Stückzahlen, variable Liefertermine oder Multiple Sourcing.

Der mit der Covid-19-Pandemie einhergehende Digitalisierungsschub führt zu verstärkten Initiativen, mit denen die **Transparenz** (und Kontrolle) entlang der Lieferkette gesteigert werden soll: Start-ups bieten vermehrt Track-and-Trace-Lösungen an, damit Unternehmen den Lieferstatus eigener Waren weltweit und in Echtzeit nachvollziehen können. Cloud-Plattformen sollen unternehmensübergreifend Produktionsdaten zusammenführen und mit dem „digitalen Zwilling“ sollen alle wichtigen Daten eines Produkts in Entwicklung und Produktion zusammengeführt werden. Hier haben sich mit der Pandemie die schon lange unter dem Schlagwort der „Industrie 4.0“ gefassten Digitalisierungsaktivitäten der Unternehmen möglicherweise beschleunigt. Der bessere Informationsfluss zwischen Kunden und Lieferanten soll schnellere Reaktionen auf Nachfrageänderungen erlauben, damit Bestandskosten verringern und mögliche Kettenreaktionen entlang der Lieferkette abschwächen (Silbernagel et al., 2019). Das erfordert allerdings auch unternehmensintern agile Arbeitsweisen.

Porsche will bis 2024 fast 1 Mrd. EUR jährlich in die Digitalisierung von Prozessen und Kundenbeziehungen investieren (Automobil Produktion, 2020p). Mercedes-Benz will bis 2026 rund 60 Mrd. EUR für Elektrifizierung, Digitalisierung und automatisiertes Fahren ausgeben (Automobilwoche, 2021g).

Nähe als Merkmal resilienter Lieferketten umfasst sowohl die geografische Nähe im Sinne der Lokalisierung, die Risiken in Bezug auf Transportstörungen minimieren kann, als auch den engen, kontinuierlichen Austausch mit Lieferanten und Kunden. In den Expertengesprächen zu konkreten Maßnahmen zur Pandemiebewältigung wurden immer wieder die Gründung von Task-Forces und der enge, direkte Austausch mit den eigenen Partnern in der Wertschöpfungskette angeführt (siehe Kapitel 4). Angeführt wurde auch das sogenannte „Reshoring“, also eine Rückverlagerung und ein erneuter Bezug aus dem Inland, als Gegensatz zum „Offshoring“ als Verlagerung ins Ausland. Das wird als zuverlässigere Alternative zum weltweiten Einkauf gesehen, wobei bei der Maßstäblichkeit der deutschen Automobilindustrie hier Europa als Bezugsgröße für ein lokales Reshoring anzusetzen ist. Lokale Beschaffung kann Transportstörungen vermeiden oder zumindest verringern; auch im Clusteransatz wird der räumlichen Nähe eine hohe Bedeutung für engere Kooperationen zugewiesen. Hierbei können für Baden-Württemberg engere Kooperationen mit osteuropäischen oder nordafrikanischen Lieferanten wichtiger werden, weil die Transportwege kürzer sind bzw. sie auf besser kalkulierbaren Landwegen erreichbar sind. Das steht allerdings im Widerspruch zur kostengetriebenen weltweiten Arbeitsteilung (u. a. Butollo, 2020; IKB, 2021b), ein Reshoring führt möglicherweise zu Preissteigerungen für Verbraucher:innen. Außerdem werden Lieferbeziehungen in der Automobilindustrie für die Dauer von Modellgenerationen – also mehreren Jahren – vereinbart, so dass eingespielte Lieferketten nur mit mehrjährigem Vorlauf, jedoch kaum in einer akuten Krise, geändert werden können. Die Krise mit weltweiten Produktions- und Transportstörungen kann allerdings einen Aufbau mehrerer Produktionsnetzwerke in den Weltregionen – also nach dem Modell „Local-for-local“ – beschleunigen.

Zielkonflikte im Management von Lieferketten

Das Management von Lieferketten erfordert allerdings immer die Abwägung zwischen verschiedenen Zielen wie Produktpreis und Produktionskosten, Qualität, Termintreue und kurzen Durchlaufzeiten in der Produktion, einer CO₂-neutralen Lieferkette als neuem Ziel sowie der Resilienz der Lieferkette. Dadurch hat das Lieferkettenmanagement einen hohen Stellenwert für die strategische Unternehmenssteuerung erhalten. Zwischen den Zielen bestehen regelmäßig Zielkonflikte, mit denen im Lieferkettenmanagement umgegangen werden muss (die „Ambivalenzen“ der VUCA-Welt). Je stärker die Unternehmensstrategie auf hohe Umsatz- bzw. Ertragskennzahlen wie das EBIT ausgerichtet ist, desto eher wird zugunsten niedriger Kosten mit gegebenenfalls höheren Risiken in den Lieferketten entschieden. Widersprüche zwischen dem Kosten- und dem Resilienzmanagement bei der Gestaltung von Lieferketten bestehen vor allem bei der Einhaltung von Zielkosten bzw. der Verringerung der Beschaffungskosten gegenüber der Qualifizierung der Beschäftigten sowie dem Einsatz von Mehrzweckmaschinen, dem Aufbau mehrerer Bezugsquellen, von Überkapazitäten und der Lagerhaltung (Nickel, 2020).

7.2 Unternehmerische Maßnahmen und Optionen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und Zukunftsfähigkeit von Lieferketten

Lieferketten werden mit verschiedenen Methoden gesteuert, die auch von der Position des Unternehmens in der Lieferkette abhängen. Bei einer Unternehmensbefragung wurden als häufige Instrumente des Lieferkettenmanagements (> 50 %) Just-in-Time, ABC-Analyse, Sicherheitsbestände, Forecasting, Push/Pull, Just-in-Sequence, Beschaffungsstrategien sowie Echtzeitinformationen genannt (Wagner et al., 2020). Die Covid-19-Pandemie mit ihren weltweiten Auswirkungen und den umfassenden Störungen hat vielfach Überlegungen angestoßen, wie Lieferketten resilienter – also widerstandsfähiger gegenüber Krisen – gestaltet werden können (EY, 2020c). Insgesamt wird eine umfassendere Betrachtung der Lieferkette empfohlen, umfassend im Sinne einer End-to-End-Risikobewertung und einer Erweiterung der Bewertungs- und Gestaltungsperspektive um Resilienzmerkmale (Nickel, 2020; EY, 2020b). Hier kommt das Lieferkettengesetz mit seiner höheren Transparenzforderung letztlich den Unternehmen entgegen. Konkrete betriebliche Maßnahmen können – je nach Krise –

betriebsintern und -extern ansetzen, sie können Eintrittswahrscheinlichkeiten von Störungen verringern oder eine kritische Situation aktiv beeinflussen (Nickel, 2020). Die breite Spanne unterschiedlicher Krisen erfordert einen umfassenden Handlungsansatz.

Empfehlungen zu einem konkreten betrieblichen Vorgehen lassen sich zu den folgenden Handlungsansätzen zusammenfassen (IKB, 2021b; EY, 2020b; Butollo, 2020; Nickel, 2020; Marek und Berwing, 2019), wobei unterschieden wird zwischen kurzfristigen Ansätzen für konkrete Krisensituationen und mittel- bis langfristigen Ansätzen zur Erhöhung der Resilienz bei künftigen Krisen sowie zwischen unternehmensinternen und -externen Maßnahmen. Die Spanne der Maßnahmen verdeutlicht, dass die Krisenbewältigung in Unternehmen abteilungs-/bereichsübergreifend angelegt sein muss – bei der Lieferkette sind die Beschaffung bzw. das Sourcing sowie Transport/Logistik zentrale Handlungsbereiche. Welche Maßnahmen geeignet sind – ob beispielsweise eher ein Lageraufbau oder Multiple Sourcing –, hängt aber von der jeweiligen Situation des Unternehmens ab.

Kurzfristige Ansätze

Systematische **Erfassung und Bewertung** der Situation mit

- der Identifikation aktuell und möglicherweise zukünftiger kritischer Komponenten,
- der Ermittlung von Störungsursachen,
- der Ermittlung von Lagerbeständen im eigenen Unternehmen und ggfs. bei Lieferanten,
- einer Vorausschau der Nachfrage und möglicher Nachfrageschwankungen,
- einer Einschätzung von Risikokosten (Vertragsstrafen, Umsatzeinbußen) und Gegenüberstellung von möglichen Ertragseinbußen (Umsatzrückgang, Rückzüge von Investoren u. ä.),
- der Einrichtung eines Kennzahlenboards (Dashboard) zur übersichtlichen Darstellung zentraler Kennzahlen (wie eigener Lagerbestand, Terminzusagen durch die Lieferanten, Termineinhaltung oder Ausfallrisiko).

Enge Abstimmung/Absprachen mit Lieferanten zur Absicherung der Lieferkette mit

- der Einrichtung einer Task-Force (beispielsweise

bei Volkswagen und Porsche),

- der Abschätzung von Transportrisiken und anderen Lücken in der Bereitstellung,
- der Absprache von realistischen Lieferterminen und -mengen sowie ggfs. Unterstützung durch den Kunden.

Diese kurzfristigen Ansätze sollten verstetigt werden, um zukünftige Krisen frühzeitiger einschätzen und diesen begegnen zu können. Außerhalb des Krisenmodus können diese Maßnahmen seltener durchgeführt werden, gegebenenfalls sogar bis auf einen „Standby-Modus“ zurückgefahren werden. Sie können dann im Bedarfsfall wieder aufgerufen werden. Ergänzt werden sie um weitere mittel- bis langfristige Ansätze.

Mittel- bis langfristige Ansätze

Bestandsaufnahme und regelmäßige

Bewertung der Lieferanten im Hinblick auf:

- Anzahl der Bezugsquellen (Single, Dual, Multiple Sourcing),
- erforderliche Freigaben/Zertifizierungen, Vertragslaufzeiten, Verpflichtungen zur Lagerhaltung u. ä.,
- das Gefüge des Beschaffungsmarkts.

Diversifizierte bzw. flexiblere **Beschaffung:**

- Prüfung von Dual-/Multiple-Sourcing-Optionen (v. a. bei als kritisch identifizierten Komponenten),
- Aufbau eines Lieferantenpools,
- regionale Streuung der Lieferanten.

Schaffung von **Redundanzen:**

- Prüfung höherer Lagerbestände (und Lagermöglichkeiten) für kritische Komponenten,
- Einrichtung von Kapazitätspuffern,
- regionale Streuung von Produktionskapazitäten,
- bessere Ansätze zum Monitoring von Lieferketten und zur Vorhersage von Störungen (s. auch Digitalisierung),
- eigene Lagerhaltung erhöhen oder redundante Kapazitäten in der Produktion schaffen (Überkapazitäten).

Flexiblere interne Arbeitsorganisation:

- Verlängerung oder Verkürzung von Arbeitszeiten, ggfs. mit einem betrieblichen „Flexkonto“,
- Qualifizierung für den flexibleren Einsatz von Mitarbeiter:innen sowie zur Vermeidung von „Single Points of Knowledge“,
- agile Arbeitsorganisation,
- Umgang mit Ambivalenzen beziehungsweise Zielkonflikten fördern.

Minimierung von Transportrisiken:

- Rückverlagerung von Beschaffungs-/Fertigungskapazitäten (Reshoring),
- ggfs. Verringerung des Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Anteils an der Beschaffung.

Nutzung digitaler Technologien:

- Standardisierung der IT-Schnittstellen mit Zulieferern oder Logistikdienstleistern, Nutzung der digitalen Beschaffung,
- eigene Daten mit vor- und nachgelagerten Wertschöpfungspartnern teilen,
- Nutzung von Lokalisierungs-/Track-and-Trace-Technologien,
- systematischere Auswertung und Visualisierung von Unternehmensdaten wie eigene Lagerbestände, Lieferzusagen gegenüber Kunden, Transportrisiken; perspektivisch unter Nutzung von KI,
- systematischeres, ggfs. automatisiertes und vorausschauendes Monitoring der Lieferketten.

Formulierung einer eigenen Resilienzstrategie:

- Leitlinien für den Umgang mit Zielkonflikten und Ambivalenzen formulieren,
- Standards für den Umgang mit Störungen etablieren,
- in Abstimmung mit der eigenen Unternehmensstrategie (eher Kosten- oder Innovationsführerschaft),
- umsetzbare Ziele („SMART“²¹) formulieren,
- Produktionskapazitäten priorisieren,
- Abstimmung der eigenen Strategie mit zentralen Zulieferern,
- Beeinflussbarkeit des Absatzmarkts prüfen,
- ggf. Stellenwert des Lieferkettenmanagements in der Unternehmensorganisation erhöhen.

21 | Ziele sollten „SMART“ formuliert werden: spezifisch auf die Herausforderung bezogen, mit messbaren Ergebniskriterien verknüpft, allgemein akzeptiert, realistisch und terminiert sein.

Für jeden dieser Prüfsteine können dann Gestaltungsparameter für eine höhere Redundanz oder eine höhere Flexibilität formuliert werden. Beispiele hierfür zeigt Nickel (2020) auf, wie beim Lieferantenvertrag als „Mindestabnahmeverpflichtung“, „Mindestabnahmeverpflichtung und Preisaufschlag für zusätzliche Mengen“ und „Rolling-Horizon-Contract“ (Übersicht über alle Beispiele in Anhang 3). Gleichzeitig wird erfasst, inwieweit eine höhere Resilienz Kostenziele gefährdet. Anhand dieser systematischen Übersicht kann dann im jeweiligen Störfall transparenter und begründeter über Maßnahmen entschieden werden. Zudem lässt sich der Entscheidungsweg nachvollziehen und so bei zukünftigen Störungen verbessern. In dieser regelmäßigen Abwägung zwischen Kosten- und Resilienzzielen stellt jedoch eine hohe Kosteneffizienz und eine damit verbundene gute finanzielle Situation des Unternehmens (ausreichend Liquidität, Rücklagen bzw. Eigenkapital bzw. Erhalt von Investoren) ebenfalls eine Resilienzmaßnahme dar.

Neben den Zielkonflikten sind auch die von den unterschiedlichen Autor:innen vorgeschlagenen Maßnahmen in sich nicht widerspruchsfrei: Redundanzen bei den Lieferanten, also Dual oder Multiple Sourcing, verhindern zum einen zwar Lieferausfälle, vervielfachen aber wieder die Zahl der zu betreuenden Lieferanten, die gerade zur Komplexitätsreduktion beständig verringert werden sollte. Zum anderen gehen dabei Kostenvorteile oder Sonderkonditionen verloren, die durch hohe Stückzahlen bei einzelnen Zulieferern erreicht werden können. Die von allen Herstellern verfolgten Plattformstrategien mit einem höheren Gleichteileanteil machen die Automobilproduktion eher unflexibler, wobei Multiple Sourcing hier Krisen abfedern könnte.

Die Verringerung des Just-in-Time-Anteils bzw. die Erhöhung der Lagerbestände wird sowohl in der Fachliteratur als auch in den Expertengesprächen für diese Studie (Kapitel 4) als eine relativ schnell umsetzbare Maßnahme genannt (EY, 2020b). Wobei zum einen fehlende Komponenten oder Teile in der aktuellen Situation erst einmal nicht auf Lager gelegt werden können, denn das Beispiel der Chipkrise zeigt, dass der Ausfall sich über Monate hinziehen kann. Die Chipkrise führte im Dezember 2020 zu den ersten Produktionseinschränkungen deutscher Hersteller, sie kann sich nach Experteneinschätzungen bis in das dritte oder vierte Quartal 2022 hinziehen. Zum anderen ist die Identifikation kritischer Teile schwierig, wie der unerwartete und völlig branchenuntypische Bedarf an Masken, Trennwänden und Desinfektionsmitteln zum Infektionsschutz an Arbeitsplätzen zu Beginn der Pandemie zeigte. Und schließlich brauchen Unternehmen Lagerflächen, die in der Produk-

tion oft nicht ohne Umbauten oder Investitionen verfügbar sind. Mehrere Hersteller wie Mercedes-Benz, Volkswagen oder BMW haben Fahrzeuge auf externen Parkplätzen zwischengeparkt, weil sie wegen der Chipkrise nicht fertiggestellt werden konnten (Stuttgarter Zeitung vom 15.10.2021). Nicht zuletzt sind Änderungen in der Beschaffung in der Regel nur beim Anlauf eines neuen Fahrzeugmodells oder einer neuen -generation möglich, nicht jedoch in einem laufenden Produktionszyklus.

Selbst die Nähe von Zulieferern und Kunden ist keine eindeutige Maßnahme zu höherer Resilienz in der Lieferkette, denn zum einen waren viele Unternehmen von Grenzschließungen innerhalb Europas völlig überrascht. Zum anderen hat sich die Verteilung der Produktion bei der globalen Ungleichzeitigkeit des Pandemiegeschehens für einige Automobilunternehmen als deutlicher Vorteil erwiesen (ähnlich Voswinkel et al., 2018).

Ein weiterer Widerspruch zeigt sich bei Forderungen nach höherer Transparenz innerhalb der Lieferkette (z. B. VDA, 2021i; Marek, 2019). Diese soll mit digitalen Technologien erreicht werden, hier sehen einige einen durch die Covid-19-Pandemie ausgelösten oder zumindest verstärkten Digitalisierungsschub (bitkom, 2021; Butollo, 2020). Eine Vernetzung mit digitalem Auftragstracking und einer unternehmensübergreifenden Kapazitäts- und Bedarfsplanung sind hier Unternehmenswünsche (Marek und Berwing, 2019). Dem stehen Berichte von Zulieferern über schlechte Informationsflüsse während der ersten Pandemien Monate (Automobilwoche, 2021g) sowie Forschungsergebnisse zu Kooperation und Vertrauen innerhalb der automobilen Supply Chain (Marek, 2019) entgegen. Das wird zum Teil auf eine schlechtere IT-/EDV-Ausstattung gerade kleinerer Zulieferer zurückgeführt, denn die externe Vernetzung setzt die flächendeckende interne Nutzung von IT-Systemen wie Warenwirtschaftssystemen, Enterprise-Resource-Planning(ERP)- oder Customer-Relationship-Management(CRM)-Systemen voraus. Perspektivisch wird sich die Transparenz entlang der Lieferkette – und damit eben auch die Kontrolle der Zulieferer – in Form von Blockchain-Technologie durchsetzen, um beispielsweise Anforderungen aus dem Lieferkettengesetz gerecht zu werden.

Für den Informationsfluss innerhalb der gesamten Lieferkette müssen mindestens zwei Partner auf vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen eine Vielzahl von Daten und die eingesetzten Techniken teilen (Wagner, 2020). Zudem stellt die Datensicherheit gerade kleine und mittlere Unternehmen vor große Herausforderungen. Bosch zum Beispiel hat seit 2015

Anforderungen zur Datensicherheit bei seinen Lieferanten in den Einkaufsrichtlinien integriert. Eine neue Version mit einer Lieferantenselbstbewertung, einem „Security-Lastenheft“ und einer Checkliste zur Abnahme wird bei ausgewählten Zulieferern derzeit erprobt (Robert Bosch GmbH, 2021c). Die Datensicherheit wird zukünftig immer wichtiger, weil Unternehmen immer häufiger durch Cyberattacken bedroht werden. Ein Beispiel aus Baden-Württemberg ist die Firma Eberspächer, die nach einem IT-Angriff am 24.10.2021 erst nach Wochen wieder Normalbetrieb in den über 50 Produktionswerken aufnehmen und mit Externen Daten austauschen konnte (Automobilwoche, 2021o). Auch der Instagram-Account von Mercedes-Benz war bereits von einem Hackerangriff betroffen (Automobilwoche, 2020n, 2021o).

7.3 Zwischenfazit und Perspektiven der Lieferketten

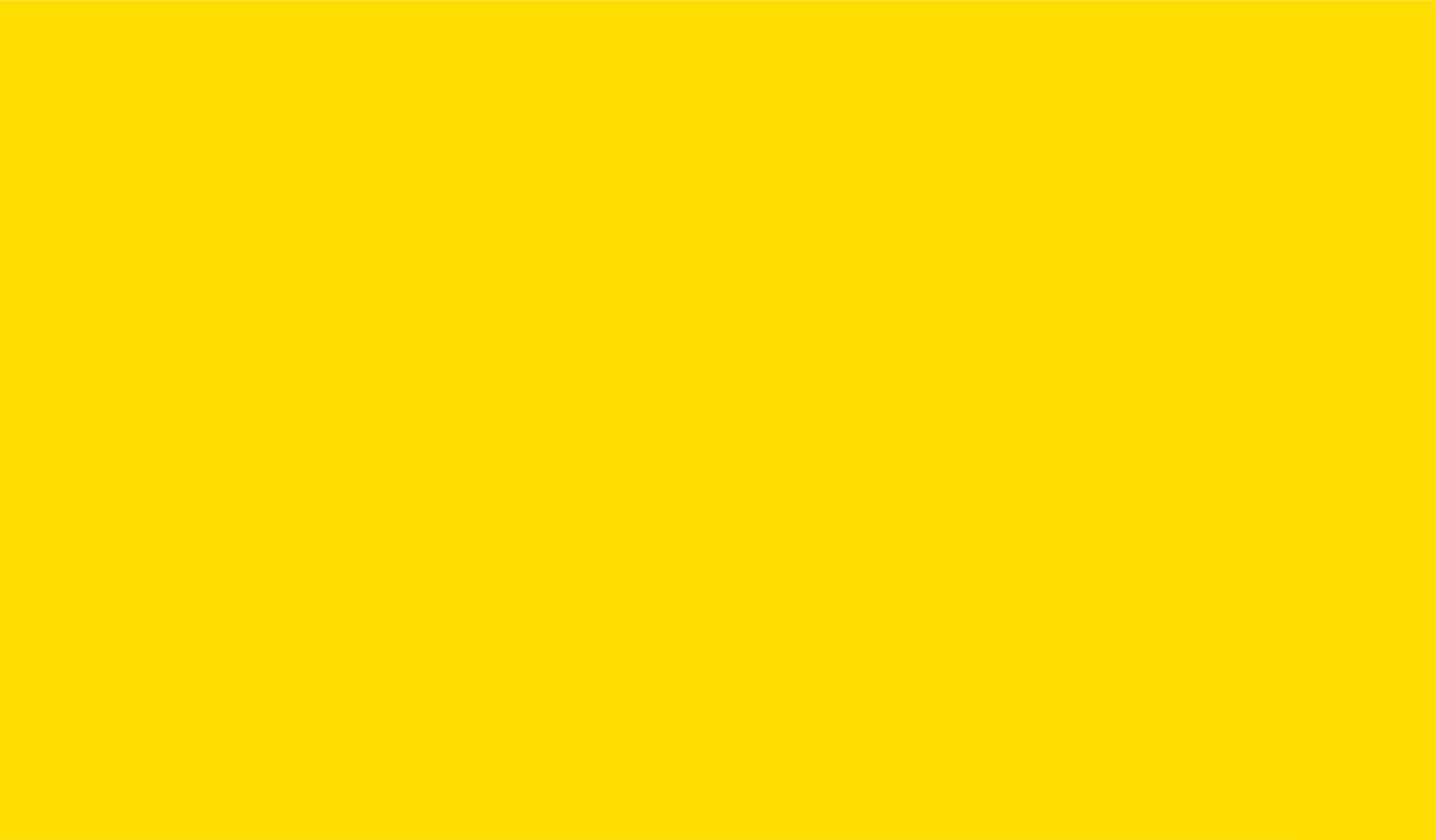
Trotz der hohen medialen Öffentlichkeit zu „abgerissenen Lieferketten“ im Frühjahr 2020 und den deutlichen Folgen des Chipmangels ab Dezember 2021 sind im Lieferkettenmanagement eher einzelne Veränderungen (Lageraufbau bei kritischen Komponenten, direktes Sourcing der Hersteller, stärkeres Monitoring der Lieferanten und Lieferungen) als eine grundsätzliche Abkehr von der internationalen Arbeitsteilung zu erkennen (IKB, 2021b; EY, 2020b; Butollo, 2020). Die Covid-19-Pandemie stellte sich für die Automobilindustrie zunächst als nur eine von vielen immer wieder auftretenden kurzfristigen Krisen dar, die mit Anpassungen ihres Instrumentariums bewältigt werden sollte. Mit längerer Dauer der Pandemie zeigen sich jedoch nicht nur bei Halbleitern, sondern auch bei zahlreichen anderen Materialien und Vorprodukten (z. B. Kautschuk, speziellen Stahlsorten, Aluminium, Magnesium) Lieferausfälle oder drastische Preissteigerungen. Hier haben sich mittelfristig erwartbare Engpässe durch die Pandemie beschleunigt bzw. verschärft.

Darauf reagieren OEM und global tätige Tier-1-Zulieferer durch stärkere Änderungen ihrer Beschaffungsstrategien: Erweiterungen oder Aufbau eigener Entwicklungskompetenzen und Fertigungskapazitäten für kritische Vorprodukte wie Batteriezellen oder Halbleiter oder direktere Beschaffung bei Chip- oder Rohstoffproduzenten. Außerdem geben sie Rahmenbedingungen für die Zulieferer auf vorgelagerten Wertschöpfungsstufen vor. Ihre Gestaltungsoptionen wie variable Abrufmengen, zeitliche Flexibilität oder eine Fixkostensenkung durch Outsourcing oder Leiharbeit verändern die Rahmenbedingungen für Zulieferer. Diese Veränderungen stellen jedoch

nur einen kleinen Teil der Anforderungen dar, vor denen vor allem kleine und mittlerer Zulieferer stehen (Bratzel, 2015): den anhaltenden „Internationalisierungsdruck“ durch Markt- und Produktionsverschiebungen der OEM und Tier-1-Zulieferer, einen „Volumen- und Kostendruck“ aufgrund steigender Stückzahlen aus den Plattform- und Baukastenstrategien der OEM und den „Innovationsdruck“ aus dem Produktwandel. Diese Anforderungen führen insgesamt zu einem „Finanzierungs- und Investitionsdruck“ bei den mittelständischen Automobilzulieferern. Die Situation der Zulieferer hat sich durch die Pandemie weiter verschärft, sie schätzen ihre Lage im Herbst 2021 deutlich schlechter ein als die Automobilhersteller (Automobilwoche, 2021p).

08

**Fazit und industriepolitische
Implikationen**



08

Fazit und industriepolitische Implikationen

In Kürze

- Die Transformation zu elektrifizierten Antrieben bei Pkw ist für die Einhaltung politischer Vorgaben unerlässlich.
- Neue Antriebstechnologien und -komponenten führen zu veränderten Wertschöpfungsströmen und Lieferketten in der Automobilindustrie, die insbesondere für kleine und mittlere Zulieferer Chance und Risiko zugleich sind.
- Neue, möglichst ganzheitliche Innovations- und Produktionscluster müssen ausgebildet werden, um eine Stärkung der (europäischen bzw. nationalen) Produktionsnetzwerke und Wertschöpfungsanteile bei ausgewählten neuen Fahrzeugkomponenten erzielen und strategische Abhängigkeiten bei kritischen Komponenten verringern zu können.
- Zentrale industriepolitische Handlungsfelder sind die Vernetzung der relevanten Akteure, die Bereitstellung von Transformationswissen sowie Unterstützungsleistungen für die Dekarbonisierung (u. a. erneuerbare Energien, Materialkreisläufe), die Digitalisierung (u. a. Informationsflüsse, Cybersecurity) und die Internationalisierung (u. a. verlässliche Handelsbeziehungen).
- Insbesondere kleine und mittelständische Zulieferer haben hier den größten Unterstützungsbedarf.

Der Bereich der Zulieferer im Automobilssektor verändert sich bereits seit vielen Jahren sehr rasant. Die Stärkung der elektrischen Antriebstechnik sowohl im Fahrantrieb als auch im Handhabungsantrieb, z. B. bei Sitzen, Fenstern oder Spiegeln, sowie auch die Nachrichtentechnik innerhalb des Fahrzeugs und bei der Vernetzung des Fahrzeugs im Internet of Things in den Mobilitätsclouds haben Produkte und Prozesse stark beeinflusst und verändert. Nur Unternehmen, die mit den Veränderungen Schritt halten und die notwendigen Investitionen in neue Themen tätigen können, werden die Wachstumschancen für sich nutzen können.

Die OEM und großen Systemlieferanten werden die Anzahl der Lieferanten in der jeweils darunterliegenden Stufe der Beschaffungskette (Tier 2–4) ggfs. weiter zur Verschlinkung eigener Prozesse senken. Damit werden auch diese Lieferanten zu einer höheren Produkt- und Prozessintegration getrieben und sukzessive zu Subsystemlieferanten. Zudem ist eine Belieferung an die weltweit datenseitig integrierten und vernetzten Fabriken der OEM und großen Systemlieferanten gefordert, was wiederum bei den Subsystemlieferanten eine Anforderung an deren weltweite Prozessintegration erhöht.

Mit der datenseitigen Integration zukünftiger Fahrzeuge wird das Fahrzeug durch ein Betriebssystem gesteuert und viele Funktionalitäten werden in übergeordneten Rechnern statt in einer Vielzahl von Steuergeräten abgebildet. Für die Subsystemlieferanten bedeutet dies, das mit der Mechanik mitgelieferte Steuergerät (z. B. für die Sitzverstellung, den Fensterheber oder den Scheinwerfer) ganz oder teilweise durch eine zum OS (Operating System) passende Applikation zu substituieren. Funktionen wie der Fahrzeugschlüssel werden teilweise gar zur App auf dem Mobiltelefon. Somit ersetzt auch hier Software die elektrische Hardware in Teilen.

Aber nicht alle Lieferanten sind von den Veränderungen des Fahrzeugantriebs oder der veränderten Steuerung im Fahrzeug betroffen. Hersteller von Strukturbauteilen der Karosserie oder auch Hersteller von Bepankungsbauteilen, Innenverkleidungen oder Sitzen erfahren neue Herausforderungen z. B. aus gestiegenen Anforderungen an einen stückkostenoptimierten Leichtbau, aber auch aus den durch die Elektrifizierung veränderten Fahrzeugaufbau inkl. eines veränderten Packagings. Auch die kostenoptimierte Verbindungstechnik hybrider Strukturen aus Kunststoff, Metall und Glas wird weiter automatisiert werden.

Mit der zu erwartenden schnellen Stückzahlsteigerung der BEV in Produktion und Vertrieb noch in diesem Jahrzehnt zeichnen sich diejenigen Zulieferer mit besonders positiven Zukunftserwartungen durch eine hohe Wandlungsfähigkeit in Produkt und Prozess aus. Zudem ist ein vorausschauendes Kapitalmanagement notwendig. In den bestehenden und auslaufenden Produktlinien wird es zu einem Überangebot im Markt und damit zu erheblichem Preisdruck kommen. Zudem wird bei sinkenden Stückzahlen traditioneller Fahrzeuge der Abruf der Teile zurückgehen. Bei geringerer Teilstückzahl wird es zur Aufrechterhaltung einer hohen Umsatzrendite notwendig werden, den Grad der Automation oder die Lohnstückkosten manueller Fertigungen für die Reststückzahlen stärker zu optimieren. Zeitgleich müssen Investitionen in neues Wachstum und hohe Margen versprechende Produktlinien getätigt werden.

Im Grundsatz hat sich die Herausforderung bzgl. der Wandlungsfähigkeit der Zulieferer im Automobilsektor nicht verändert. Früher stückzahlträchtige Bauteile wie Halogenlampen, seilzugbetätigte Trommelbremsen, mechanische Vergaser oder starre Rohrrahmensitze gehören heute der Vergangenheit an. Dennoch ist der aktuelle Wandel ausgesprochen schnell und betrifft die meisten Bauteile zeitgleich. Um diesen Wandel erfolgreich für sich nutzen zu können, werden wandlungsfähige Lieferanten in neue Netzwerke und Kooperationen eintreten und damit Wertschöpfungsketten schließen.

8.1 Zusammenfassung

Die Covid-19-Pandemie hat die Herausforderungen für die Automobilindustrie drastisch verschärft: Nach langen Jahren des Wachstums sank die Fahrzeugproduktion schon leicht seit 2018; in Folge der Pandemie und des Chipmangels hat die Inlandsproduktion im Jahr 2020 um 25 % abgenommen, im Jahr 2021 nochmals um weitere 12 % auf 3,1 Mio. Pkw – auf das niedrigste Produktionsniveau seit 1975 (VDA, 2022). Der Chipmangel ist dabei nur der hervorstechendste Engpass. Weitere Materialien sind knapp und werden es auch in den nächsten Jahren bleiben. Die hocheffiziente und kostenoptimierte Fertigung in der Branche mit ihrem hohen Anteil der Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Fertigung sowie den minimierten Lagern erweist sich hier als besonders störungsanfällig.

Der Automobilstandort Deutschland beziehungsweise Baden-Württemberg konnte sich nach den beiden größten Krisen der letzten drei Jahrzehnte (1993 und 2008/09) immer wieder innerhalb weniger Jahre erholen; jetzt scheint es fraglich, ob die hohen Produktionszahlen vor der Pandemie am Standort Deutschland tatsächlich wieder erreicht werden können (DB Research, 2021). Das liegt allerdings weniger an den Folgen der Pandemie, sondern an den weitaus mächtigeren Trends des Strukturwandels: der anhaltenden Internationalisierung, dem Wandel zur Elektromobilität und zum autonomen und vernetzten Fahrzeug. Daher ist die Pandemie kein Anlass für eine grundlegende Änderung, sondern eher für eine Fokussierung der Unternehmensstrategien bei deutschen Automobilherstellern und Zulieferern (u. a. DB Research, 2021):

- Erhalt der Produktion für Fahrzeuge der gehobenen Mittelklasse bzw. für Premiumfahrzeuge an deutschen Standorten, weitere Produktionsverlagerungen im Volumensegment ins Ausland, einschließlich entsprechender Produktionsverluste auch bei den deutschen Zuliefererstandorten;

- anhaltende Internationalisierung mit dem Aufbau regionaler Produktionsnetzwerke in den drei Weltregionen Europa, (Nord-)Amerika und Asien (local-for-local) und einem Internationalisierungszwang für Zulieferer (Follow your Customer) mit Beschäftigungsverlusten an deutschen Standorten;
- zunehmende Konkurrenz um kritische Materialien und steigende Abhängigkeit von China;
- die Digitalisierung hin zum vernetzten Fahrzeug und zum autonomen Fahren;
- die Dekarbonisierung des Fahrzeugs und der gesamten Lieferkette.

8.2 Industriepolitische Herausforderungen

Klimaneutralität wird politisch vorangetrieben, Baden-Württemberg will bis 2040 klimaneutral sowie Leitmarkt und Leitanbieter für „grüne“ Technologien werden. Darauf beziehen sich die in dieser Studie erarbeiteten industriepolitischen Implikationen.

Leitmarkt Elektromobilität

Die Hersteller beschleunigen derzeit den Ausstieg aus der Weiterentwicklung und der Produktion von Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor. Volumenproduzenten wie Volkswagen setzen auf eine hocheffiziente Fertigung großer Stückzahlen von Elektrofahrzeugen, Premiumhersteller wie Mercedes-Benz oder BMW bauen neue Fertigungsanlagen für die flexible Fertigung verschiedener Antriebskonzepte aus, profitieren aber ebenfalls von einem schnellen Markthochlauf batterieelektrischer Fahrzeuge.

Gleichzeitig hat sich der Pkw-Markt nach dem beispiellosen Einbruch im Frühjahr 2020 deutlich verändert: Knapp 43 % der im Jahr 2021 in Deutschland neu zugelassenen Pkw besitzen alternative Antriebe (in der Zuordnung des Kraftfahrt-Bundesamts BEV, HEV, PHEV, FCEV, Gas), das ist ein Anstieg um 88 % gegenüber dem Vorjahreszeitraum. Knapp ein Viertel der Neuzulassungen kann (Teil-)Strecken rein elektrisch fahren (BEV, PHEV, FCEV), ein Achtel sind batterieelektrische Fahrzeuge (BEV). Deutliche Unterschiede gibt es allerdings beim Anteil alternativer Antriebe bei den verschiedenen Pkw-Marken: während dieser bei Audi 70 % der Neuzulassungen beträgt, sind

es bei BMW 55 %, 43 % bei Mercedes und 32 % bei Porsche. Volkswagen kommt auf einen Anteil von 24 % (KBA, 2021b).

Der Markthochlauf und damit die Produktionsumstellung für OEM kann mit der Förderung von Elektrofahrzeugen unterstützt bzw. beschleunigt werden. Dazu bestehen bereits zahlreiche Initiativen, die eine breite Spanne von Kaufanreizen von der Innovationsprämie (BMW, 2021c; Automobil Produktion, 2021b) über die Bevorzugung von Elektrofahrzeugen in der kommunalen Verkehrsplanung (e-mobil BW, 2018) bis hin zum Ausbau der Ladeinfrastruktur (SDA, 2021; BMDV, 2021) abdecken.

Industriepolitische Handlungsfelder

Für die baden-württembergischen OEM und Zulieferer bleibt die Produktionsumstellung auf Elektrofahrzeuge weiterhin eine zentrale Herausforderung, der Aufbau entsprechender Kompetenzen zum Erhalt des „produktionswissensbasierten Innovationsclusters“ (e-mobil BW, 2019a) ein industriepolitisches Handlungsfeld. Auch das automatisierte Fahren auf Level 4 als Angebot in Premiumfahrzeugen ist für Baden-Württemberg ein industriepolitisches Handlungsfeld. Beides gilt insbesondere mit dem Blick auf kleinere und mittlere Zulieferer, die stark von der Automobilproduktion in Baden-Württemberg abhängen.

Diese Handlungsfelder verfolgt auch der „Strategiedialog Automobilwirtschaft BW“ (SDA) der Landesregierung Baden-Württemberg, der die Elektrifizierung der Fahrzeuge sowie die Digitalisierung vorantreibt und den Transformationsprozess unterstützt. Sechs der über 50 in diesem Kontext geförderten Projekte befassen sich mit Batterietechnologien, der industriellen Batterieproduktion und deren Recycling, sieben Projekte mit dem automatisierten Fahren (darunter mehrere Projekte mit Anwendungsfällen im öffentlichen Verkehr), fünf Projekte mit Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie sowie fünf Projekte mit Fahrzeugtechnologien bzw. -konzepten (SDA, 2021). Den Wissenstransfer befähigen sollen weitere sechs Projekte. Kleine und mittelgroße Unternehmen werden dabei gezielt unterstützt: Mit der Landeslotsenstelle Transformationswissen BW²² erhalten kleine und mittelständische Unternehmen spezifisch auf sie zugeschnittene Beratungs- und Unterstützungsangebote. Ihre Beteiligung an Produkt- und

Prozessinnovationen fördert die „Mittelstandsoffensive Mobilität“²³ (MoM). Die Suche nach neuen Produktionsmöglichkeiten in alternativen Antriebssträngen erleichtert die „Technologiekalender“-App.²⁴ Künftige Schwerpunkte des SDA bilden die Felder Fahrzeug, Daten und Energie (SDA o. J.).

Zentrale Handlungsfelder aus den Ergebnissen der Studie

Mit dem Fokus der hier vorliegenden Studie auf die Folgen der Covid-19-Pandemie und die zukunftsfähige Gestaltung von Lieferketten im Rahmen der Transformation treten vier Handlungsfelder besonders hervor: die Dekarbonisierung sowie die Digitalisierung der Produkte und der gesamten Produktion, die Perspektive resilienterer Lieferketten und die sich in neuen Formen fortsetzende Internationalisierung. Die Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen liegt als Querschnittsthema über allen vier Handlungsfeldern.

Dekarbonisierung

Bei Anstrengungen zu einem nachhaltigeren Verkehr steht die CO₂-Verringerung im Vordergrund. Die Hersteller und die Tier-1-Zulieferer haben sich zur Einhaltung der Pariser Klimaschutzziele und damit zur Einhaltung der europäischen Flottengrenzwerte verpflichtet und stellen ihre Modellpalette darauf ein. Diese Umstellung bei den Produkten müssen auch die Zulieferer vollziehen.

Zusätzlich haben sich die OEM und einige Zulieferer auch zur „Scope-3-Dekarbonisierung“ ihrer Produktion verpflichtet und geben dies entlang der Lieferkette weiter, so dass die Zulieferer ihre Produktion ebenfalls CO₂-neutral gestalten müssen. Um die CO₂-Neutralität der Produktion zu erreichen, können Unternehmen entweder auf die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Energiequellen umstellen, ihren Energieverbrauch insgesamt reduzieren oder CO₂-Emissionen durch zertifizierte Maßnahmen ausgleichen. Hier können Projekte und Unterstützungsangebote an Unternehmen die Handlungsfelder des SDA ergänzen.

Flottengrenzwert

Der Durchschnitt aller in der EU in einem Jahr neu zugelassenen Fahrzeuge soll diesen Wert nicht überschreiten. Für 2021 bis 2024 liegt er bei 95 g/km. Die EU-Kommission hat im Juli 2021 eine weitere deutliche Verringerung der Emissionen beschlossen: bis 2030 um –55 % gegenüber 2021 und bis 2035 um 100 % gegenüber 2021, was ein faktisches „Verbrennerverbot“ von mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Neuwagen bedeutet (BMUV, 2020 und Automobilwoche, 2021m).

Die Energiewende mit ausreichend Strom aus erneuerbaren Energiequellen ist deshalb für die Versorgung der Zuliefererindustrie in Baden-Württemberg ein wichtiger Schritt, um die Verpflichtungen zur CO₂-neutralen Produktion gegenüber den Kunden einzuhalten und Teil zukünftiger Wertschöpfungsstrukturen bleiben zu können. Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss daher erheblich beschleunigt werden. Ein ergänzendes Handlungsfeld ist die Energieeinsparung bei der Produktion, mit Forschungen zu energieeffizienten Produktionstechniken und der Beratung von Unternehmen. Die Beteiligung an Projekten zur CO₂-Neutralität als Ausgleich eigener CO₂-Emissionen als dritte – und nachrangige – Handlungsoption ist derzeit umstritten. Die Wirksamkeit dieser Projekte ist fraglich, insbesondere ob wirklich zusätzliche und langfristige Ausgleichsmöglichkeiten geschaffen werden (UBA, 2019). Die Dekarbonisierung der Lieferkette wird ergänzt durch Bewertungsansätze von CO₂-Emissionen beispielsweise bei Transporten – deren Berücksichtigung einen Wettbewerbsvorteil für eine lokalere Produktion bedeuten könnte.

Im Handlungsfeld der Dekarbonisierung

Hier ergänzen mehrere baden-württembergische Akteure mit Projekten und Angeboten an Unternehmen die Handlungsfelder des SDA. Ein inhaltlicher Schwerpunkt dieser Arbeit könnte künftig bei kleinen und mittleren Zulieferern der Automobilindustrie liegen, beispielsweise bei Beratungen zu Zertifikaten, aber auch bei Ausgleichsprojekten, in denen die CO₂-Kompensation in Baden-Württemberg stattfindet.

23 | <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/wirtschaftsfoerderung/mittelstandsoffensive-mobilitaet-mom>

24 | <https://www.transformationswissen-bw.de/technologiekalender-app/#/home>

Perspektivisch werden möglichst geschlossene Materialkreisläufe einen erheblichen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten und Lieferketten erheblich verändern. Die Herausforderungen zeigen sich am Beispiel der Traktionsbatterien: Mit der Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge müssen die Hersteller auch die Wiederverwertung der gebrauchten Batterien lösen. In der EU sind Fahrzeughersteller und -händler bei Abgabe an Endkund:innen zur Rücknahme der Altbatterien verpflichtet. Fahrzeug- und Batteriehersteller betreiben erste Pilotanlagen, für den Maschinen- und Anlagenbau ergibt sich damit ein neues Geschäftsfeld. Allerdings bestehen hier noch einige ungelöste Fragen, beispielsweise wie die einer Zweitnutzung der gebrauchten Batteriezellen für stationäre Energiespeicher (z. B. zur Stromspeicherung in Häusern bei Nutzung von Solarenergie) oder das Batterierecycling im industriellen Maßstab (hierfür fehlen einerseits die Anlagen, andererseits ist aber auch derzeit die Zahl gebrauchter Traktionsbatterien zu niedrig, um großmaßstäbliche Industrieanlagen auszulasten). In Baden-Württemberg laufen seit Jahren Projekte zum Batterierecycling (aktuell beispielsweise DeMoBat, SDA 2021). Außerdem müssen Recyclingverfahren gefunden werden, die ins Ausland exportierte Gebrauchtwagen einschließen. Diese Praxis erschwert geschlossene Materialkreisläufe, wie sie im Sinne der Nachhaltigkeit auch für andere Materialien angestrebt werden.

Export von Gebrauchtwagen:

Die Länder Osteuropas, des Kaukasus und Zentralasiens importierten 2021 zu 58 % (ca. 430.000) Pkw und leichte Nutzfahrzeuge aus der EU, in den afrikanischen Ländern waren es etwa 37 % (355.500 Stück) (UNEP, 2021).

Digitalisierung

Die Transformation zum Elektroantrieb befindet sich in der Umsetzung. Daneben investieren die OEM und die großen Zulieferer bei den Fahrzeuginnovationen auch in Digitalisierung – mit Produktinnovationen zum automatisierten Fahren und zu vernetzten Fahrzeugen, aber auch durch Veränderungen der Produktion und einen ausgeweiteten Informationsfluss entlang der Lieferkette. Die zwölf Projekte des SDA zum automatisierten Fahren und zur digitalen Mobilität spiegeln die hohe Bedeutung dieses Trends wider. Außerdem will sich das Land mit weiteren Partnern auf bundesdeutscher und auf europäischer Ebene an den Initiativen Gaia-X und Catena-X beteiligen (SDA,

2021), dazu kommt die Beteiligung am europäischen Datenraum Mobility Data Space (MSD). Dabei müssen drei Handlungsfelder gleichzeitig betrachtet werden: die Fahrzeuge, die Entwicklungs- und Herstellungsprozesse und neue Geschäftsmodelle.

Produktinnovationen sind die Stärke baden-württembergischer Hersteller und Zulieferer. Der Wechsel zur Elektromobilität macht aus dem Batteriesystem eine zentrale Komponente des Antriebs. Mit einer Spezialisierung auf die Entwicklung, ggfs. die Produktion und den Einsatz von Hochtechnologiezellen in Premiumfahrzeugen werden ebenfalls hocheffiziente Leistungs- und Ladesteuerungstechnologien benötigt, die die Exzellenz in Bezug auf den konventionellen Antriebsstrang in Wettbewerbsvorteile auch zu elektrischen Antriebssträngen überführen könnten. Hier bestehen sowohl im Bereich der Software als auch der Hardware – Bauteile und Komponenten – neue Wertschöpfungspotenziale für Unternehmen. Auch beim automatisierten Fahren erhält Software neben den erforderlichen Komponenten eine hohe Bedeutung. Komponenten müssen zukünftig Daten erfassen und sie an den passenden Schnittstellen für das Betriebssystem des Fahrzeugs zur Verfügung stellen. Mit dieser Erweiterung können Zulieferer ihre Produktkompetenz zukunftsfähig erweitern. Eine zentrale Frage ist die zukünftige Gestaltung des Betriebssystems, die von zahlreichen Steuerungsgeräten auf drei, vier zentrale Steuerungen zentriert wird. Derzeit konkurrieren hier verschiedene Ansätze (herstellerspezifische vs. herstellerunabhängige). Mit Forschungs- und Anwendungsprojekten kann die Gestaltung in Baden-Württemberg vorangetrieben werden.

Die Produktion wird durch den Einsatz digitaler Technologien zunehmend flexibler und die Vernetzung sowohl unternehmensintern als auch unternehmensübergreifend ausgebaut.

Prozessinnovationen setzen dabei unter anderem auf Cloud-Lösungen, die vor allem für KMU den Aufwand für IT-Ausstattungen, für Aktualisierungen und für Datensicherheit geringer als bei lokalen Lösungen halten sollen (VDA, 2021h). Neben der Vernetzung selbst (Breitbandausbau bzw. WLAN-Ausbau an einzelnen Unternehmensstandorten) steht hier auch die Einigung auf einheitliche Datenstandards aus, die mindestens europaweit, idealerweise sogar weltweit, angewendet werden. Gerade KMU setzen dabei eher auf unternehmensübergreifende (und damit von einzelnen Unternehmen unabhängige) Plattformen. Hier können europäische Initiativen unterstützt werden. In die Prozessdigitalisierung muss gleichzeitig der Maschinen- und Anlagenbau eingebunden werden. Mit zunehmender Vernetzung nimmt auch der Bedarf an

Datensicherheit zu, wie Hackerangriffe auf Unternehmen zeigen. Zudem muss die Datensicherheit auch bei der Fahrzeugsteuerung durch Software gewährleistet sein. Das Thema ist einerseits für die Forschung relevant, um neue Sicherheitsmechanismen zu entwickeln und zum Einsatz zu bringen, andererseits brauchen mittelständische Unternehmen pragmatische Unterstützung, um ihre eigene IT-Sicherheit zu erhöhen. Unter anderen hierfür baut das Land Baden-Württemberg eine Agentur für Cybersicherheit auf.²⁵ Darüber hinaus haben KMU möglicherweise auch Beratungsbedarf bei der Digitalisierung des Informationsaustauschs entlang der Lieferkette. Hier formuliert der VDA zwar klare Standards, in der Literatur bleibt jedoch offen, inwieweit sie in der Fläche und in welcher Tiefe der Lieferkette bereits umgesetzt werden.

Für die Digitalisierung der Produktion, aber auch für digitale Geschäftsmodelle kündigen OEM und Zulieferer einen deutlichen Beschäftigungsaufbau bei IT-Kompetenzen an. Darüber hinaus erfordert aber die Digitalisierung der Produkte und der Prozesse den Aufbau von IT-Kompetenzen im gesamten Automobilcluster – einschließlich des Kfz-Gewerbes, des TÜVs und vergleichbarer Einrichtungen. Dabei wird bei IT-Tätigkeiten seit Jahren auf einen bestehenden Fachkräfteengpass und einen hohen Qualifizierungsbedarf hingewiesen – allein schon für etwa 70.000 Entwickler:innen im Automobilcluster (e-mobil BW, 2019a). Gleichzeitig spüren Zulieferer und Entwicklungsdienstleister bereits einen deutlichen Auftragsrückgang durch den Wegfall von Projekten zum Verbrennungsmotor. Einige Unternehmen bauen bereits Personal in Entwicklungsbereichen ab oder haben einen Beschäftigungsabbau angekündigt. Mittelfristig können Studiengänge so angepasst werden, dass sie sowohl berufsbegleitend als auch in Transfergesellschaften auf neue Produkte vorbereiten.

Resiliente Lieferkette

Der Erfolg baden-württembergischer OEM und Zulieferer liegt auch in ihren Internationalisierungsstrategien begründet. Die Abhängigkeit von der internationalen Arbeitsteilung birgt allerdings Risiken, die sich 2020 und 2021 als Störungen der Lieferketten in Folge der Covid-19-Pandemie zeigten. Weitere Risiken der Internationalisierung liegen in dem Wechsel zur Elektromobilität: Zum Studienzeitpunkt besteht eine sehr hohe Abhängigkeit von asiatischen Zulieferern, die bei den Rohstoffen beginnt und sich über alle Wertschöpfungsstufen fort-

setzt – wie im Kapitel 5.7.2 und in dem Exkurs zur Halbleiterkrise und im Fallbeispiel zum Batteriesystem dargestellt.

Gleichzeitig verfügen die schon lange international agierenden Unternehmen über Instrumente zur Sicherung der Lieferketten und zur Bewältigung von Störungen, die jedoch im Krisenfall – mit jeweils anders gelagerten Bedrohungen – reaktiviert und ergänzt werden. Das ergab sich aus den Expertengesprächen in der ersten Projektphase. Gleichzeitig wurde deutlich, dass resilienzsteigernde Maßnahmen oft im Widerspruch zu Zielen der Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung stehen, so dass unternehmerische Entscheidungen einen Kompromiss zwischen beiden Zielen darstellen. Die in den Expertengesprächen, aber auch in der Literatur diskutierten Maßnahmen zur Krisenbewältigung greifen das auf, setzen aber teilweise auch neue Akzente als Schlussfolgerungen aus der Pandemie.

- Der **Ausbau von Sicherheitsreserven** (Puffer wie Lager, multiples und regionales Sourcing) als Elemente grundlegend veränderter Beschaffungsstrategien ist derzeit nicht für die Automobilindustrie erkennbar. Für einzelne – als besonders kritisch eingestufte – Komponenten wird dieser Ausbau in Unternehmen in Erwägung gezogen, er ist aber generell für Premiumhersteller mit niedrigeren Stückzahlen einfacher umsetzbar als für Volumenhersteller.
- Eine höhere **Resilienz** kann durch höhere Flexibilität oder mehr Redundanzen im Arbeitssystem erreicht werden. Sie kann systematisch **bei unternehmerischen Entscheidungen** berücksichtigt werden (vgl. Nickel, 2021), steht dabei aber in der Regel immer im Konflikt mit niedrigeren Kosten.
- Der parallele **Aufbau lokaler Produktionsnetzwerke** in den Weltmarktregionen ermöglicht – zumindest bei hohen Stückzahlen – eine flexiblere Produktion an mehreren Standorten und kann damit die Resilienz international tätiger Unternehmen erhöhen.
- Im Zuge der Digitalisierung bestehen Angebote zur **Verbesserung der Informationsflüsse**. Diese richten sich zum einen auf die Früherkennung von Krisen, beispielsweise durch die Auswertung von Informationen aus Ländern ausländischer Zulieferer oder zu bestimmten

25 | <https://m.baden-wuerttemberg.de/de/digitalisierung/cybersicherheitsagentur/cybersicherheitsagentur/>

Bauteilen. Hier soll die Auswertung sehr großer Datenmengen – unterstützt mit KI – Hinweise auf Krisen geben und Unternehmen damit ein frühzeitiges Handeln ermöglichen, beispielsweise die Suche nach anderen Lieferanten oder die Erhöhung eigener Bestände als Sicherheitsreserve. Zum anderen dient dies der besseren Nachvollziehbarkeit von Lieferketten – sogenannten „Track and Trace“-Lösungen. Allerdings bestehen heute noch keine technischen Lösungen für die Verarbeitung großer Datenmengen aus mehrstufigen Lieferketten (EY, 2021). Für beide Zwecke müssen Datenstandards mindestens europaweit, für globale Lieferketten eher weltweit gesetzt werden. Und die Datensicherheit muss über die gesamten Lieferkette hinweg gewährleistet werden.

Diese Ansätze dienen vor allem dazu, Störungen der Lieferkette in Folge der Covid-19-Pandemie zu bewältigen. Zukünftig muss für die Resilienz von Lieferketten auch der Bedeutungsgewinn asiatischer Zulieferer bei der Wertschöpfung von Elektrofahrzeugen als wichtiges Handlungsfeld betrachtet werden. Hier zielen aktuelle Beschaffungsstrategien der deutschen Hersteller auf Multi-Sourcing-Modelle, Joint-Ventures und Technologiepatenschaften, um stärker in die Entwicklung und Beschaffung kritischer Komponenten eingebunden zu sein. Gleichzeitig unterstützen politische Initiativen den Zugang zu Rohstoffen (möglichst aus europäischen Quellen) und den Aufbau von Produktionskapazitäten und -kompetenzen an europäischen Standorten. Das sichert Produktion auch im Rahmen der sich neu ausrichtenden Internationalisierung von Unternehmen.

Internationalisierung

Weiterhin verändert sich die baden-württembergische Automobilindustrie durch die in den Kapiteln 2 und 6 beschriebene Internationalisierung der Unternehmen mit ihren Risiken und Chancen. Erkennbar ist der Produktionsaufbau von Elektro-Pkw und deren Vorprodukten auch an baden-württembergischen Standorten. Er führt jedoch während der Produktionsumstellung eher zur kostengetriebenen Verlagerung von Verbrennungskomponenten in Low-Cost Countries. Und perspektivisch besteht beim Elektroantrieb ein Verlagerungsrisiko, weil die (Teile-)Komplexität gegenüber dem Verbrennungsantrieb niedriger ist. Gleichzeitig entsteht Wertschöpfung für Batteriesysteme derzeit in Asien. Aber die internationale Präsenz baden-württembergischer Unternehmen sichert deren Partizipation am Wachstum anderer Märkte. Studien der Bundesbank „zeigen, dass global agierende und damit größere

Unternehmen deutlich stabilere Jahresabschlusskennzahlen aufweisen als kleinere Unternehmen“ (IKB, 2021a). Eine erfolgreiche Globalisierung erfordert zunehmend die Präsenz in allen Weltmärkten. Der für die lokalen Zulieferer wichtige Erhalt der Fahrzeugproduktion in Baden-Württemberg bzw. in Deutschland ist vor allem im Premiumsegment möglich. Die Fertigung von Batteriezellen – in Baden-Württemberg mit der Spezialisierung auf Hochtechnologiezellen für Premiumprodukte – und die deutsche/europäische Fertigung von Halbleitern sind wichtige Bausteine zur Stärkung und zum Erhalt des Automobilclusters.

Politische Initiativen zu verlässlichen Handelsbeziehungen unterstützen die Unternehmen in ihren Auslandsaktivitäten, wie die angestrebte stärkere Präsenz des SDA BW auf europäischer Ebene (SDA, 2021) oder die Eröffnung einer Auslandsrepräsentanz Baden-Württembergs in London zur Förderung der Wirtschaftsbeziehungen zeigen (SWP, 2021). Diese erhöhen in Konsequenz auch die Stabilität der Lieferketten. Die Grenzsicherungen im Frühjahr 2020 zur Eindämmung der Pandemie oder der Austritt des Vereinigten Königreichs aus der EU, der „Brexit“, zeigen die Abhängigkeit der Lieferketten von stabilen politischen Beziehungen auf. Mittelfristig muss die Politik auch den Zugang zu Rohstoffen unterstützen und sichern. Zunehmende Konkurrenz um knappe Materialien und die große Abhängigkeit von China lassen sich durch breitere Handelsbeziehungen beispielsweise mit afrikanischen Staaten mindern. Auch der Ausbau des Recyclings ist ein wichtiger Weg, um die Abhängigkeit von ausländischen Rohstofflieferanten zu verringern.

Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen

Die mittelständischen Unternehmen waren 2020 und 2021 mehrfach gefordert: Sie müssen den von den OEM vorgegebenen Wandel zur Elektromobilität und die Internationalisierung mitgehen; die Pandemie hat ihre Situation noch verschärft, weil sie entweder selbst Produktionsausfälle hatten oder indirekt durch „eingefrorene“ Lieferketten und Abnahmestopps ihrer Kunden Absatzrückgänge verzeichnen mussten. Sie stehen in zentralen Ertragskennzahlen seit 2018 schlechter da als die großen Unternehmen (IKB, 2021a; Automobilwoche, 2021p). Auch wenn die für den Herbst 2020 befürchtete Insolvenzwellen ausgeblieben ist, bleibt die Situation für die KMU in der Zuliefererindustrie in den nächsten Jahren angespannt.

Kleine und mittelgroße Zulieferer²⁶ können zwei unterschiedliche Strategien verfolgen: hohe Stückzahlen oder die flexible Fertigung von Varianten bzw. bei Auslandsaktivitäten die kostenorientierte oder die markt-/kundenorientierte Internationalisierung. Aus der vorliegenden Studie ergeben sich folgende Themen für die kleineren Zulieferer: Die erfolgreichen Entwicklungspartnerschaften beim verbrennerbasierten Antriebsstrang müssen auf die neuen Komponenten der Elektromobilität und mittelfristig auf die Komponenten des autonomen Fahrens übertragen werden. Denn mit neuen Komponenten, möglichen Wertschöpfungsverschiebungen nach Asien und der Neuorientierung auf Kernkompetenzen der OEM wird sich die Wertschöpfungskette der Automobilindustrie in den nächsten Jahren verändern: Je stärker die Beteiligung der Mittelständler an der Produktentwicklung ist, desto gesicherter ist ihre Position in der Lieferkette. Dabei könnte der Fokus mittelfristig stärker auf die Tier-1-Zulieferer übergehen, wenn sich Produktionsanteile – wie beispielsweise im „Zielbild Produktion“ des VDA (2021i) beschrieben – weiter auf die großen Zulieferer verschieben.

Der Druck zur Präsenz auf den Weltmärkten hält gleichermaßen für OEM und Zulieferer an, und damit die Abhängigkeit des Unternehmenserfolgs von der Koordination globaler Lieferketten. Der Erhalt von Produktion an baden-württembergischen Standorten stützt dabei auch kleinere Zulieferer, ist aber – wie die Studie zeigt – höchst voraussetzungsvoll.

26 | Im Rahmen des SDA sind spezifische Unterstützungsangebote für KMU installiert: Die Mittelstandsoffensive Mobilität (MoM), die Landeslotsenstelle Transformationswissen BW mit dem Technologiekalender, der Transformations-Hub Elektromobilität und die Zukunftswerkstatt 4.0 (SDA 2021). Der Beratungsgutschein „Transformation Automobilwirtschaft“ ermöglicht den Zugang zu einem breiten Wissensspektrum vom Geschäftsmodell über Produktentwicklung bis hin zu Digitalisierungsoptionen sowie Qualifizierungsangeboten, das je nach Bedarf abgerufen werden kann. Alle Angebote sind über „www.transformationswissen-bw.de“ zu finden.

Literaturverzeichnis

ACEA (2021). EU car sales: COVID recovery expected to start in 2021, auto industry says. Online verfügbar unter <https://www.acea.auto/press-release/eu-car-sales-covid-recovery-expected-to-start-in-2021-auto-industry-says/>, zuletzt abgerufen am 31.10.2021.

ACEA (2022). Passenger car registrations: -2.4 % in 2021; -22.8 % in December. Online verfügbar unter <https://www.acea.auto/pc-registrations/passenger-car-registrations-2-4-in-2021-22-8-in-december/>, zuletzt abgerufen am 24.10.2022.

ACEA und CLEPA (2020). Verhaltenskodex in der Automobilindustrie vor dem Hintergrund der Corona-Krise. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/themen/automobilindustrie-und-maerkte/Coronavirus-Update/Gemeinsamer-Code-of-Conduct-von-ACEA-und-CLEPA.html>, zuletzt abgerufen am 17.11.2020.

Adamas Intelligence (2021). CATL Edged Out LG Energy Solution for the Lead by GWh Deployed in Q1 2021. Online verfügbar unter <https://www.adamasintel.com/catl-takes-lead-2021-q1/>, zuletzt abgerufen am 09.12.2021.

Agora Verkehrswende (2021a). Batteriestandort auf Klimakurs. Perspektiven einer klimaneutralen Batterieproduktion für Elektromobilität in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/batteriestandort-auf-klimakurs/>, zuletzt abgerufen am 17.02.2022.

Agora Verkehrswende (2021b). Themen. Online verfügbar unter <https://www.agora-verkehrswende.de/themen/>, zuletzt abgerufen am 13.12.2021.

Agora Verkehrswende (2021c). Automatisierung und Energieverbrauch. Online verfügbar unter <https://www.agora-verkehrswende.de/projekte/automatisierung-und-energieverbrauch/>, zuletzt abgerufen am 13.12.2021.

AHK (2021). Pressemitteilung zur Herbstumfrage der Deutsch-Britischen Industrie- und Handelskammer (13.10.2021). Online verfügbar unter <https://grossbritannien.ahk.de/newsroom/news-details/pressemitteilung-zur-herbstumfrage-der-deutsch-britischen-industrie-und-handelskammer>, zuletzt abgerufen am 12.11.2021.

AKM (2021). Situation regarding semiconductor plant fire and product supply. Online verfügbar unter <https://www.akm.com/us/en/support/customer-care/>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

Alix Partners (2021). Der Chipmangel führt weltweit zu 3,9 Millionen weniger produzierten Fahrzeugen im Jahr 2021. Online verfügbar unter <https://www.businessinsider.de/wirtschaft/mobility/aufgrund-des-chipmangels-sollen-dieses-jahr-39-millionen-autos-weniger-vom-band-rollen/>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

Audi AG (2021a). Audi Report 2020 – kombinierter Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht. Ingolstadt. Online verfügbar unter https://www.audi.com/content/dam/gbp2/de/company/investor-relations/reports-and-key-figures/annual-reports/audi-report-2020_desktop.pdf, zuletzt abgerufen am 03.07.2021.

Audi AG (2021b). Roadmap E: Audi im Zeichen der Elektromobilität. Online verfügbar unter <https://www.audi-mediacenter.com/de/pressemitteilungen/roadmap-e-audi-im-zeichen-der-elektromobilitaet-12146>, zuletzt abgerufen am 07.08.2021.

Automobil Produktion (2019a). Farbenspiel. In: Automobil Produktion 3/2019, S. 56–57.

Automobil Produktion (2019b). Kette mit Potenzial. In: Automobil Produktion 3/2019, S. 44–45.

Automobil Produktion (2019c). Schwierige Zeiten. In: Automobil Produktion 5/2019, S. 18–21.

Automobil Produktion (2020a). Audi setzt auch in Ingolstadt auf Aluminium Closed Loop. Online verfügbar unter <https://www.automobil-produktion.de/technik-produktion/produktionstechnik/audi-setzt-auch-in-ingolstadt-auf-aluminium-closed-loop-108.html>, zuletzt abgerufen am 25.11.2021.

Automobil Produktion (2020b). Fokus Produktion BMW M3. In: Automobil Produktion 6/2020, S. 8–9.

Automobil Produktion (2020c). Kampf um Maschinendaten. Traditionelle Anlagenbauer müssen fürchten, dass ihnen in smarten Fabriken die Hoheit über Teile der Wertschöpfungskette abhandenkommt. Online verfügbar unter <https://www.automobil-produktion.de/abo/heftarchiv/ausgabedetail/automobil-produktion-02-03-2020-2.html>, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

Automobil Produktion (2020d). Intelligentes Zusammenspiel. In: Automobil Produktion 6/2020, S. 28–29. Online verfügbar unter <https://www.automobil-produktion.de/abo/heftarchiv/ausgabedetail/automobil-produktion-06-2020.html>, zuletzt abgerufen am 29.11.2021.

Automobil Produktion (2020e). Die meisten Mittel fließen in die Elektrifizierung. In: Automobil Produktion 6/2020, S. 18–20.

Automobil Produktion (2020f). Elektrisierende Prozesse. In: Automobil Produktion 6/2020, S. 38–39.

Automobil Produktion (2020g). Digitale Manufaktur. In: Automobil Produktion 6/2020, S. 22–23.

Automobil Produktion (2020h). Tradition neu gedacht. In: Automobil Produktion 6/2020, S. 34–35.

Automobil Produktion (2020i). Bosch startet eigenes 5G-Campusnetz. Online verfügbar unter <https://www.automobil-produktion.de/technik-produktion/produktions-technik/bosch-startet-eigenes-5g-campusnetz-104.html>, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

Automobil Produktion (2021a). Online-Recherche nach dem Einsatz von Drohnen, online unter <https://www.automobil-produktion.de/serp.html?q=Drohnen&w%5B%5D=5872&pfy=&pfm=&pfd=&pty=&ptm=&ptd=&s=&m=1828>, abgerufen am 25.11.2021.

Automobil Produktion (2021b). Bedenkenträger. In: Automobil Produktion 5/2021, S. 8–11.

Automobilwoche (2019a). Interview mit Bosch-Chef Denner: „Was wir machen, ist revolutionär“. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20190929/BCONLINE/190929938/exklusiv-interview-mit-bosch-chef-denner-was-wir-machen-ist-revolutionaer>, zuletzt abgerufen am 29.11.2021.

Automobilwoche (2019b). Zentralrechner lichten den Steuergeräte-Wald. In: Automobilwoche 10/2019, S. 17.

Automobilwoche (2020a). Carsharing von BMW und Daimler. Share Now soll schneller aus den roten Zahlen. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20200115/AGENTURMELDUNGEN/301159932/carsharing-von-bmw-und-daimler-share-now-soll-schneller-aus-den-roten-zahlen> zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

Automobilwoche (2020b). Daimler-Aufsichtsrat gibt grünes Licht: Mercedes investiert 60 Milliarden Euro. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211202/NACHRICHTEN/211209977/daimler-aufsichtsrat-gibt-gruenes-licht-mercedes-investiert-milliarden-euro>, zuletzt abgerufen am 10.12.2021.

Automobilwoche (2021a). Kosten und Komplikationen: Britische Autoindustrie klagt über Brexit-Nachteile. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211015/NACHRICHTEN/211019955/kosten-und-komplikationen-britische-autoindustrie-klagt-ueber-brexit-nachteile>, zuletzt abgerufen am 03.11.2021.

Automobilwoche (2021b). BMWs E-Modell-Planung: Die i-Offensive aus München. Automobilwoche. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210205/HEFTARCHIV/210129950/bmws-e-modell-planung-die-i-offensive-aus-muenchen>, zuletzt abgerufen am 08.08.2021.

Automobilwoche (2021c). Ford kooperiert mit Google. „Die Autobranche ist aufgewacht.“ Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210429/HEFTARCHIV/210429952/ford-kooperiert-mit-google-die-autobranche-ist-aufgewacht>, zuletzt abgerufen am 20.01.2022.

Automobilwoche (2021d). Strategische Partnerschaft: ZF arbeitet enger mit Microsoft zusammen. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211116/BCONLINE/211119930/strategische-partnerschaft-zf-arbeitet-enger-mit-microsoft-zusammen>, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

Automobilwoche (2021e). Automatisiertes Fahren: VW setzt auf Microsoft Cloud. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210211/AGENTURMELDUNGEN/302119992/automatisiertes-fahren-vw-setzt-auf-microsoft-cloud>, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

Automobilwoche (2021f). Neue Software-Einheit will zweistellig wachsen: Bosch warnt Hersteller vor Alleingängen. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210110/BCONLINE/210109946/exklusiv--neue-software-einheit-will-zweistellig-wachsen-bosch-warnt-hersteller-vor-alleingangen>, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

Automobilwoche (2021g). Autozulieferer in Not: „Es ist fünf nach zwölf“. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211008/BCONLINE/211009937/autozulieferer-in-not-es-ist-fuenf-nach-zwoelf>, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

Automobilwoche (2021h). Mobility Data Space gegründet: Gemeinsamer Kampf um die Datenhoheit. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211011/NACHRICHTEN/211019996/mobility-data-space-gegruendet-gemeinsamer-kampf-um-die-datenhoheit>, zuletzt abgerufen am 29.11.2021.

Automobilwoche (2021i). Vernetzung und Datenaustausch: Autobranche setzt auf Initiative „Catena-X“. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210302/AGENTURMELDUNGEN/303029947/vernetzung-und-datenaustausch-autobranche-setzt-auf-initiative-catena-x>, zuletzt abgerufen am 27.11.2021.

Automobilwoche (2021j). BMW, Bosch und Telekom an Bord: Europäische Cloud-Initiative Gaia-X gegründet. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20200915/AGENTURMELDUNGEN/309159926/bmw-bosch-und-telekom-an-bord-europaeische-cloud-initiative-gaia-x-gegruendet>, zuletzt abgerufen am 27.11.2021.

Automobilwoche (2021k). Strategische Partnerschaft: ZF arbeitet enger mit Microsoft zusammen. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211116/BCONLINE/211119930/strategische-partnerschaft-zf-arbeitet-enger-mit-microsoft-zusammen>, zuletzt abgerufen am 02.12.2021.

Automobilwoche (2021l). Gemeinsam stärker bei leichten Nutzfahrzeugen: Volkswagen und Ford profitieren von der Kooperation. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210802/HEFTARCHIV/210729926/gemeinsam-staerker-bei-leichten-nutzfahrzeugen-volkswagen-und-ford-profitieren-von-der-kooperation>, zuletzt abgerufen am 12.01.2022.

Automobilwoche (2021m). Neue EU-Klimaziele wühlen die Branche auf. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210729/HEFTARCHIV/210729940/diskussion-zu-folgen-fuer-technologie-und-jobs-neue-eu-klimaziele-wuehlen-die-branche-auf>, zuletzt abgerufen am 07.12.2021.

Automobilwoche (2021n). Hakenkreuz und Fake-Spendenaktion: Instagram-Account von Mercedes-Benz gehackt. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20200506/AGENTURMELDUNGEN/305059864/hakenkreuz-und-fake-spendenaktion-instagram-account-von-mercedes-benz-gehackt>, zuletzt abgerufen am 08.12.2021.

Automobilwoche (2021o). Nach Cyberattacke: Lebenszeichen von Eberspächer. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211126/BCONLINE/211129951/nach-cyberattacke-lebenszeichen-von-eberspaecher>, zuletzt abgerufen am 08.12.2021.

Automobilwoche (2021p). Stimmung in der Autoindustrie: Hersteller top – Zulieferer Flop. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20211202/AGENTURMELDUNGEN/312029959/stimmung-in-der-autoindustrie-hersteller-top--zulieferer-flop>, zuletzt abgerufen am 02.12.2021.

Avicenne Energy (2019). The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2018–2030. Online verfügbar unter <https://www.bpifrance.fr/content/download/76854/831358/file/02%20-%20Presentation%20Avicenne%20-%20Christophe%20Pillot%20-%2028%20Mai%202019.pdf>, zuletzt abgerufen am 10.12.2021.

BASF (2021). BASF tritt Catena-X Automotive Network bei. Online verfügbar unter <https://automotive-transportation.basf.com/global/en/automotive/stories/automotive-alliance/de.html>, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

Battery-News (2022). Batterieprojekte in Europa. Online verfügbar unter <https://battery-news.de/index.php/2022/03/18/batterieprojekte-in-europa-stand-maerz-2022/>, zuletzt abgerufen am 01.06.2022.

Baumann, Uli; Harloff, Thomas (2014). Toyota kooperiert mit Akku-Riese CATL. In: auto motor sport. Online verfügbar <https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/toyota-volvo-batterie-deal-catl/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

BerlinOnline Stadtportal GmbH & Co. KG (2021). Tesla-Investitionen in Grünheide: Rund sechs Milliarden Euro. Online verfügbar unter <https://www.berlin.de/wirtschaft/nachrichten/tesla/6477296-5973744-teslainvestitionen-in-gruenheide-rund-se.html>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Bernhart, Wolfgang (2019). Recycling von Lithium-Ionen-Batterien im Kontext von Technologie- und Preisentwicklungen. In ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 14, 01–02/2019, S. 38–43.

Berylls Strategy Advisors (2020). Produktionsausfälle der Hersteller – Corona-bedingte Schließungen der Autowerke in Q1 und Q2, über <https://www.automobilwoche-datencenter.de>, zuletzt abgerufen am 13.11.2020.

Beutnagel, Werner (2021). VW stellt die Car.Software Organisation neu auf. Online verfügbar unter <https://www.automotiveit.eu/strategy/vw-stellt-die-car-software-organisation-neu-auf-105.html>, zuletzt abgerufen am 07.08.2021.

Biss, Annika (2017). Die Internationalisierung der Bayrischen Motoren Werke AG. Vom reinen Exportgeschäft zur Gründung eigener Tochtergesellschaften im Ausland 1945–1981. Berlin, Boston.

bitkom (2021). Digitalisierungsschub in der Wirtschaft wird Pandemie überdauern. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierungsschub-in-Wirtschaft-wird-Pandemie-ueberdauern>, zuletzt abgerufen am 02.12.2021.

Blöcker, Antje (2015). Industrielle Wertschöpfungsketten: Herausforderungen für das deutsche Industriemodell am Beispiel der Automobilindustrie. In: WSI-Mitteilungen 7/2015, S. 534–541.

Blöcker, Antje (2020). Transformation auf Hochtouren – Konversion noch auf Sparflamme. In: Blöcker et. al. (2020), S. 7–77.

Blöcker, Antje; Dörre, Klaus; Holzschuh, Madeleine (2020). Auto- und Zulieferindustrie in der Transformation. Beschäftigtenperspektiven aus fünf Bundesländern. Frankfurt am Main.

BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2021). Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur-elektrofahrzeuge.html>, zuletzt abgerufen am 21.01.2022.

BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2020). Das System der CO₂-Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/zusammenfassung_co2_flottengrenzwerte.pdf, zuletzt abgerufen am 07.12.2021.

BMW AG (2021a). BMW Group – Unternehmen. Online verfügbar unter <https://www.bmwgroup.com/de/unternehmen.html>, zuletzt abgerufen am 11.07.2021.

BMW AG (2021b). BMW Group – Bericht 2020. Unsere Verantwortung. Unsere Zukunft. Online verfügbar unter: https://www.bmwgroup.com/content/dam/grpw/websites/bmwgroup_com/ir/downloads/de/2021/bericht/BMW-Group-Bericht-2020-DE.pdf, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

BMW AG (2021c). BMW Group – Internationale Einkaufsbedingungen für Produktionsmaterial und Kraftfahrzeugteile (IPC) zum Stand 31.3.2018. Online verfügbar unter https://b2b.bmw.com/documents/14402/7502029/180331_IPC+2018_DE_clean.pdf/9961a9c3-79b4-6c8e-4457-36852ebc2d97_9961a9c3-79b4-6c8e-4457-36852ebc2d97 (bmw.com), zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2018). Thesen zur industriellen Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/thesen-zur-industriellen-batteriezellfertigung-in-deutschland-und-europa.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt abgerufen am 22.12.2021.

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2021a). Brexit: Die Einigung ist da – Änderungen für die Wirtschaft zum 1. Januar 2021 – FAQ für Unternehmen. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Europa/brexit-ende-der-uebergangsphase.html>, zuletzt abgerufen am 02.11.2021.

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2021b). IPCEIs in der Batterieproduktion. Pressemitteilung vom 11.3.2021. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/ipceis-in-der-batterieproduktion.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt abgerufen am 10.12.2021.

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2021c). Habeck verlängert Innovationsprämie für E-Autos bis Ende 2022. Pressemitteilung vom 13.12.2021. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/12/20211213-habeck-verlangert-innovationsprämie-fur-e-autos-bis-ende-2022-habeck-danach-richten-wir-die-forderung-noch-starker-auf-klimaschutz-aus.html>, zuletzt abgerufen am 21.01.2022

BMZ – Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2021). Fragen und Antworten zum Lieferkettengesetz. Online verfügbar unter <https://www.bmz.de/resource/blob/60000/69fe0aa-c1e4e7062790db534885e1f5f/faq-lieferkettengesetz>, zuletzt abgerufen am 24.11.2021.

Böhme, Stefan; Burkert, Carola; Carstensen, Jeanette; Eigenhüller, Lutz; Niebuhr, Annkatrin; Roth, Duncan; Siegl, Georg; Wiethölter, Doris (2020). Die Bedeutung der regionalen Wirtschaftsstruktur für die Arbeitmarkteffekte der Corona-Pandemie – eine erste Einschätzung. Nürnberg (= IAB-Forschungsbericht 15/2020).

Bratzel, Stefan; Retterath, Gerd; Hauke, Niels (2015). Automobilzulieferer in Bewegung. Strategische Herausforderungen für mittelständische Unternehmen in einem turbulenten Umfeld. Baden-Baden.

Bremer, Patrick (2018). Analyse der baden-württembergischen Exporte anhand eines ökonomischen Gravitationsmodells. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 5/2018, S. 26–31.

Buchenau, Martin (2021). Porsche will in diesem Jahr 300.000 Sportwagen verkaufen. Jeder zehnte verkaufte Porsche in diesem Jahr soll rein elektrisch fahren. Coronakrise und Halbleitermangel steckt die VW-Ertragsperle gut weg. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/autobauer-porsche-will-in-diesem-jahr-300-000-sportwagen-verkaufen/27021466.html?ticket=ST-1960027-dgS3MYKn4D-wfOimZ96yu-ap6>, zuletzt abgerufen am 26.09.2021.

Bundesagentur für Arbeit (2020). Die Arbeitsmarktsituation von Frauen und Männern 2020. Nürnberg (= Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt). Online verfügbar unter https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Frauen-und-Maenner/generische-Publikationen/Frauen-Maenner-Arbeitsmarkt.pdf?__blob=publicationFile&v=10, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

Bundesagentur für Arbeit (2021). Arbeitsmarktreport (Monatszahlen) Land Baden-Württemberg, Juni 2021. Online verfügbar unter https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=627730&topic.f=amr-amr, letzter Abruf am 5.7.2021.

Burkert, Uwe; Wolf, Gerhard; Biller, Frank (2021). Mobilität der Zukunft. E-Mobilität bringt den Automarkt unter Strom. Anpassung unserer BEV-Prognose. Online verfügbar unter https://www.lbbw.de/konzern/research/2021/studien/20210414-lbbw-corporate-research-automotive-bev-prognose_acu4nug47n_m.pdf, zuletzt abgerufen am 24.07.2021.

Busche, Ingo (2014). Ein Beitrag zur optimierten Konzeptauslegung von Fahrzeugen im Bereich der Elektromobilität. Dissertation. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg. Fakultät Maschinenbau.

BusinessKorea (2021). Samsung's U.S. Plant Shutdown Feared to Continue until Mid-April. Online verfügbar unter <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=61405>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

Butollo, Florian (2020). Sozialökologischer Umbau der Weltwirtschaft oder Handelskrieg mit anderen Mitteln? Covid-19 und die Transformation globaler Produktionsnetzwerke. In: WSI-Mitteilungen 6/2020: 411–417.

BYD Company Limited (2019). 2019 BYD CSR REPORT. Online verfügbar unter <https://en.byd.com/wp-content/uploads/2020/10/document.pdf>, zuletzt abgerufen am 02.08.2021.

BYD Company Limited (2020). 2020 Annual Report. In Bold Pursuit of New Heights Online verfügbar unter <https://www.byd.com/sites/resources/common/tools/generic/web/viewer.html?file=%2Fsites%2FSatellite%2F%20PDF%20Viewer%3Fblobcol%3Durldata%26blobheader%3Dapplication%252Fpdf%26blobkey%3Did%26blobtable%3DMungoBlobs%26blobwhere%3D1600575181909%26ssbinary%3Dtrue>, zuletzt abgerufen am 02.08.2021.

BYD Europe B.V. (2021). BYD Group. Online verfügbar unter <https://www.bydeurope.com/byd-group>, zuletzt abgerufen am 02.08.2021.

BYD SINGAPORE PTE. LTD. (2021). Our Strategy – BYD SINGAPORE. Online verfügbar unter <https://sg.byd.com/company-profile/our-strategies/>, zuletzt abgerufen am 02.08.2021.

Carbontrust (2021). Was sind Scope 3-Emissionen? Online verfügbar unter <https://www.carbontrust.com/de/ressourcen/briefing-was-sind-scope-3-emissionen>, zuletzt abgerufen am 29.11.2021.

Conrad, Bernd (2021). Ford investiert in neue Werke in den USA. In: auto motor sport. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/ford-blue-oval-city-werk-elektroautos-usa/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Crain Communications Inc. (2021). Ford follows GM, VW with two new dedicated EV platforms by 2025, report says. The all-EV platforms are part of an ambitious multiyear, multibillion-dollar plan. Online verfügbar unter <https://europe.autonews.com/automakers/ford-follows-gm-vw-two-new-dedicated-ev-platforms-2025-report-says>, zuletzt abgerufen am 26.07.2021.

Cüppers, Martin. (2018). Die Zukunft des Karosseriebaus: maximal flexibel. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 7–8/2018, S. 475–478.

Daimler AG (2015). Der Produktionsverbund: Die weltweiten Werke. Online verfügbar unter <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Der-Produktionsverbund-Die-weltweiten-Werke.xhtml?oid=9272049>, zuletzt abgerufen am 10.07.2021.

Daimler AG (2020a). Kennzahlen Beschäftigte. Online verfügbar unter <https://nachhaltigkeitsbericht.daimler.com/2020/anhang/kennzahlen/kennzahlen-beschaeftigte.html>, zuletzt abgerufen am 08.08.2021.

Daimler AG (2020b). Mercedes-Benz Strategy Update 2020. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/investoren/events/kapitalmarkttag/2020-mercedes-benz-strategy-update.html>, zuletzt abgerufen am 10.07.2021.

Daimler AG (2020c). Mercedes-Benz Strategy Update 2020. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/dokumente/investoren/presentationen/daimler-ir-mercedes-benz-strategy-update-2020-presentation.pdf>, zuletzt abgerufen am 11.07.2021.

Daimler AG (2021a). Daimler Geschäftsbericht 2020. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/dokumente/investoren/berichte/geschaeftsberichte/daimler/daimler-ir-geschaeftsbericht-2020-inkl-zusammengefasster-lagebericht-daimler-ag.pdf>, zuletzt abgerufen am 10.07.2021.

Daimler AG (2021b). Mercedes-Benz Strategie für ein vollelektrisches Zeitalter. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/konzern/strategie/mercedes-benz-strategy-update-electric-drive.html>, zuletzt abgerufen am 08.08.2021.

Daimler AG (2021c). smart: Ganz im Zeichen der Elektromobilität. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/produkte/pkw/smart/smart-e-mobilitaet.html>, zuletzt abgerufen am 10.07.2021.

Daimler AG (2021d). Elektromobilität: Brennstoffzelle & Wasserstoff gehören dazu. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/innovation/case/electric/brennstoffzelle-wasserstoff-elektromobilitaet.html>, zuletzt abgerufen am 10.07.2021.

Daimler (2021e). Ambition 2030: Unser Weg zur CO₂-Neutralität. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/nachhaltigkeit/klima/ambition-2039-unser-weg-zur-co2-neutralitaet.html>, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

DB Research (2021). Zukunft des Automobilstandorts Deutschland. Detroit lässt grüßen. Frankfurt am Main.

Debes, Sebastian (2020). Wirtschaftliche Entwicklung in Baden-Württemberg während der Corona-Pandemie: Eine erste Zwischenbilanz. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 9/2020, S. 3–9.

Deng, Jie; Bae, Chulheung; Denlinger, Adam; Miller, Theodore (2020). Electric Vehicles Batteries: Requirements and Challenges. In Joule Vol. 4 (3), S. 511–515.

Dietrich, Fabian; Ge, Yiwen; Palm, Daniel (2020). Einsatz von Blockchain-Technologien im Supply-Chain-Management. Smart-Contract-basierte Lösungen zum Management von Lieferketten. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 9/2020, S. 567–569.

Diez, Willi; Mühlenbruch, Markus; Nagel, Carsten (2019). Wende oder Ende? Die Automobilindustrie muss sich neu aufstellen – Trends und Handlungsfelder. Stuttgart.

Dispan, Jürgen; Koch, Andreas; König, Tobias (2019). Strukturbericht Region Stuttgart. Schwerpunkt Mobilitätsdienstleistungen in der Region Stuttgart. Stuttgart, Tübingen.

Dispan, Jürgen; Schwarz-Kocher, Martin; Stieler, Sylvia (2021). Industriepolitische Herausforderungen für die Automobilindustrie. In: Lemb 2021, S. 159–173. Stuttgart.

Doka, Moritz (2021). Toyota startet Elektro-Offensive mit dem Kompakt-SUV bZ4X. Online verfügbar unter <https://www.autobild.de/artikel/toyota-bz4x-concept-2022-marktstart-suv-rav4-e-tnga-subaru-reichweite-19405053.html>, zuletzt abgerufen am 26.09.2021.

Drechsel, Moritz (2019). „Konsequent Audi“: Vorstand stellt Aktionären Neuausrichtung vor. Online verfügbar unter <https://www.audi-mediacenter.com/de/pressemitteilungen/konsequent-audi-vorstand-stellt-aktionaeren-neuausrichtung-vor-11684/download>, zuletzt abgerufen am 03.07.2021.

Duden (2021). Begriff „Redundanz“. Online verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/redundanz>, zuletzt abgerufen am 24.11.2021.

Eckl-Dorna, Wilfried (2020). „Gigafactory“-Batteriezellen-partner: Panasonic verdient mit Tesla erstmals Geld. Online verfügbar unter <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroauto-panasonic-verdient-mit-tesla-batteriezellen-erstmals-geld-a-1304557.html>, zuletzt abgerufen am 25.07.2021.

ecomento UG (2019). BMW kauft Kobalt und Lithium ab 2020 direkt ein. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2019/10/29/bmw-kauft-ab-2020-kobalt-und-lithium-direkt-ein/>, zuletzt abgerufen am 07.08.2021.

ecomento UG (2020). BYD liefert ab Januar 2021 Elektroautos in Europa aus, zuerst in Norwegen. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2020/07/09/byd-liefert-ab-januar-2021-elektroautos-in-norwegen-aus/>, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

ecomento UG (2021a). VW investiert weitere 500 Millionen Euro in Batterie-Aktivitäten mit Northvolt. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2021/06/09/vw-weitere-500-millionen-fuer-batterie-aktivitaeten-mit-northvolt/>, zuletzt abgerufen am 07.08.2021.

ecomento UG (2021b). BMW bringt Ende 2022 Wasserstoff-SUV in Kleinserie auf den Markt. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2021/05/07/bmw-bringt-ende-2022-wasserstoff-suv-in-kleinserie-auf-den-markt/>, zuletzt abgerufen am 12.07.2021.

ecomento UG (2021c). Renault Group beschleunigt E-Mobilitäts-Strategie. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2021/06/30/renault-group-beschleunigt-e-mobilitaets-strategie/>, zuletzt abgerufen am 19.07.2021.

ecomento UG (2021d). Toyota investiert bis 2030 rund 11,5 Milliarden Euro in Batterien. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2021/09/08/toyota-investiert-bis-2030-rund-115-milliarden-euro-in-batterien/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Elektroniknet (2020). Investitionen für IC-Produktionskapazitäten steigen. Online verfügbar unter <https://www.elektroniknet.de/halbleiter/investitionen-fuer-ic-produktionskapazitaeten-steigen.179378.html>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

Elektroniknet (2021). Chipmangel weit über 2021 hinaus. Online verfügbar unter <https://www.elektroniknet.de/halbleiter/chipmangel-weit-ueber-2021-hinaus.185412.html>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

e-mobil BW (Hrsg.) (2018). Leitfaden zum Elektromobilitätsgesetz. Best Practice kommunaler Umsetzung. Online verfügbar unter https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Broschueren/EmoG-Broschuere_Web.pdf, zuletzt abgerufen am 22.01.2022. Stuttgart.

e-mobil BW (Hrsg.) (2019a). Strukturstudie BW^e mobil 2019. Transformation durch Elektromobilität und Perspektiven der Digitalisierung. Online verfügbar unter https://www.transformationswissen-bw.de/fileadmin/media/Publikationen/e-mobil_Studien/Strukturstudie2019_2-Auflage_Web.pdf, zuletzt abgerufen am 18.01.2022.

e-mobil BW (Hrsg.) (2019b). Rohstoffe für innovative Fahrzeugtechnologien. Herausforderungen und Lösungsansätze. Stuttgart. Online verfügbar unter https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/Material-Studie_e-mobilBW.pdf, zuletzt abgerufen am 12.01.2022.

e-mobil BW (Hrsg.) (2019c). Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge. Chancen und Potenziale für Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/LEV_e-mobil_BW_Leichtfahrzeug_Studie.pdf, zuletzt abgerufen am 08.12.2021.

e-mobil BW (Hrsg.) (2020). Produktion elektrischer Traktionsmotoren. In: Wissen Kompakt. Online verfügbar unter https://www.transformationswissen-bw.de/fileadmin/media/Publikationen/e-mobil_Studien/Wissen_kompakt_Elektromotoren_Produktion.pdf, zuletzt abgerufen am 18.01.2022.

e-mobil BW (Hrsg.) (2021). Wertschöpfungspotenziale von E-Motoren für den Automobilbereich in Baden-Württemberg. In: Themenpapier Cluster Elektromobilität Süd-West. Online verfügbar unter https://www.transformationswissen-bw.de/fileadmin/media/Publikationen/e-mobil_Studien/Themenpapier_Wertschoepfungspotenziale_von_E-Motoren_fuer_den_Automobilbereich_in_Baden-Wuerttemberg.pdf, zuletzt abgerufen am 18.01.2022.

e-mobil BW (Hrsg.) (2022). Automotive Cybersecurity. Stuttgart.

Emons, Oliver (2014). Innovations- und Spezialisierungsdynamik in der Automobilindustrie. Eine Vergleichsanalyse von europäischen Kooperations- und Innovationsnetzwerken. Baden-Baden. (= Schriften der Hans-Böckler-Stiftung: 78).

EC – European Commission (2019). Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss, den Ausschuss der Regionen und die Europäische Investitionsbank zur Umsetzung des strategischen Aktionsplans für Batterien: Aufbau einer strategischen Wertschöpfungskette für Batterien. Brüssel.

EC – European Commission (2020). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU – a foresight study. European Commission. Brüssel.

EC – European Commission (2021a). Strategic dependencies and capacities – Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery. European Commission Working Staff Document. Brussels.

EC – European Commission (2021b). Questions and Answers on Sustainable Battery Regulation. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_2311, zuletzt abgerufen am 08.12.2021.

EC – European Commission (2021c). Abkommen über Handel und Zusammenarbeit zwischen der Europäischen Union und der Europäischen Atomgemeinschaft einerseits und dem Vereinigten Königreich Großbritannien und Nordirland andererseits. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A22021A0430%2801%29&from=EN>, zuletzt abgerufen am 18.01.2022.

Eurostat (2021a). Sold production, exports and imports by PRODCOM list (NACE Rev. 2) – annual data. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022.

Eurostat (2021b). Jährliche Produktionsstatistik prodcom. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/prodcom/data/excel-files-nace-rev.2>, zuletzt abgerufen am 28.07.2021.

EY Ernst & Young GmbH (2020a). Die größten Automobilhersteller weltweit – eine Analyse wichtiger Finanzkennzahlen. September 2020.

EY Ernst & Young GmbH (2020b). Welche Lehren die Automobilindustrie aus der Corona-Krise ziehen kann. Online verfügbar unter https://www.ey.com/de_de/covid-19/welche-lehren-die-automobilindustrie-aus-der-corona-krise-ziehen-kann, zuletzt abgerufen am 04.08.2021.

EY Ernst & Young GmbH (2020c). Covid-19. So bauen Sie eine krisensichere Lieferkette auf. Online verfügbar unter https://www.ey.com/de_de/consulting/how-to-build-a-supply-chain-thats-resilient-to-global-disruption, zuletzt abgerufen am 04.08.2021.

EY Ernst & Young GmbH (2021a). Warum Glokalisierung ein neuer Megatrend geworden ist. Online verfügbar unter https://www.ey.com/de_de/industrial-products/glokalisierung-als-strategie, zuletzt abgerufen am 06.08.2021.

Finke, Christina (2021). Einstiegsmodell namens Model 2? In: Autozeitung. Online verfügbar unter <https://www.autozeitung.de/tesla-kleinwagen-2023-preis-reichweite-199069.html>, zuletzt abgerufen am 25.07.2021.

Fluchs, Sarah (2021). Batterierecycling: Potenziale zur Reduzierung der Rohstoffabhängigkeit. In IW-Kurzbericht 35/2021. Institut der deutschen Wirtschaft. Köln.

Ford (2019). Ford fährt in Deutschland weiter auf der Überholspur: Bester Juli-Absatz seit 22 Jahren. Online verfügbar unter <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/de/de/news/2019/08/02/ford-faehrt-in-deutschland-weiter-auf-der-ueberholspur-bester-juli.html>, zuletzt abgerufen am 30.07.2021.

Ford Motor Company (2020). Ford announces operational and leadership changes; will drive growth, improve execution, speed transformation. Online verfügbar unter <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2020/10/01/ford-announces-operational-and-leadership-changes.html>, zuletzt abgerufen am 26.07.2021.

Ford Motor Company (2021a). Ford Motor Company 2020 Annual Report. Online verfügbar unter https://s23.q4cdn.com/799033206/files/doc_downloads/2020/Ford-2020-Annual-Report-April-2020.pdf, zuletzt abgerufen am 25.07.2021.

Ford Motor Company (2021b). Helping Build a Better World. Making Life Electric. Online verfügbar unter <https://corporate.ford.com/microsites/integrated-sustainability-and-financial-report-2021/files/ir21.pdf>, zuletzt abgerufen am 26.07.2021.

Friedrich, Lars (2021). BYD: Batterie-Plan enthüllt! Online verfügbar unter <https://www.deraktionaeer.de/artikel/mobilitaet-oel-energie/byd-batterie-plan-enthuehlt-20229339.html>, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

Fründhoff, Bert; Witsch, Kathrin (2021). Europa wird zum neuen Epizentrum der globalen Batterieindustrie. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/elektromobilitaet-europa-wird-zum-neuen-epizentrum-der-globalen-batterieindustrie/27664100.html>, zuletzt abgerufen am 06.12.2021.

Gabler Wirtschaftslexikon (2018). Supply Chain Management. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/supply-chain-management-scm-49361/version-272597>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Geröcs, Tamás; Pinkasz, András (2020). Central and Eastern Europe's Dependent Development in German Automotive Value Chains. Budapest.

Gerster, Michael (2021b). Elektrooffensive: Daimler baut mehr E-Modelle in China. In: Automobilwoche. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/artic-le/20210609/HEFTARCHIV/210539991/elektrooffensive-daim-ler-baut-mehr-e-modelle-in-china>, zuletzt abgerufen am 08.08.2021.

Google (2021): Abrufe für die Begriffe Resilienz und Lieferkette. Online verfügbar unter <https://trends.google.de/trends/explore?cat=12&date=2020-01-01%202021-11-23&q=Resilienz,Lieferkette>, zuletzt abgerufen am 23.11.2021.

Göpfert, Ingrid (Hrsg.) (2016). Logistik der Zukunft. Wiesbaden (Springer).

Göpfert, Ingrid; Grünert, Marc; Schmid, Nico André (2016). Logistiknetze der Zukunft – das neue Hersteller-Zulieferer-Verhältnis in der Automobilindustrie. In: Göpfert 2016, S. 175–217.

Grabitz, Markus (2021). Nur Daimler unterschreibt Verbrenner-Aus. In: Stuttgarter Zeitung. Online verfügbar unter <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.klimakonfe-renz-glasgow-nur-daimler-unterschreibt-verbrenner-aus.73b05ff7-83c0-44b0-b587-295a946a7d18.html?redu-ced=true>, zuletzt abgerufen am 21.12.2021.

Grammel, Ralf; Dispan, Jürgen; Stieler, Sylvia (2000). Automobil-Clusterreport 2000: E-Business or no Business? Stuttgart (= IMU-Informationdienst 8/2000).

Grill-Kiefer, Gerhard (2020). Logistik in der Automobilindustrie. Auftragsabwicklung zwischen Flexibilität und Stabilität. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikplanung, 9/2020, S. 595–601.

Groupe Renault (2021). Universal registration document 2020, including the annual financial report 2020. Online verfügbar unter <https://www.renaultgroup.com/wp-content/uploads/2021/04/renault-deu-2020-accessible-version.pdf>, zuletzt abgerufen am 18.07.2020.

Grundhoff, Stefan (2020). BYD und Toyota gründen Elektro-Joint-Venture. In: Automobil Produktion. Online verfügbar unter <https://www.automobil-produktion.de/hersteller/byd-und-toyota-gruenden-elektro-joint-venture-303.html>, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

Hab, Gerhard; Wagner, Reinhard (2010). Projektmanagement in der Automobilindustrie. Effizientes Management von Fahrzeugprojekten entlang der Wertschöpfungskette. Wiesbaden, 3. Auflage.

Hagedorn, Marcus; Hartmann, Sandra; Heilert, Daniela; Harter, Christian et al. (2019). Automobile Wertschöpfung 2030/2050. IPE Institut für Politikevaluation GmbH; fka GmbH; Roland Berger GmbH. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/automobile-wertschoepfung-2030-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=16, zuletzt abgerufen am 14.06.2021.

Groth, Julia (2008). Die Lieferung landet direkt auf dem Laufband. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.ig-metall-bezirks-chef-zitzelsberger-die-verbotsdebatte-ist-sinnlos.a3ebe0f4-8b87-4563-9aff-b061cd0f8d48.html?reduced=true>, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

Harloff, Thomas (2021). Wo Elektroauto-Akkus entstehen (sollen). In: auto motor sport. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/batteriezellen-fertigung-deutschland-wo-elektroauto-akkus-entstehen/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Harrison, Daniel (2021). Electric Vehicle Battery Supply Chain Analysis: How Battery Demand and Production are Reshaping the Automotive Industry. London.

Hebermehl, Gregor; Stegmaier, Gerd (2020). Bayern planen für Elektro-Zukunft und Verbrenner. BMW entwickelt Elektro-Architektur. In: auto motor sport. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/bmw-elektrobaukasten-clar-i4-inext-vw-meb-id-3/>, zuletzt abgerufen am 12.07.2021.

Heise (2021). Chip-Hersteller investieren in Produktionsausbau gegen anhaltenden Chip-Mangel. Online verfügbar unter <https://www.heise.de/news/Chip-Hersteller-investieren-in-Produktionsausbau-gegen-anhaltenden-Chip-Man-gel-6027444.html>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

Hendrich, Aline und Reuter, Benjamin (2020). Verfügbarkeit kritischer Rohstoffe für Elektrofahrzeuge. In: ATZ Automobil-technische Zeitschrift 112, 04/2020, S. 54–57.

Hensolt, Geli (2021). Elektromobilität: Daimler steigt in Batterie-Allianz ein. Online verfügbar unter <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/elektromobilitaet-daimler-mercedes-batteriezellen-acc-stellantis-altmaier-101.html>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Heymann, Eric (2020). Deutsche Automobilindustrie: Produktion in China überflügelt heimische Fertigung. Online verfügbar unter: [https://www.dbresearch.de/servlet/reweb2.ReWEB?rwnode=RPS_DE-PROD\\$BRANCHEN&rwsite=RPS_DE-PROD&rwobj=ReDisplay.Start.class&document=PROD0000000000505634](https://www.dbresearch.de/servlet/reweb2.ReWEB?rwnode=RPS_DE-PROD$BRANCHEN&rwsite=RPS_DE-PROD&rwobj=ReDisplay.Start.class&document=PROD0000000000505634), zuletzt abgerufen am 09.11.2020.

Hofmann, Jana (2020). Fit4E – Bestehende Kompetenzen auch in der Elektromobilität nutzen. Vortrag beim Zulieferer-tag Automobilwirtschaft BW am 5.11.2020. Online-Veranstaltung.

Holdenried, Elias (2021). Porsche möchte weiterhin nicht in China fertigen und setzt stattdessen konsequent auf „Made in Europe“. In: Business Insider. Online verfügbar unter <https://www.businessinsider.de/wirtschaft/mobility/porsche-moechte-weiterhin-nicht-in-china-fertigen-und-setzt-stattdessen-konsequent-auf-made-in-europe-a/>, zuletzt abgerufen am 26.09.2021.

IAB – Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (2022). Ähnlicher Arbeitszeitausfall, aber bei Müttern höhere Belastung durch Kinderbetreuung. Nürnberg. Online verfügbar unter <https://doku.iab.de/kurzber/2022/kb2022-03.pdf>, zuletzt abgerufen am 24.02.2022.

IAB – Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2021a). Wie der Arbeitsmarkt zwei sehr unterschiedliche Krisen bewältigt. Online verfügbar unter <https://doku.iab.de/kurzber/2021/kb2021-27.pdf>, zuletzt abgerufen am 24.02.2022.

IAB – Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (2021b). Ergebnisse aus Welle 13 der Studie „Betriebe in der Covid-19-Krise“. Nürnberg. Online verfügbar unter https://www.iab.de/de/iab-aktuell/folgen_der_corona-krise_auf_den_arbeitsmarkt.aspx#Aktuelle%20Daten, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

IAB – Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2021c). Der coronabedingte Anstieg der Arbeitslosigkeit in Baden-Württemberg. Stuttgart (= IAB Baden-Württemberg 1/2021). Online verfügbar unter http://doku.iab.de/regional/BW/2021/regional_bw_0121.pdf, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

IAW – Institut für angewandte Wirtschaftsforschung e.V. (2021). Viertes Quartal 2021: Nowcast und Prognose des BIP für Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.iaw.edu/pressemitteilungen-detail/viertes-quartal-2021-nowcast-und-prognose-des-bip-fuer-baden-wuerttemberg-es-bleibt-zunaechst-beim-nullwachstum.html?file=files/dokumente/ab_04_2021/Nowcast_und_Prognose_BIP_BW_2021Q4.pdf, zuletzt abgerufen am 14.01.2022.

IC Insights (2021). Global Wafer Capacity 2021–2025 – Detailed Analysis and Forecast of the IC Industry’s Wafer Fab Capacity. Scottsdale.

ifo Institut (2020a). Wirtschaftliche Folgen der Coronakrise – Szenarienrechnung für die einzelnen Bundesländer, München 2020.

ifo Institut (2020b). ifo Konjunkturprognose Winter 2020. München. Online verfügbar unter <https://www.ifo.de/ifo-konjunkturprognose/20201216>, zuletzt abgerufen am 31.10.2021.

ifo Institut (2021a). ifo Konjunkturprognose Winter 2021: Lieferengpässe und Coronawelle bremsen deutsche Wirtschaft aus. Online verfügbar unter <https://www.ifo.de/node/67010>, zuletzt abgerufen am 16.12.2021.

ifo Institut (2021b). ifo Konjunktur-Perspektiven 6/2021. München. Online verfügbar unter <https://www.ifo.de/publikationen/2021/zeitschrift-einzelheft/ifo-konjunkturperspektiven-062021>, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

IKB (2021). Auswertung von Jahresabschlüssen. Kleine Zulieferer leiden besonders. Düsseldorf.

Imöhl, Sören; Ivanov, Angelika (2021). Die Chronologie des Brexits – der EU-Austritt Großbritanniens zusammengefasst. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/politik/international/brexit-in-der-zusammenfassung-die-chronologie-des-brexits-der-eu-austritt-grossbritanniens-zusammengefasst/24097616.html?ticket=ST-4424213-AsaRpYqm4kcB4p3PPmo3-cas01.example.org>, zuletzt abgerufen am 10.11.2021.

Infineon (2020). Fourth Quarter FY 2020 – Quarterly Update. Neubiberg.

Infineon (2021). Infineon re-ramps production in Austin, Texas, and provides update on customer impact; pre-shut-down output level expected in June 2021. Online verfügbar unter <https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/press-releases/2021/INFXX202103-054.html>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

InsideEVs (2021). Batteriemarkt: 134,5 Gigawattstunden in 2020 sind neuer Rekord. Online verfügbar unter <https://insideevs.de/news/487257/elektroauto-batterienmarkt-2020-gigawattstunden-lgchem/>, zuletzt abgerufen am 06.12.2021.

International Energy Agency (IEA) (2020). Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive? Paris.

IW – Institut der deutschen Wirtschaft (2019): Industrielle Arbeitskosten im internationalen Vergleich. IW-Trends 2/2019. Köln.

IW – Institut der deutschen Wirtschaft (2021). Lohnstückkosten im internationalen Vergleich. IW-Trends 2/2021. Online verfügbar unter <https://www.iwkoeln.de/studien/christoph-schroeder-starke-belastung-der-deutschen-industrie-seit-2018.html>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022.

Jaroschinsky, Alexander (2018). Strategische Sanierung von Automobilzulieferern. Handlungsstrategien der Hersteller in der akuten Krise eines Zulieferers. Wiesbaden.

Jeß, Christian (2017). Mercedes EQ (2019): Elektro-Plattform EVA. Online verfügbar unter <https://www.autobild.de/artikel/daimlers-zukunftsstrategie-eq-1124865.html>, zuletzt abgerufen am 11.07.2021.

Jeß, Christian; Wildberg, Roland; Gebhardt, Michael; Schuderer, Raphael et al. (2021). Verbrenner-Ausstieg: So lange gibt es noch Diesel und Benziner. Online verfügbar unter https://www.autobild.de/artikel/verbrenner-ausstieg-diesel-und-benziner-plaene-von-audi-bmw-daimler-mazda-opel-toyota-vw-volvo-19153555.html#anchor_14, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Johannsen, Frank (2021). Elektro-Offensive: VW baut Netz eigener Batteriezellwerke in Europa auf. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210315/AGENTURMELDUNGEN/303159965/elektro-offensive-vw-baut-netz-eigener-batteriezellwerke-in-europa-auf>, zuletzt abgerufen am 28.06.2021.

Kaleta, Philip (2021). Daimler: Mehr als 3.500 Mitarbeiter nehmen üppige Abfindung an. In: Business Insider. Online verfügbar unter <https://www.businessinsider.de/wirtschaft/mobility/goldener-handschlag-mehr-als-3-500-daimler-mitarbeiter-haben-abfindungen-von-bis-zu-400-000-euro-angenommen-ij/>, zuletzt abgerufen am 08.08.2021.

Kampker, Achim (2014). Elektromobilproduktion. Springer-Verlag. Heidelberg.

Kampker, Achim; Kreisköther, Kai; Wagner, Johannes; Maurer, Roland; Schier, Anna Lena (2017). Anlauf disruptiver Produkte. Am Beispiel der Produktion elektrischer Antriebssysteme. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 1–2/2017, S. 58–61.

Kampker, Achim; Kawollek, Sebastian; Fluchs, Sahra; Marquardt, Felix. (2019). Einfluss der Variantenvielfalt auf die automobile Endmontage. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 7–8/2019, S. 474–479.

Kane, Mark (2021). BYD Introduces 800V E-Plattform 3.0 And New EVs: EA1, X DREAM. In: InsideEVs. Online verfügbar unter <https://insideevs.com/news/502427/byd-eplattform3-ea1-x-dream/>, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

KIT – Karlsruher Institut für Technologie (2020): Neues Verfahren ermöglicht Lithiumabbau in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.kit.edu/kit/pi_2020_054/neues-verfahren-ermoglicht-lithiumabbau-in-deutschland.php, zuletzt abgerufen am 10.12.2021.

Kauper, Jochen (2021). BYD: Ehrgeizige Ziele ... In: DER AKTIONÄR. Online verfügbar unter <https://www.deraktionar.de/artikel/mobilitaet-oel-energie/byd-ehrgeizige-ziele-20226022.html>, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

KBA – Kraftfahrt-Bundesamt (2021a). Monatliche Neuzulassungen. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/n_monatl_neuzulassungen_inhalt.html?nn=2601598, zuletzt abgerufen am 31.10.2021.

KBA – Kraftfahrt-Bundesamt (2021b). Neuzulassungen von Personenkraftwagen im Jahresverlauf 2021 nach Marken und alternativen Antrieben. Pressemitteilung 45/2021. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/AlternativeAntriebe/2021/pm45_2021_Antriebe_10_21_komplett.html?snn=3662144, zuletzt abgerufen am 07.12.2021.

Kinkel, Steffen; Zanker, Christoph (2007). Globale Produktionsstrategien in der Automobilzulieferindustrie. Berlin, Heidelberg, New York.

Kleemann, Florian; Frühbeis, Ronja (2021). Resiliente Lieferketten in der VUCA-Welt. Supply Chain Management für Corona, Brexit & Co. Wiesbaden.

Kleinert, Ingrid (2017). Strukturwandel in der Automobilindustrie: Wandel der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität. Dissertation. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern. Online verfügbar unter https://kluedo.ub.uni-kl.de/frontdoor/deliver/index/docId/4531/file/_Ingrid+Kleinert+Dissertation+2017.pdf, zuletzt abgerufen am 08.09.2021.

Klinkel, Steffen; Rieder, Bernhard; Horvat, Djerdj; Jäger, Angela (2015). Wertschöpfung lohnt. Vorteile und Notwendigkeit lokaler Wertschöpfungsketten. Online verfügbar unter <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccp/2015/Gesamtstudie-Wertschoepfung-lohnt.pdf>, zuletzt abgerufen am 14.06.2021.

Knauer, Michael (2019). Reine E-Plattform oder Multi-Architektur: Welche Plattformstrategie ist die richtige? In: Automobilwoche. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20191022/HEFT-ARCHIV/191029984/reine-e-plattform-oder-multi-architektur-welche-plattformstrategie-ist-die-richtige>, zuletzt abgerufen am 21.06.2021.

Knauer, Michael (2020). „No Deal“ heißt „No Future“. In Automobilwoche 26/2020, S. 12.

Knauer, Michael (2021). Logistiker Panattoni übernimmt Swindon: Honda verkauft britisches Werk. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20210329/BCONLINE/210329932/logistiker-panattoni-uebernimmt-swindon-honda-verkauft-britisches-werk>, zuletzt abgerufen am 03.11.2021.

Knecht, Jochen (2021a). Ford reitet die globale Elektro-Angriffe. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/ford-elektro-plattformen-ge2-te1-suv-crossover-vans/>, zuletzt abgerufen am 26.07.2021.

Knecht, Jochen (2021b). Erster Ford auf MEB-Basis. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/ford-elektro-suv-kompakt-meb-2023/>, zuletzt abgerufen am 26.07.2021.

Köllner, Christiane (2021). Verbrenner-Ausstieg: Die Pläne der Autohersteller. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/antriebsstrang/verkehrswende/verbrenner-ausstieg-die-plaene-der-autohersteller/18906344>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Krause, Dieter; Gebhardt, Nicolas (2018). Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien. Hohe Produktvielfalt beherrschbar entwickeln. Berlin.

Kuhn, Matthias (2020). Vor Corona: Die Industrie und deren Struktur in Baden-Württemberg. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 8/2020, S. 17–27.

Kuhn, Matthias (2021). Corona-Pandemie verursacht Konjunkturreinbruch in der Südwestindustrie im Jahr 2020. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 4/2021, S. 15–20.

Kwade, Arno; Haselrieder, Wolfgang; Leithoff, Ruben; Modlinger, Armin; Dietrich, Franz; Droeder, Klaus (2018). Current status and challenges for automotive battery production technologies. In: Nature Energy, Volume 3, S. 290–300.

LBBW Research (2021). Produktionsausfälle durch fehlende Chips. Stuttgart.

Lehnfeld, Marc (2021). „Autofaktor“ prägt den deutsch-britischen Handel. Online verfügbar unter <https://www.gtai.de/gtai-de/trade/wirtschaftsumfeld/bericht-wirtschaftsumfeld/vereinigtes-koenigreich/-autofaktor-praegt-den-deutsch-britischen-handel-697632?mc=gtai-mailing-newsletter-vk.gtai.1021.vk.aussenhandel>, zuletzt abgerufen am 10.11.2021.

Leichsenring, Stefan (2020). Toyotas neue Elektro-Plattform e-TNGA: Bis 600 km Reichweite und 400 PS? Online verfügbar unter <https://de.motor1.com/news/458304/toyota-e-tnga-plattform-elektro-suv/>, zuletzt abgerufen am 01.08.2021.

Lemb, Wolfgang (Hrsg.): Perspektiven eines Industriemodells der Zukunft. Marburg.

Lettmann, Pascal; Hüttenmann, Guido; Schmitt, Robert (2019). Produkttrouten in frei verketteten Montagesystemen. Ermittlung und Bewertung von Produkttrouten mittels Merkmalsklassifizierung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 9/2019, S. 517–519.

Linnartz, Maria; Leckel, Anja (2020). Data Sharing im Supply-Chain-Management. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 9/2020, S. 563–566.

Maas, Antje (2021). Audi-Konzern in Zahlen und Fakten. Online verfügbar unter https://audimediacycenter-a.akamaihd.net/system/production/uploaded_files/18821/file/0361c28b7cfdb5f0a963db18388d585a963918ce/Audi_im_Ueberblick_2021_DE.pdf?1616001064&disposition=attachment, zuletzt abgerufen am 03.07.2021.

Marek, Svenja; Berwing, Katharina (2019). Ein zukunftssicheres Supply-Chain-Management. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 12/2019, S. 846–850.

Menzel, Stefan (2021). Neue Modelle, mehr E-Autos: Nissan wagt den Neustart in Europa – von Großbritannien aus. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/autobranche-nach-dem-brexite-neue-modelle-mehr-e-autos-nissan-wagt-den-neustart-in-europa-von-grossbritannien-aus/26940084.html>, zuletzt abgerufen am 10.11.2021.

Mertens, Peter (2021). Aufstieg aus der Blechliga. So hat unsere Autoindustrie eine Zukunft. Frankfurt am Main.

Morris, Chales (2020). History of Electric Cars using Skateboard Platforms. Online verfügbar unter <https://cleantechnica.com/2020/06/19/history-of-electric-cars-using-skateboard-platforms/>, zuletzt abgerufen am 25.07.2021.

Muchna, Claus; Brandenburg, Hans; Fottner, Johannes; Gutermuth, Jens (2018). Grundlagen der Logistik. Begriffe, Strukturen und Prozesse. Wiesbaden.

National Bureau of Statistics of China (2019): China Statistical Yearbook 2019. Online verfügbar unter <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022.

NPM – Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2019). 1. Zwischenbericht zur Wertschöpfung. Arbeitsgruppe 4 – „Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung“, Fokusgruppe Wertschöpfung. Online verfügbar unter https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/10/npm-ag4-fg_wertschopfung-berichte-2019-zwischenbericht-2.pdf, zuletzt abgerufen am 18.01.2022.

Neißendorfer, Michael (2021). Toyota-Panasonic Batterie-Joint-Venture baut Fertigungskapazitäten auf. Online verfügbar unter <https://www.elektroauto-news.net/elektroautos/toyota-panasonic-batterie-joint-venture-baut-fertigungskapazitaeten-auf>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Nickel, Johannes (2020). Wechselwirkungen von Kosten- und Resilienzmanagement im Kontext produktorientierter Entscheidungen. Stuttgart.

Nitta, Naoki; Wu, Feixiang; Lee, Jung Tae; Yushin, Gleb (2015). Li-ion battery materials: present and future. Mater. In Materials Today Vol. 18 (5), S. 252–264.

NXP (2021). NXP Resumes Operations at Austin, Texas Facilities Following Weather-Related Shutdown and Provides Revenue Update. Online verfügbar unter <https://media.nxp.com/news-releases/news-release-details/nxp-resumes-operations-austin-texas-facilities-following-weather/>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

O’Carrol, Lisa; Topham Gwyn (2021). UK car industry says Brexit rules are denting competitiveness. Online verfügbar unter <https://www.theguardian.com/business/2021/oct/12/uk-car-industry-brexite-rules-smm-energy-prices-electric-vehicle>, zuletzt abgerufen am 03.11.2021.

Odette (2022). A network of automotive supply chain professionals. Online verfügbar unter <https://www.odette.org/who-are-we>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022

OICA – Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (2021). 2020 Production Statistics. Online verfügbar unter <https://www.oica.net/category/production-statistics/2020-statistics/>, zuletzt abgerufen am 02.07.2021.

Olle, Werner; Plorin, Daniel; Vogel, Dirk; Wächtle, Andreas et al. (2020). Elektromobilität trotz der Automobilkrise. Entwicklungen in Europa 2020–2025. Online verfügbar unter https://elcanetwork.eu/wp-content/uploads/2021/02/kurzfassung_studie_elektromobilitaet_entwicklungen-in-europa-bis-2025.pdf, zuletzt abgerufen am 21.06.2021.

Osusky, Linda (2021). Wie die EU Spanien zu Europas Lithium-Mine machen will. Online verfügbar unter <https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/wie-die-eu-spanien-zu-europas-lithium-mine-machen-will>, zuletzt abgerufen am 08.12.2021.

Paschek, Laurin; Winterhagen, Johannes (2019). Alles auf E. In: Automobil Produktion, S. 10–15. Online verfügbar unter https://www.automobil-produktion.de/files/content/_heft-archiv/apr/2019/vision-e/index.html#0, zuletzt abgerufen am 28.06.2021.

Porsche AG (2021a). Mut. Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht der Porsche AG 2020. Online verfügbar unter <https://newsroom.porsche.com/de/unternehmen/porsche-geschaefts-und-nachhaltigkeitsbericht-2020/porsche-strategie-2030.html>, zuletzt abgerufen am 04.07.2021.

Porsche AG (2021b). Porsche strebt für 2030 bilanzielle CO₂-Neutralität an. Online verfügbar unter <https://www.porsche.com/germany/aboutporsche/e-performance/magazine/co2-neutrality-2030/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Porsche AG (2021c). Porsche investiert in Fabrik für Hochleistungs-Batteriezellen. Online verfügbar unter <https://newsroom.porsche.com/de/2021/unternehmen/porsche-investition-fabrik-hochleistungs-batteriezellen-cell-force-group-gmbh-joint-venture-partner-customcells-24852.html>, zuletzt abgerufen am 04.07.2021.

Porter, Michael (1991). Nationale Wettbewerbsvorteile. Erfolgreich konkurrieren auf dem Weltmarkt. Droemer Knauer. München

PR Newswire Association LLC (2018). BYDs Supercar-Modelle machen ihr Debut auf Automesse in Peking, beeindruckt durch E-Plattformtechnologien. Online verfügbar unter <https://www.prnewswire.com/de/pressemitteilungen/byds-supercar-modelle-machen-ihr-debut-auf-automesse-in-pekings-beeindrucken-durch-e-plattformtechnologien-682230191.html>, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

Proff, Heike (Hrsg.) (2020). Neue Dimensionen der Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden.

Promberger, Markus. (2020). Resilienz: Was Organisationen und Regierungen aus der Corona-Krise lernen können. In: WSI-Mitteilungen 6/2020, S. 462–467.

Puffer, Walter (2007). Technisch-ökonomische Effizienz-betrachtungen für die Halbleiterfertigung. Dissertation, München.

Regionaldirektion Baden-Württemberg der Bundesagentur für Arbeit (2020). Der Arbeitsmarkt im Oktober 2020. Online verfügbar unter <https://www.arbeitsagentur.de/vor-ort/rd-bw/2020-67>, zuletzt abgerufen am 16.11.2020.

Renault (2021). Renault Group Brands – Renault Group. Online verfügbar unter <https://www.renaultgroup.com/en/our-company/our-brands/>, zuletzt abgerufen am 18.07.2021.

Renault Suisse SA (2021). Neue strategische Ausrichtung der Groupe Renault und ihrer Marken: Luca de Meo präsentiert Strategieplan „RENAULTION“. Online verfügbar unter <https://media.renault.ch/de/article/21296>, zuletzt abgerufen am 19.07.2021.

Reenas (2021). Notice Regarding the Semiconductor Manufacturing Factory (Naka Factory) Fire. Online verfügbar unter <https://www.reneas.com/us/en/about/press-room/notice-regarding-semiconductor-manufacturing-factory-naka-factory-fire>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

Robert Bosch GmbH (2009): Jahresabschluss zum Geschäftsjahr vom 01.01.2008 bis zum 31.12.2008. Online verfügbar unter <https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/suchergebnis?19>, zuletzt abgerufen am 25.02.2022.

Robert Bosch GmbH (2020a): Breite Aufstellung sichert hohes Umsatzniveau – widriges Umfeld belastet Ergebnis. Online verfügbar unter <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/geschaeftsjahr-2019-206656.html>, zuletzt abgerufen am 28.01.2022

Robert Bosch GmbH (2020b). Bosch Unternehmensgeschichte. Stuttgart. Online verfügbar unter https://assets.bosch.com/media/global/bosch_group/our_history/publications_ordering/pdf_2/bosch-geschichte_im_ueberblick.pdf, zuletzt abgerufen am 01.07.2021.

Robert Bosch GmbH (2021a): Shifting Paradigms. Geschäftsbericht 2020. Online verfügbar unter https://assets.bosch.com/media/global/bosch_group/our_figures/pdf/bosch-geschaeftsbericht-2020.pdf, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

Robert Bosch GmbH (2021b). In der Fabrik der Zukunft sind Mensch und Maschine ein Team. Online verfügbar unter <https://www.bosch.com/de/stories/fabrik-der-zukunft-half-leiterwerk-dresden/>, zuletzt abgerufen am 30.06.2021.

Robert Bosch GmbH (2021c). Vortrag von Martin Holtmannspötter zur Cybersecurity in der Supply Chain beim Zulieferertag Automobilwirtschaft BW am 17.11.2021 in Esslingen.

RKI und ECDC – Robert Koch Institut und European Centre for Disease Prevention and Control (2020). Aktuelle Statistik zu COVID-19 Infektionen, online verfügbar über <https://www.corona-in-zahlen.de/>, zuletzt abgerufen am 12.11.2020.

Roland Berger (2020a). Computer on wheels/Disruption in automotive electronics and semiconductors. München.

Roland Berger und fka (2019). E-Mobility Index 2019. München.

Rolls Royce plc. (2021): Annual Report 2020. Online verfügbar unter https://www.rolls-royce.com/~/_media/Files/R/Rolls-Royce/documents/annual-report/2020/2020-full-annual-report.pdf, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

Rossen, Anja; Roth, Duncan; Wapler, Rüdiger; Weyh, Antje (2020). Der Arbeitsmarkt erholt sich von der Corona-Krise regional sehr unterschiedlich. Nürnberg (= IAB-Kurzbericht 20/2020).

Roth, Stefan; Nikolla, Anton (2020). Vorgehen zur Erstellung einer Digitalisierungsroadmap für das Supply-Chain-Management. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 9/2020, S. 634–640.

Schaal, Sebastian (2021a) BMW geht von 50 Prozent BEV bis 2030 aus. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/05/12/bmw-geht-von-50-prozent-bev-bis-2030-aus/>, zuletzt abgerufen am 12.07.2021.

Schaal, Sebastian (2021b). Renault und Plug Power nennen Details zu H₂-Plänen. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/07/07/renault-und-plug-power-nennen-details-zu-h2-plaenen/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Schaal, Sebastian (2021c). Kommt der Renault 5 Prototype ab 2023 in Serie? In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/01/25/kommt-der-renault-5-prototype-ab-2023-in-serie/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Schaal, Sebastian (2021d). VW investiert weitere 100 Millionen Dollar in QuantumScape. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/04/05/vw-investiert-weitere-100-millionen-dollar-in-quantumscape/>, zuletzt abgerufen am 07.08.2021.

Schaal, Sebastian (2021e). BYD zeigt 800-Volt-Plattform – auch für Drittkunden. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/04/20/byd-zeigt-800-volt-plattform-auch-fuer-drittkunden/>, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

Scheuplein, Christoph (2011). An die Wertschöpfungskette gelegt. Die finanzgetriebene Restrukturierung in der deutschen Automobilindustrie und ihr Scheitern. In: PROKLA 1/2011, S. 49–66.

Schlütersche Fachmedien GmbH (2021). Elektro-Meilenstein bei Renault. Online verfügbar <https://www.fuhrpark.de/elektro-meilenstein-bei-renault>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Schrader, Klaus; Jessen-Thiesen, Levke (2021). Deutsche Arbeitsplätze und Brexit: Die Bedeutung des Exports nach Großbritannien für die Beschäftigung in den deutschen Bundesländern. In: Kiel Policy Brief, Nummer 219.

Schwarz-Kocher, Martin; Krzywdzinski, Martin; Korflür, Inger (Hrsg.) (2018). Standortperspektiven in der Automobilzulieferindustrie. Düsseldorf (= HBS Study 409).

Schwarz-Kocher, Martin; Pfäfflin, Heinz; Korflür, Inger; Löckener, Ralf; Vorderwülbecke, Arne; Mugler, Walter (2019). Entwicklung der Zulieferstandorte in Deutschland. In: Schwarz-Kocher, Krzywdzinski; Korflür (2019), S. 69–108. Stuttgart.

SDA – Strategiedialog Automobilwirtschaft Baden-Württemberg (ohne Jahr). Strategiedialog Automobilwirtschaft BW. Neue Struktur und Arbeitsweise. Herausgegeben vom Staatsministerium Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/SDA_BW/211018_SDA_Neue_Struktur_und_Arbeitsweise.pdf, zuletzt abgerufen am 21.01.2022.

SDA – Strategiedialog Automobilwirtschaft Baden-Württemberg (2021). Vierter Fortschrittsbericht. Herausgegeben vom Staatsministerium Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://stm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/SDA_BW/211028_SDA_Fortschrittsbericht_2021.pdf, zuletzt abgerufen am 07.12.2021.

Seils, Eric; Emmeler, Helge (2020). Die Folgen von Corona. Eine Auswertung regionaler Daten. Düsseldorf (= Policy Brief WSI 6/2020, Nr. 43).

SEMI (2021a). World Fab Forecast Report 2Q 21 Update. Milpitas. USA.

SEMI (2021b). Semiconductor Manufacturing Monitor. Milpitas. USA.

SH Webdienstleistungsgesellschaft mbH (2020). Sinkende Elektroauto-Subventionen in Kernmärkten setzen Tesla unter Druck. Online verfügbar unter <https://www.elektroauto-news.net/2020/sinkende-elektroauto-subventionen-kernmaerke-tesla-druck>, zuletzt abgerufen am 24.07.2021.

Shanghai Gasgoo Network Technologies Ltd. (2021). BYD's first e platform 3.0-based model named Dolphin. Online verfügbar unter http://autonews.gasgoo.com/new_energy/70018345.html, zuletzt abgerufen am 03.08.2021.

Silbernagel, Rainer; Stamer, Florian; Häfner, Benjamin; Linzbach, Johannes; Lanza, Gisela (2019). Kollaboration in globalen Wertschöpfungsnetzwerken. Datenbasierte Regelung kollaborativer Wertschöpfungsnetzwerke mittels geschützter Transparenz. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 5/2019, S. 314–317.

SMMT (2021). Europe and International Trade. Key Exports Data. Online verfügbar unter <https://www.smm.co.uk/industry-topics/europe-and-international-trade/key-exports-data/>, zuletzt abgerufen am 03.11.2021

Southwell, Hazel (2021). Why BMW Won't Build Its Own Gigafactory. As automakers rush ahead with a lithium-ion arms race, BMW is looking further ahead. Online verfügbar unter <https://www.thedrive.com/tech/40882/why-bmw-wont-build-its-own-gigafactory>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Specht, Michael (2019). Markenausblick Mercedes: Kein Modell mehr ohne Elektrifizierung. Online verfügbar unter <https://www.autohaus.de/nachrichten/autohersteller/markenausblick-mercedes-kein-modell-mehr-ohne-elektrifizierung-2709338>, zuletzt abgerufen am 11.07.2021.

Statistisches Bundesamt (2020a). Exporte und Importe von Kraftfahrzeugen/Landfahrzeugen (Zugmaschinen, Kraftwagen, Krafträder, Fahrräder) 2008–2019, Genesis-Online Datenbank 51000-0005, zuletzt abgerufen über www.destatis.de am 11.11.2020

Statistisches Bundesamt (2020b). Außenhandelsdaten, Tabellen 51000-0005 und 51000-0034, zuletzt abgerufen über www.destatis.de am 11.11.2020.

Statistisches Bundesamt (2020c). Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Bundesländer, Jahre, Tabelle 51000-0030. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=51000-0030&by-pass=true&levelindex=1&levelid=1643188082718#abread-crum>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022.

Statistisches Bundesamt (2020d): Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Warensystematik (Tabelle 51000-0005) und Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Bundesländer, Jahre, Warensystematik (Tabelle 51000-0034). Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1643188482047&code=51000#abreadcrumb>, zuletzt abgerufen am 25.01.2022.

Statistisches Bundesamt (2020e): Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Bundesländer, Jahre, Länder, Warensystematik (Tabelle 51000-0036). Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1643188482047&code=51000#abreadcrumb>, zuletzt abgerufen am 25.01.2022.

Statistisches Bundesamt (2021a). Bruttoinlandsprodukt für Deutschland 2020. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2021b). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen: Private Konsumausgaben und verfügbares Einkommen. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2021c). Außenhandel und Dienstleistungen der Bundesrepublik Deutschland mit dem Ausland. Integrierte Daten für den Berichtszeitraum 2016 bis 2020.

Statistisches Bundesamt (2021d). Herstellung von Batterien und Akkumulatoren (WZ08-27.2).

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020a). Statistische Berichte Baden-Württemberg, Produzierendes Gewerbe. Reihe E I 1-m, Monate Januar 2020 bis Mai 2021 2020. Online verfügbar unter https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020b). Statistische Berichte Baden-Württemberg, Produzierendes Gewerbe. Reihe E I 1-m, Monate Januar 2020 bis Mai 2021 2020. Online verfügbar unter https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020c): Südwest-Exporte im 1. Quartal 2020 leicht unter Vorjahresniveau. Pressemitteilung vom 19.05.2020. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2020113>, zuletzt abgerufen am 02.06.2022.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020d). Verarbeitendes Gewerbe in Baden-Württemberg. Jahresergebnis für Betriebe (Berichtskreis 50+). Serie E I 1-j. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Industrie/Konjunktur/>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021a). Neuzulassung von Kraftfahrzeugen in Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/KfzNeu.jsp>, zuletzt abgerufen am 31.10.2021.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021b). Außenhandelsdatenbank. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/HandelDienst/Aussenhandel/AH-EinAusfuhr-Waren-LR.jsp>, zuletzt abgerufen am 27.06.2021.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021c). Bruttoinlandsprodukt in Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.statistik-bw.de/GesamtwBranchen/KonjunktPreise/BIP_Q.jsp, zuletzt abgerufen am 02.07.2021.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021d): Erwerbstätige am Arbeitsort im Bundesvergleich 2020 nach Wirtschaftsbereichen. Online verfügbar unter https://www.statistik-bw.de/Arbeit/Erwerbstaetige/ET_wirtschSektoren.jsp, zuletzt abgerufen am 25.01.2022

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021e): Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/GesamtwBranchen/VGR/LRtBWSjewPreise.jsp>, zuletzt abgerufen am 25.01.2022.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021f): Verarbeitendes Gewerbe in Baden-Württemberg 2020 – Jahresergebnis für Betriebe (Berichtskreis 50+). Reihe E I 1-j/20 (2). Online verfügbar unter https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/352220001.pdf, zuletzt abgerufen am 26.01.2022.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2022a): Jahresergebnis der Betriebe im Berichtskreis 20+ im WZ 28 „Maschinenbau“, im WZ 29 „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ und insgesamt B+C „Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“. Sonderauswertung vom 25.01.2022.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2022b): Verarbeitendes Gewerbe in Baden-Württemberg. Monatsergebnisse im Berichtskreis 50+ für Juni, Juli, August, September, Oktober und November 2021. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Industrie/Konjunktur/>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022

Stegmaier, Gerd (2021). Volkswagen-Strategie mit SSP-Baukasten. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/vw-strategie-2030-new-auto-einheitszelle-software-e3-ssp-plattform/>, zuletzt abgerufen am 07.08.2021.

Stegmaier, Gerd; Harloff, Thomas (2021). Mercedes und Geely aus China entwickeln gemeinsam. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/mercedes-modular-architecture-mma-elektro-plattform-fuer-a-klasse/>, zuletzt abgerufen am 11.07.2021.

Schiermeyer, Matthias (2021): IG-Metall-Bezirkschef Roman Zitzelsberger: "Die Verbotsdebatte ist sinnlos." In: Stuttgarter Zeitung. Online verfügbar unter <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.ig-metall-bezirkschef-zitzelsberger-die-verbotsdebatte-ist-sinnlos.a3ebe0f4-8b87-4563-9aff-b061cd0f8d48.html>, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

Stuttgarter Zeitung (15.10.2021). Daimler lagert Pick-ups an Messe zwischen. Online verfügbar unter <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.ig-metall-bezirkschef-zitzelsberger-die-verbotsdebatte-ist-sinnlos.a3ebe0f4-8b87-4563-9aff-b061cd0f8d48.html>, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

Stüvel, Thorben (2020). Strategien bei der E-Plattformgestaltung zum Umgang mit der neuen Antriebsvielfalt. Online verfügbar unter https://www.schuh-group.com/site/assets/files/3326/strategien_bei_der_e-plattformgestaltung_2020-10-28.pdf, zuletzt abgerufen am 21.06.2021.

SupplyOn (2021). Sustainability. Lieferketten in einem globalen Lieferanten-Netzwerk nachhaltig gestalten und steuern. Online verfügbar unter www.supplyon.com/de/loesungen/sustainability, zuletzt abgerufen am 26.11.2021.

SWP – Südwestpresse (2021). Baden-Württemberg-Büro in der britischen Hauptstadt. Land setzt auf Präsenz in London. Online verfügbar unter <https://www.swp.de/weitere/baden-wuerttemberg-buero-in-der-britischen-hauptstadt-land-setzt-auf-praesenz-in-london-60570825.html>, zuletzt abgerufen am 08.12.2021.

Tagesschau (2022). Automarkt bricht 2021 weiter ein. Online verfügbar unter <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/konjunktur/auto-neuzulassungen-pkw-elektroauto-jahresbilanz-2021-101.html>, zuletzt abgerufen am 14.01.2022.

Tesla Germany GmbH (2021). Über Tesla. Tesla steht für eine Mission: Die Beschleunigung des Übergangs zu nachhaltiger Energie. Online verfügbar unter https://www.tesla.com/de_DE/about, zuletzt abgerufen am 24.07.2021.

Tesla, Inc. (2021). Annual report on form 10-K for the year ended December 31, 2020. Online verfügbar unter https://ir.tesla.com/flysystem/s3/sec/000156459021004599/tsla-10k_20201231-gen.pdf, zuletzt abgerufen am 24.07.2021.

Teslamag UG (2020a). Nächster Partner für XXL-Zellen von Tesla: Panasonic bereitet Prototyp-Produktion vor. Online verfügbar unter <https://teslamag.de/news/naechster-partner-tesla-xxl-zellen-panasonic-bereitet-prototyp-produktion-slinie-vor-30725>, zuletzt abgerufen am 25.07.2021.

Teslamag UG (2020b). Skateboard-Abschied: Tesla-Chef sieht wenig Zukunft für eigene Elektroauto-Innovation. Online verfügbar unter <https://teslamag.de/news/abschied-vom-skateboard-tesla-chef-wenig-zukunft-eigene-elektro-auto-innovation-30696>, zuletzt abgerufen am 25.07.2021.

Teslamag UG (2021). Boom in China, Rückgang in Europa: Wie sich die Tesla-Verkäufe 2020 zusammensetzten. Online verfügbar unter <https://teslamag.de/news/boom-china-rueckgang-europa-tesla-verkaeufe-2020-zusammensetzung-32973>, zuletzt abgerufen am 14.01.2022.

Toyota Deutschland GmbH (2019). Unternehmensporträt – Unternehmen. Online verfügbar unter <https://www.toyota-media.de/blog/unternehmen/seite-unternehmensportraet>, zuletzt abgerufen am 31.07.2021.

Toyota Motor Corporation (2019). Annual Report 2019. Online verfügbar unter https://global.toyota/pages/global_toyota/ir/library/annual/2019_001_annual_en.pdf, zuletzt abgerufen am 31.07.2021.

Toyota Motor Corporation (2020). Sustainability Data Book. Online verfügbar unter https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/sdb/sdb20_en.pdf, zuletzt abgerufen am 31.07.2021.

Toyota Motor Corporation (2021). United States Securities and Exchange Commission Washington, D.C. 20549 Form 20-F. Annual report pursuant to section 13 or 15(d) of the securities exchange act of 1934. Online verfügbar unter https://global.toyota/pages/global_toyota/ir/library/sec/20-F_202103_final.pdf, zuletzt abgerufen am 31.07.2021.

Toyota Motor Europe (2019). Toyota brings TNGA to small cars with new GA-B platform. Online verfügbar unter <https://newsroom.toyota.eu/toyota-brings-tnga-to-small-cars-with-new-ga-b-platform/>, zuletzt abgerufen am 01.08.2021.

UBA – Umweltbundesamt (2019). Freiwillige CO₂-Kompensation. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/freiwillige-co2-kompensation>, zuletzt abgerufen am 07.12.2021.

UNEP – UN Environment Programme (2021). Used Vehicles and the Environment. A Global Overview of Used Light Duty Vehicles: Flow, Scale and Regulation. Update and Progress 2021. Online verfügbar unter http://airqualityandmobility.org/usedvehicles/usedvehicles_updatereport2021.pdf, zuletzt abgerufen am 13.12.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (o. J.): Die Auswirkungen des Brexits auf die Automobilindustrie. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/aktuelles/top-themen/auswirkungen-des-brexit-auf-die-automobilindustrie>, zuletzt abgerufen am 26.01.2022.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2008). Standardbelieferungsformen der Logistik in der Automobilindustrie. Berlin (Empfehlungen: 5010).

VDA – Verband der Automobilindustrie (2020a). Anzahl der monatlich produzierten Pkw in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/aktuelles/zahlen-und-daten/monatszahlen>, zuletzt abgerufen am 18.11.2020.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2020b): Anzahl der Neuzulassungen Pkw in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/aktuelles/zahlen-und-daten>, zuletzt abgerufen am 17.11.2020.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2020c). Übertragung von Lieferabrufdaten per EDI mit EDIFACT von Kunden an Lieferanten. Version 2.2. Berlin (= VDA Verfahrensbeschreibung: 4984).

VDA – Verband der Automobilindustrie (2020d). Global DELIT (IT). Empfehlung VDA 4985 Teil 2. Berlin.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2020e). Datenübertragung von JIT-Abrufen. Version 2.2. Berlin (= VDA Verfahrensbeschreibung 4985).

VDA – Verband der Automobilindustrie (2020f). Jahresbericht 2020. Die Automobilindustrie in Daten und Fakten. Berlin.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021a). Deutscher Pkw-Markt noch weit von Vorkrisenniveau entfernt. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/210407-Deutscher-Pkw-Markt-noch-weit-von-Vorkrisenniveau-entfernt.html>, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021b). Europäischer Pkw-Markt bricht 2020 um ein Viertel ein. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/210119-Europ-ischer-Pkw-Markt-bricht-2020-um-ein-Viertel-ein.html>, zuletzt abgerufen am 05.07.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021c). Angesichts der Vorstellung eines Entwurfs für ein Lieferkettengesetz plädiert VDA-Präsidentin Hildegard Müller für eine europäische Regelung. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/vda/de/presse/Pressemeldungen/210212-Einheitliche-europ-ische-Regulierung-zu-Menschenrechten-in-Lieferketten-nun-zwingend>, zuletzt abgerufen am 24.11.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021d). Stellungnahme. Online verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Gesetze/Stellungnahmen/sorgfaltspflichtengesetz-vda.pdf;jsessionid=64E7BAAC8DC6C9C8022CCF11DFBB2703.delivery1-replication?_blob=publicationFile&v=2, zuletzt abgerufen am 24.11.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021e). Analysen zur Automobilkonjunktur 2020. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/dam/jcr:f08992df-82b5-4aa3-a101-b686101e0b55/Analysen%202021.pdf?mode=view>, zuletzt abgerufen am 21.05.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021f). Analysen zur Automobilkonjunktur 2020.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021g). Roadmap für die Automobilität der Zukunft. Grundstein einer Innovationspartnerschaft. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/aktuelles/publikationen/publication/roadmap-f-r-die-automobilit-t-der-zukunft>, zuletzt abgerufen am 06.12.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021h). Industrie und Politik im Dialog zur digitalen Zukunft der Automobilindustrie. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/vda/de/presse/Pressemeldungen/210302-Industrie-und-Politik-im-Dialog-zur-digitalen-Zukunft-der-Automobilindustrie>, zuletzt abgerufen am 29.11.2021.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021i). Zielbild Automobilproduktion. VDA 6000, Version 1.0. Berlin.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2021j). Daten Automobilwirtschaft. Berlin.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2022). Deutscher Pkw-Markt 2021: Erholung ausgebremst. Online verfügbar unter https://www.vda.de/vda/de/presse/Pressemeldungen/220105_Deutscher-Pkw-Markt-2021_Erholung-ausgebremst, zuletzt abgerufen am 15.02.2022.

VDW – Verband Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (2020). Marktbericht 2019. Frankfurt am Main.

VDE – Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (2020). Trends im Lithium-Ionen-Batteriemarkt. Essen.

VDE – Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (2021). Batteriezellfertigung für die Elektromobilität in Deutschland. Frankfurt am Main.

Vision Mobility (2019). Renault: Mit der CMF-Plattform in die Zukunft. Online verfügbar unter <https://vision-mobility.de/news/renault-mit-der-cmf-plattform-in-die-zukunft-4993.html>, zuletzt abgerufen am 19.07.2021.

Vogel, Dirk; Olle, Werner (2019). Umstieg auf Elektromobilität – die Strategien der Automobilhersteller. In: ATZ Extra 24 (S6), S. 24–27. DOI: 10.1007/s35778-019-0060-0.

Volkswagen AG (2018). Electric for all. ID. Workshop. Online verfügbar unter <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/id-workshop-electric-for-all-4193/download>, zuletzt abgerufen am 28.06.2021.

Volkswagen AG (2019). E-Mobilität – alle Fakten auf einen Blick. Online verfügbar unter <https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2019/09/the-future-lies-in-e-mobility.html>, zuletzt abgerufen am 28.06.2021.

Volkswagen AG (2021a). Volkswagen Konzern. Online verfügbar unter <https://www.volkswagenag.com/de/group.html>, zuletzt abgerufen am 27.06.2021.

Volkswagen AG (2021b). Die Zukunft in der Hand. Geschäftsbericht 2020. Online verfügbar unter https://www.volkswagenag.com/presence/investorrelation/publications/annual-reports/2021/volkswagen/Y_2020_d.pdf, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

Volkswagen AG (2021c). Volkswagen Konzern. Online verfügbar unter <https://www.volkswagenag.com/de/group.html>, zuletzt abgerufen am 27.06.2021.

Volkswagen AG (2021d). Strategie. Online verfügbar unter <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/strategie-3912>, zuletzt abgerufen am 28.06.2021.

Voswinkel, Themo; Kraut, Andreas, Krolle, Yannik (2018). Regionalisierung – die Zukunft der Produktion? In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 1–2/2018, S. 12–16.

Wagner, Kristin; Potters, Patrick; Leyendecker, Bert (2020). Verbreitungsgrad von Supply-Chain-Management-Methoden. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 5/2020, S. 314–317.

Wannenwetsch, Helmut (2021). Integrierte Materialwirtschaft, Logistik, Beschaffung und Produktion. Supply Chain im Zeitalter der Digitalisierung. Berlin, 6. Auflage.

Weigelt, Michael; Mayr, Andreas; Böhm, Ralf, Kühl, Alexander; Franke, Jörg (2018). Quo vehis, Elektromobilität? Aktuelle Treiber und Hindernisse der Mobilitätswende in Deutschland. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikplanung 1–2/2018, S. 59–63.

Weißborn, Stefan (2019). Toyota gibt 24.000 Patente aus Hybrid-Entwicklung frei. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2019/04/03/toyota-gibt-24-000-patente-aus-hybrid-entwicklung-frei/>, zuletzt abgerufen am 31.07.2021.

Werwitzke, Cora (2020a). Panasonic steigert Kapazität in Gigafactory 1 in Nevada. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2020/08/20/panasonic-steigert-kapazitaet-in-gigafactory-1-in-nevada/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Werwitzke, Cora (2020b). Toyota gibt Ausblick auf e-TNGA-Produktpalette. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2020/12/07/toyota-gibt-ausblick-auf-e-tnga-produktpalette/>, zuletzt abgerufen am 01.08.2021.

Werwitzke, Cora (2020c). China: BYD baut Batteriewerk mit 20 GWh in Bengbu. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2020/12/22/china-byd-baut-batteriewerk-mit-20-gwh-in-bengbu/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Werwitzke, Cora (2021a). Renault: Batterie-Deals mit Envision AESC und Verkor. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/06/28/renault-batterie-deals-mit-envision-aesc-und-verkor/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Werwitzke, Cora (2021b). Ford erhöht Budget für E-Mobilität um 8 Mrd. Dollar. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/05/27/ford-erhoeht-budget-fuer-e-mobilitaet-um-8-mrd-dollar/>, zuletzt abgerufen am 26.07.2021.

Werwitzke, Cora (2021c). Toyota skizziert Batterie-Roadmap bis 2030. In: electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2021/09/08/toyota-skizziert-batterie-roadmap-bis-2030/>, zuletzt abgerufen am 29.09.2021.

Wilbert, Fred; Eickenmeyer, Steffen (2019). Produktivitätserhöhung in der Automobilindustrie. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikplanung 11/2019, S. 740–743.

World Economic Forum (WEF) (2019). A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030. Genf. Schweiz.

Xu, Chengjian; Dai, Qiang; Gaines, Linda; Hu, Mingming; Tukker, Arnold; Streubing, Bernhard (2020). Future material demand for automotive lithium-based batteries. In Communications Materials 1/99.

Yılmaz, Ahmet; Kehrer, Mario (2020). Wie kommt die Batterie ins Elektroauto? Marktstudie der Lithium-Ionen-Batteriewertschöpfungskette im Hinblick auf Unternehmensstruktur, Logistikwege und -kosten. Online verfügbar unter <https://battery-news.de/index.php/2020/09/25/wie-kommt-die-batterie-ins-elektroauto-2/>, zuletzt abgerufen am 25.07.2021.

ZF – ZF Friedrichshafen AG (2021). Next Generation Mobility – den Wandel beschleunigen. Geschäftsbericht 2020. Aktualisierte Fassung vom 12.4.2021. Online verfügbar unter https://www.zf.com/master/media/de/corporate/m_zf.com/company/bonds_relations_/financial_reports/annual_report/2020_2/ZF_AnnualReport20.pdf, zuletzt abgerufen am 28.01.2022.

ZVEI (2019). Entwicklung der Halbleiterindustrie 2019. München.

ZVEI (2020a). Entwicklung der Halbleiterindustrie 2020. Frankfurt am Main.

ZVEI (2020b). Faktenblatt Wachstumsmarkt Batterien. Frankfurt am Main.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Automobilindustrie als Kunde des Werkzeugmaschinenbaus	16
Abbildung 2: Umsatzentwicklung ausgewählter Branchen des Verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg 2008–2020 .	17
Abbildung 3: Motive für Auslandsaktivitäten	18
Abbildung 4: Pkw-Exporte aus Deutschland nach Weltregionen 2020	20
Abbildung 5: Pkw-Exporte in westeuropäische Länder 2020	20
Abbildung 6: Pkw-Exporte aus Deutschland 2020 nach Volumen- und Premiumfahrzeugen	21
Abbildung 7: Exportüberschuss 2010 bis 2020, Deutschland und Bundesländer im Vergleich	22
Abbildung 8: Anteile von „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ sowie „Maschinenbau“ am Export 2019 im bundesdeutschen Vergleich	24
Abbildung 9: Die zehn wichtigsten Handelspartner Baden-Württembergs bei „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“: Anteile am Import 2019	26
Abbildung 10: Die zehn wichtigsten Handelspartner Baden-Württembergs bei „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“: Anteile am Export 2019	26
Abbildung 11: Der „Brexit“ und die Auswirkungen auf die Lieferkette	28
Abbildung 12: Anteil von Kraftwagen und Kraftwagenteilen am deutsch-britischen Warenaustausch seit dem „Brexit“-Referendum	30
Abbildung 13: Wertschöpfungsverluste bei zweimonatigem Lockdown im Vergleich der Bundesländer	43
Abbildung 14: Pkw-Produktion Deutschland 2019–2021	44
Abbildung 15: Pkw-Neuzulassungen in Deutschland (gelb) und Baden-Württemberg (blau) 2019–2021	46
Abbildung 16: Umsatz ausgewählter deutscher Automobilhersteller im internationalen Vergleich im 2. Quartal der Jahre 2015–2020	47
Abbildung 17: Umsatzentwicklung deutscher Automobilhersteller und ausgewählter Zulieferer im Vergleich der Jahre 2019 und 2020, nur Segmente Pkw/Automobil	48
Abbildung 18: Umsätze im Verarbeitenden Gewerbe, im Maschinenbau und in der Automobilindustrie Baden-Württembergs 2020 und 2021	49
Abbildung 19: Ausfuhren von „Maschinen“ und von „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ für Deutschland und Baden-Württemberg 2020 und 2021	50
Abbildung 20: Einfuhren von „Maschinen“ und von „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ für Deutschland und Baden-Württemberg 2020 und 2021	51
Abbildung 21: Beschäftigtenanteile in unterschiedlich durch Covid-19 betroffenen Wirtschaftsabteilungen	52
Abbildung 22: Geleistete Arbeitsstunden im Verarbeitenden Gewerbe, im Maschinenbau und in der Automobilindustrie Baden-Württembergs 2020 und 2021	54
Abbildung 23: Krisen und deren Auswirkungen im Vergleich: Vulkanausbruch Eyjafjallajökull am 20.03.2010	56
Abbildung 24: Krisen und deren Auswirkungen im Vergleich: Tōhoku-Erdbeben und Nuklearkatastrophe von Fukushima am 11.03.2011	57
Abbildung 25: Krisen und ihre Auswirkungen im Vergleich: Finanz-, Euro- und Schuldenkrise ab 15.09.2008	58
Abbildung 26: Die Coronakrise und ihre Auswirkungen im qualitativen Vergleich	59
Abbildung 27: Interviewleitfaden und Analyseraster	63
Abbildung 28: Erläuterung zur Darstellung der Interviewauswertung	64
Abbildung 29: Ursachen der Störung, Aussagen der Interviewpartner:innen	65
Abbildung 30: Resultierende Effekte der Störung, Aussagen der Interviewpartner:innen	66

Abbildung 31: Kurzfristig-operative Maßnahmen, Aussagen der Interviewpartner:innen	69
Abbildung 32: Langfristig-strategische Optionen, Aussagen der Interviewpartner:innen	71
Abbildung 33: Entwicklung der Marktanteile am Halbleiter-Umsatz, 2000–2020	79
Abbildung 34: Anteil einzelner Segmente am Halbleiter-Umsatz im Vergleich Welt und Europa, 2015–2020	79
Abbildung 35: Entwicklung der Marktanteile am Umsatz nach Hauptsitz des Unternehmens	81
Abbildung 36: Produktions- und Lieferkette für Halbleiter-Komponenten	82
Abbildung 37: Ausgewählte kritische Materialien, Anwendung und Abhängigkeiten	92
Abbildung 38: Entwicklung der weltweiten Nachfrage nach Batteriekapazitäten je Anwendungssegment, 2018–2030	95
Abbildung 39: Entwicklung der weltweiten Nachfrage nach Batteriekapazitäten je Region, 2020–2030	95
Abbildung 40: Übersicht über vorhandene und geplante Batterie-Produktionsstandorte und -kapazitäten in Europa	96
Abbildung 41: Entwicklung der Batterieproduktionskapazitäten nach Region, 2020–2030	97
Abbildung 42: Führende Batteriezellhersteller für Pkw-Anwendungen im Jahr 2020	98
Abbildung 43: Wertschöpfungskette „Batteriesystem“ zur Fahrzeuganwendung	99
Abbildung 44: Abhängigkeit von Produktions- und Lieferkapazitäten in unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette bei Batteriesystemen in Europa im Jahr 2018	101
Abbildung 45: Materialzusammensetzung aktueller Batteriekathoden im Vergleich	104
Abbildung 46: Zeitlicher Rahmen/Phasen der Produktionsvorbereitung in der Automobilindustrie	109
Abbildung 47: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Volkswagen	114
Abbildung 48: Fahrzeugplattformen der Marke Volkswagen	116
Abbildung 49: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Audi	118
Abbildung 50: Fahrzeugplattformen der Marke Audi	120
Abbildung 51: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Porsche	122
Abbildung 52: Fahrzeugplattformen der Marke Porsche	123
Abbildung 53: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke BMW	125
Abbildung 54: Fahrzeugplattformen der Marke BMW	126
Abbildung 55: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Mercedes-Benz	129
Abbildung 56: Fahrzeugplattformen der Marke Mercedes-Benz	130
Abbildung 57: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Renault	133
Abbildung 58: Fahrzeugplattformen der Marke Renault	134
Abbildung 59: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Tesla	136
Abbildung 60: Fahrzeugplattformen der Marke Tesla	137
Abbildung 61: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Ford	139
Abbildung 62: Fahrzeugplattformen der Marke Ford	140
Abbildung 63: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke Toyota	142
Abbildung 64: Fahrzeugplattformen der Marke Toyota	143
Abbildung 65: Produktportfolio und Modellvorschau der Marke BYD	145
Abbildung 66: Fahrzeugplattformen der Marke BYD	146
Abbildung 67: Komponentennetzwerk/Wertschöpfungsströme „Verbrennungsmotor“ des VW Golf 8	153
Abbildung 68: Komponentennetzwerk/Wertschöpfungsströme „Batteriesystem“ des VW ID.3	154
Abbildung 69: Komponentennetzwerk/Wertschöpfungsströme „Verbrennungsmotor“ der Mercedes-Benz S-Klasse	156
Abbildung 70: Komponentennetzwerk/Wertschöpfungsströme „Batteriesystem“ des Mercedes-Benz EQS	157

Abbildung 71: Basic und Extended Supply Chain Management	165
Abbildung 72: Material-, Informations- und Geldaustausch als Elemente der Wertschöpfungskette	167
Abbildung 73: Zeitlicher Zusammenhang von Lieferabruf und Anlieferung am Beispiel einer Just-in-Time-Lieferung	168
Abbildung 74: Entscheidungskriterien für die Auswahl des passenden Logistikkonzepts	169
Abbildung 75: Veränderte Zusammenarbeit in der Automobilindustrie	173
Abbildung 76: Mercedes-Benz Group, Standorte Pkw-Komponenten und Montage	181
Abbildung 77: Volkswagen (Marke), Standorte Pkw-Komponenten und Montage	182
Abbildung 78: Produktionszahlen ausgewählter Automobilhersteller 2002 und 2020 nach Regionen	183
Abbildung 79: Umsätze ausgewählter Zulieferer 2020 nach Regionen	184
Abbildung 80: Angekündigte bzw. getätigte Investitionen der 16 weltweit größten Autokonzerne zwischen 2010 und 2018 nach Zielländern	185
Abbildung 81: Google-Trends-Auswertung nach den Suchbegriffen „Resilienz“ (blau) und „Lieferkette“ (orange) für den Zeitraum vom 01.01.2004 bis 31.12.2021	191

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschäftigte, Umsatz und Exportquote für den Maschinen- und den Fahrzeugbau in Baden-Württemberg 2021 und 2019 in Unternehmen mit mehr als 50 Beschäftigten	15
Tabelle 2: Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes und der Wirtschaftszweige „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ sowie „Maschinenbau“ Baden-Württembergs im Jahr 2020 mit Anteilen des Auslandsumsatzes	19
Tabelle 3: Exportüberschuss und Anteile der Warengruppen „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ sowie „Maschinen“ in Deutschland und ausgewählten Bundesländern im Jahr 2019	22
Tabelle 4: Ausfuhren ausgewählter Bundesländer von „Maschinen“ und „Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ im Jahr 2019	23
Tabelle 5: Pro-Kopf-Umsatz und Exportquote im Verarbeitenden Gewerbe für Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen im Jahr 2019	25
Tabelle 6: Anteile deutscher Hersteller an der weltweiten Pkw-Produktion im Jahr 2020	31
Tabelle 7: Produktionszahlen ausgewählter Hersteller im In- und Ausland 2017, 2019 und 2020	32
Tabelle 8: Bedeutung der Beschäftigung in der Branche „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ in ausgewählten Ländern der EU 2018 und Beschäftigungswachstum 2011 bis 2018	34
Tabelle 9: Produktionsanteile für exemplarische Komponenten und ausgewählte Länder Europas	37
Tabelle 10: Exemplarische Darstellung einer Verlagerungsrechnung für die Produktion nach Osteuropa aus dem Jahr 2021	39
Tabelle 11: Übersicht neuer, modifizierter und nicht mehr notwendiger Komponenten nach Antriebskonzept	90
Tabelle 12: Unternehmensstrategie und -ziele in der Transformation sowie Innovationsstrategie und -ziele ausgewählter Hersteller im Vergleich	148
Tabelle 13: Produktstrategie und -ausrichtung sowie Plattformstrategien ausgewählter Hersteller im Vergleich	150
Tabelle 14: Technische Merkmale ausgewählter Fahrzeugplattformen im Vergleich	151
Tabelle 15: Wertschöpfungsstruktur und Lokalisierung im Komponentennetzwerk „Antriebsstrang gesamt“ der Modelle VW Golf 8 und ID.3 im Vergleich	154
Tabelle 16: Wertschöpfungsstruktur und Lokalisierung im Komponentennetzwerk „Antriebsstrang gesamt“ der Modelle Mercedes-Benz S-Klasse und EQS im Vergleich	157

Abkürzungsverzeichnis

ACEA	European Automobile Manufacturers' Association
AHK	Außenhandelskammer
AKM	Asahi Kasei Microdevices
B2B	Business to Business
BCC	Best-Cost Country
BEV	Battery Electric Vehicle
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BW	Baden-Württemberg
CASE	Connected, Autonomous/Automated, Shared, Electric
CATL	Contemporary Ampere Technology Limited
CDU	Christlich Demokratische Union Deutschlands
CLAR	Cluster-Architektur
CLAR-WE	Cluster-Architektur-Weiterentwicklung
CLEPA	European Association of Automotive Suppliers
CMF-B-EV	Common Module Family B-Segment Electric Vehicles
CMF-EV	Common Module Family Electric Vehicles
Co	Kobalt
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CRM	Customer Relationship Management
CSU	Christlich-Soziale Union in Bayern
DACH	Handels- und Wirtschaftsraum Deutschland, Österreich, Schweiz
DE	Deutschland
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
E/E	Elektrik/Elektronik
EATS	Elektronisches Antriebssystem
EBIT	Earnings Before Interests and Taxes
EC	European Commission
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EDI	Electronic Data Interchange
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
E-Mobilität	Elektromobilität
E-Motor	Elektromotor
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	Europäische Union
EVA	Electric Vehicle Architecture
Exp.	Expert:in

F&E	Forschung und Entwicklung
FAAR	Frontantriebs-Architektur
FAAR-WE	Frontantriebs-Architektur Weiterentwicklung
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
Fe	Eisen
GAU	Größter anzunehmender Unfall
GE1	Global Electrified
GP	Güterproduktion
GWh	Gigawattstunde
HEV	Hybrid Electric Vehicle
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
IAW	Institut für angewandte Wirtschaftsforschung
ICE	Internal Combustion Engine
IEA	International Energy Agency
IGBT	insulated-gate bipolar transistor
ILO	International Labour Organization
IoT	Internet of Things
IPCEI	Important Project of Common European Interest
IT	Informationstechnologie
IW	Institut der deutschen Wirtschaft
JIS	Just-in-Sequence
JIT	Just-in-Time
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
KI	Künstliche Intelligenz
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kWh	Kilowattstunde
LCC	Low-Cost Country
LFP	Lithium-Eisen-Phosphat
Li	Lithium
LiDAR	Light Detection and Ranging System
Li-Ion	Lithium-Ionen
Lkw	Lastkraftwagen
MEA	Modulare Elektro-Architektur
MEB	Modularer E-Antriebs-Baukasten
MFA	Modular Front Architecture
MHA	Mercedes High Architecture
MLB	Modularer Längsbaukasten
MMA	Mercedes Modular Architecture
MMA	Mercedes Modular Architecture

MMB	Modularer Mittelmotor-Baukasten
Mn	Mangan
MoM	Mittelstandsoffensive Mobilität
MQB	Modularer Querbaukasten
MRA	Modular Rear Architecture
MSA	Mercedes Sports Architecture
MSB	Modularer Standardantriebs-Baukasten
MSS	Modulares Sportwagensystem
MWh	Megawattstunde
NCA	Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid
NCM	Nickel-Kobalt-Mangan-Oxid
NdFeB	Neodym-Eisen-Bor
Nfz	Nutzfahrzeuge
Ni	Nickel
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
O	Sauerstoff
OEM	Original Equipment Manufacturer
OICA	Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles
P	Phosphor
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
Pkw	Personenkraftwagen
PPE	Premium Platform Electric
REEV	Range-extended Electric Vehicle
RKI	Robert Koch-Institut
SCR	Selective Catalytic Reduction
SDA	Strategiedialog Automobilwirtschaft Baden-Württemberg
SEA	Sustainable Experience Architecture
Si	Silizium
SiC	Siliziumkarbid
SKI	SK Innovation
SMART	Specific, Measurable, Achievable, Reasonable, Time-bound
SMMT	Society of Motor Manufacturers and Traders
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands
SSP	Scalable System Platform
SUV	Sports Utility Vehicle
SWP	Südwestpresse
TCO	Total Cost of Ownership
TLC	Total Landed Cost
TNGA	Toyota New Global Architecture
UBA	Umweltbundesamt
UK	United Kingdom



UKL	Untere Klasse
UN	Vereinte Nationen
UNEP	UN Environment Programme
USA	United States of America
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VDW	Verband Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken
VG	Verarbeitendes Gewerbe
VUCA	Volatil, ungewiss/unsicher, komplex, ambivalent/mehrdeutig
WEF	World Economic Forum
WLAN	Wireless Local Area Network
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure
WZ	Wirtschaftszweig
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Anhänge

Anhang 1: Beschäftigte der Automobilbranche im europäischen Vergleich

Beschäftigte in der Branche „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ in ausgewählten Ländern der EU in den Jahren 2018 und 2020, Wachstumsrate 2011 bis 2018.

Land/Region	Beschäftigte 2018	Anteil an EU-Beschäftigten 2018	Anteil an EU-Beschäftigten 2011	Beschäftigung 2011 zu 2018	Anteil Kfz-Beschäftigte an Beschäftigten des Landes 2018
EU 28	2.742.420	-	-	+22,5%	1,8%
Deutschland	919.002	33,5%	35,0%	+17,2%	3,0%
Frankreich	238.666	8,7%	10,0%	+6,5%	1,5%
Italien	177.908	6,5%	7,6%	+5,3%	1,2%
Spanien	161.721	5,9%	6,2%	+15,7%	1,3%
Österreich	38.873	1,4%	1,2%	+27,9%	1,3%
Bulgarien	23.836	0,9%	0,6%	+86,0%	1,2%
Vereinigtes Königreich	166.228	6,1%	5,8%	+28,9%	0,8%
Tschechische Republik	181.488	6,6%	6,6%	+23,0%	4,8%
Kroatien	2.910	0,1%	k. A.	k. A.	0,3%
Ungarn	101.908	3,7%	3,0%	+53,5%	3,6%
Polen	214.642	7,8%	6,9%	+39,4%	2,2%
Rumänien	194.787	7,1%	5,6%	+56,1%	4,8%
Slowenien	15.888	0,6%	0,6%	+22,6%	2,4%
Slowakei	80.963	3,0%	2,6%	+41,0%	4,9%

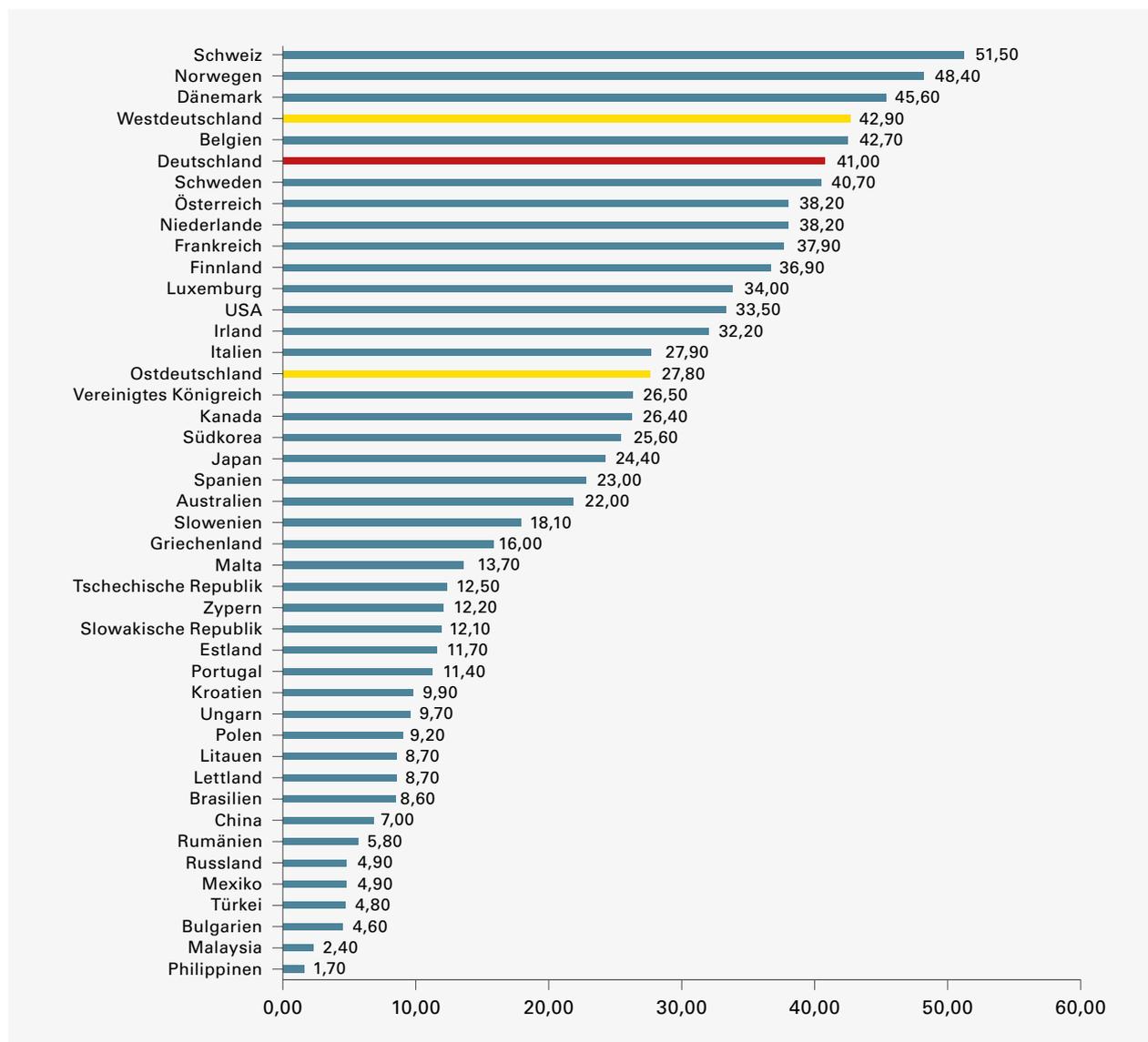
Quelle: Eurostat, 2020a; eigene Berechnungen

Tabelle A2: Bedeutung der Beschäftigung in der Branche „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ in ausgewählten Ländern der EU 2018 und 2011



Anhang 2: Vergleich der Arbeitskosten

Arbeitskosten in der Industrie 2018 im internationalen Vergleich, Kosten je Arbeitnehmer:in und Arbeitsstunde in EUR, die Angaben des IW liegen niedriger als die im Text angeführten Angaben des VDA.



Quelle: IW, 2019

Abbildung A1: Arbeitskosten in EUR/h im internationalen Vergleich

Anhang 3: Gestaltungsparameter für resilientere Lieferketten

Die betriebliche Resilienz kann mit verschiedenen Maßnahmen erhöht werden. Beispielhaft werden hier Gestaltungsparameter nach Nickel, 2020, angeführt.

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Fertigungssystem
+	Einzweckmaschine
++	Umrüstbare Einzweckmaschine/Mehrachsmaschine
+++	Bearbeitungszentrum
++++	Werkzeugmaschine mit CNC-Steuerung

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Lieferantenvertrag
+	Mindestabnahmeverpflichtung
++	Mindestabnahmeverpflichtung + Preisaufschlag für zusätzliche Mengen
+++	Rolling-Horizon-Contract

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Überkapazität
+	0 % freie Produktions- oder Personalkapazität
++	25 % freie Kapazität
+++	50 % freie Kapazität

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Sourcing-Strategie
+	Single Sourcing
++	Single Sourcing aus mehreren Fabriken
+++	Dual Sourcing (ggf. regional verteilt)
++++	Multiple Sourcing (ggf. regional verteilt)

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Umgang mit Störungen
+	Ad hoc, keine Verfahrensanweisung vorhanden
++	Managed, Verfahrensanweisungen sind etabliert
+++	Defined, Verfahrensanweisungen sind etabliert und mit Ressourcen in der Organisation hinterlegt

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Reichweite Lagerbestand
+	3 Produktionstage
++	10 Produktionstage
+++	20 Produktionstage

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Maschinenausfall
+	Maschine nur einfach vorhanden
++	Gegenseitige Unterstützung mit Lieferant/Konkurrent etabliert
+++	Maschine an einem anderen Unternehmensstandort verfügbar
++++	Ersatzmaschine am gleichen Standort verfügbar

Resilienz durch höhere Flexibilität	Gestaltungsparameter: Prozesswissen
+	Nur bei einer Person vorhanden
++	In Verfahrensbeschreibung/im Wissensmanagement abgelegt
+++	Bei mehreren Personen im Unternehmen vorhanden
++++	Bei mehreren Personen und im Wissensmanagement vorhanden

Entdecken Sie weitere Publikationen der e-mobil BW (Auswahl)



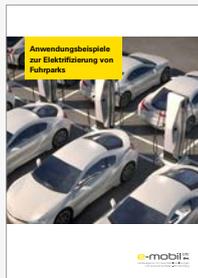
Analyse der aktuellen Situation des H2-Bedarfs und Erzeugungspotenzials in Baden-Württemberg

Die neue Studie der Plattform H2BW, die durch e-mobil BW koordiniert wird, analysiert, wie hoch der Wasserstoff-Bedarf und wie groß das Wasserstoff-Erzeugungspotenzial in Baden-Württemberg sind. Im Jahr 2035 werden 16,6 Terrawattstunden, also rund 550.000 Tonnen Wasserstoff, im Land benötigt.



Nachhaltige Logistik der Kurier-, Express und Paketdienste (KEP)

Die Gestaltung der urbanen Logistik gilt als eine der zentralen Herausforderungen der Mobilitätswende. Dieser Leitfaden soll kommunalen Vertreter:innen dabei helfen, den Weg zu einer nachhaltigeren Logistik zu gestalten sowie das Potenzial der "Verkettung" von innovativen Logistikkonzepten aufzeigen.



Anwendungsbeispiele zur Elektrifizierung von Fuhrparks

Diese Einführung bietet Anregungen und grundlegende Informationen für die Elektrifizierung von Fuhrparks. Anwendungsbeispiele veranschaulichen die Herausforderungen und Vorteile der Umstellung auf eine elektrische Flotte.



Wirtschaftsfaktor Ladeinfrastruktur – Potenziale für Wertschöpfung in Baden-Württemberg

Die Studie der e-mobil BW analysiert den Hochlauf der globalen Elektromobilität, leitet daraus die Entwicklungen des Ökosystems des öffentlichen und privaten Ladens ab und zeigt Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für Baden-Württemberg auf.



Vierter Fortschrittsbericht SDA BW

Der Strategiedialog Automobilwirtschaft BW zieht im Fortschrittsbericht 2021 eine Zwischenbilanz.



Systemvergleich Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug

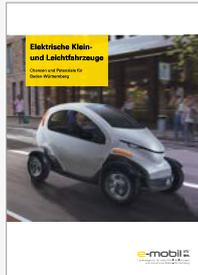
Die Studie der e-mobil BW analysiert Pro und Contra des Wasserstoffverbrennungsmotors (H2-Motor) und der Brennstoffzelle (H2-BZ) im Schwerlastverkehr.



Kompetenzatlas: Experten für neue Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg

Der Kompetenzatlas ist ein gemeinsames Nachschlagewerk des Clusters Elektromobilität Süd-West und des Clusters Brennstoffzelle BW. Er bietet wertvolle Einblicke in die "geballte Kompetenz" beider Cluster-Initiativen und unterstützt bei der Suche nach geeigneten Kooperationspartnern. Auch als e-Paper verfügbar:

www.e-mobilbw.de/fileadmin/epaper/kompetenzatlas2020



Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge – Chancen und Potenziale für Baden-Württemberg

Die e-mobil BW-Studie untersucht die verkehrlichen Chancen und ökonomischen Potentiale elektrischer Klein- und Leichtfahrzeuge (LEV). Es wird analysiert, unter welchen Bedingungen, LEV die verkehrliche Situation in baden-württembergischen Städten verbessern können und welche Wertschöpfungspotenziale in der Produktion von LEV liegen könnten.



Rohstoffe für innovative Fahrzeugtechnologien – Herausforderungen und Lösungsansätze

Ob in der Brennstoffzelle oder in der Batterie – für die Elektromobilität werden Rohstoffe mit begrenzter Verfügbarkeit benötigt. Die e-mobil BW-Studie nimmt eine vergleichende Analyse des Rohstoffbedarfs von BEV und FCEV vor und zeigt faktenbasiert Herausforderungen und Lösungswege auf.



Strukturstudie BW^e mobil 2019 – Transformation durch Elektromobilität und Perspektiven der Digitalisierung

Die Studie gibt Einblicke in aktuelle technologische Entwicklungen der Automobilwirtschaft und zeigt die Chancen und Herausforderungen, die sich durch Elektrifizierung und Digitalisierung eröffnen. Anhand zweier Szenarien werden der Strukturwandel und der Markthochlauf der Elektromobilität bis 2030 simuliert, davon ausgehend die Auswirkungen auf die Beschäftigung im baden-württembergischen Automobilcluster diskutiert. Zudem gib es Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche Gestaltung des Transformationsprozesses.



Mobilitätswandel vor Ort – Elektrifizierung und Digitalisierung der Mobilität in Städten und Gemeinden in Baden-Württemberg

Die Studie liefert für kommunale Entscheidungsträger und Macher einen praxisnahen und umfangreichen Handlungsleitfaden. Dabei werden Perspektiven und Potenziale des bevorstehenden Mobilitätswandels vor Ort aufgezeigt und unterschiedliche Kommumentypen betrachtet. Wichtige rechtliche Fragestellungen werden ebenso beleuchtet wie Kosten-Nutzen-Abwägungen und nützliche Praxisbeispiele.



Standortanalyse Japan – Automobilindustrie und zukünftige Mobilitätsinnovationen

Um die aktuelle Situation der japanischen Industrie sowie Chancen und Anknüpfungspunkte für baden-württembergische Akteure zur Zusammenarbeit mit der japanischen Automobilindustrie in verdichteter Form aufzuzeigen, dient diese Studie als Branchenfokus.

Erste Anlaufstelle für Zulieferer und Kfz-Gewerbe

Zusammen den Wandel der Automobilwirtschaft erfolgreich gestalten! Die Landeslotsenstelle Transformationswissen BW ist die zentrale Plattform für kleine und mittelständische Unternehmen der Zulieferer-

industrie und des Kfz-Gewerbes in Baden-Württemberg. Sie unterstützt Unternehmen dabei, sich so aufzustellen und zu positionieren, dass der Transformationsprozess zu einer innovativen und ökologischen Mobilität gelingt.

Sie haben viele Fragen? Wir helfen, die richtigen Antworten zu finden!



Persönliche Beratung

- kostenfreie und individuelle Lotsenberatung
- Beratungsgutschein „Transformation Automobilwirtschaft“



Online-Angebot

- Weiterbildungsangebote
- Förderinformationen
- Publikationsdatenbank
- Veranstaltungen



www.transformationswissen-bw.de

Gefördert durch:

Koordiniert durch:

Impressum

Herausgeber

e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue
Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg

Autor:innen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. –
Institut für Fahrzeugkonzepte
Benjamin Frieske, Alexander Huber

IMU Institut GmbH
Sylvia Stieler, Laura Mendler

Redaktion und Koordination der Studie

e-mobil BW GmbH
Dr. Wolfgang Fischer, Stephan Braun, Anja Krätschmer,
Isabell Knüttgen

Layout/Satz/Illustration

markentrieb
Die Kraft für Marketing und Vertrieb

Fotos

Umschlag © Visual Generation/AdobeStock
Die Quellennachweise aller weiteren Bilder befinden
sich auf der jeweiligen Seite.

Druck

Karl Elser Druck GmbH
Kißlingweg 35
75417 Mühlacker

Auslieferung und Vertrieb

e-mobil BW GmbH
Leuschnerstraße 45
70176 Stuttgart
Telefon +49 711 892385-0
Fax +49 711 892385-49
info@e-mobilbw.de
www.e-mobilbw.de

Genereller Hinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei
Personenbezeichnungen und personenbezogenen
Hauptwörtern in dieser Studie die männliche Form
verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne
der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter.
Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe
und beinhaltet keine Wertung.

Juni 2022

© Copyright liegt bei den Herausgebern

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.



www.e-mobilbw.de

e-mobil BW GmbH

Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und
Automotive Baden-Württemberg

Leuschnerstraße 45 | 70176 Stuttgart

Telefon +49 711 892385-0 | Fax +49 711 892385-49

info@e-mobilbw.de

