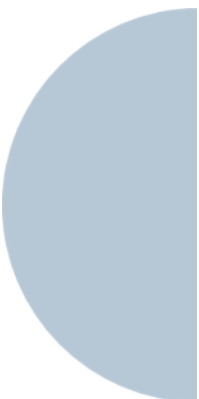
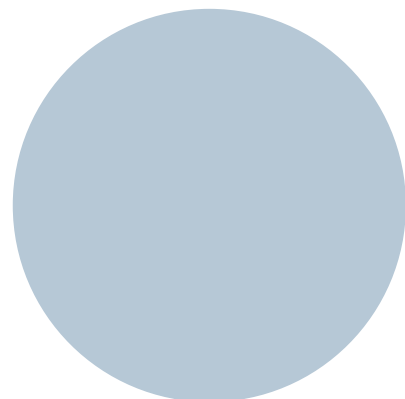
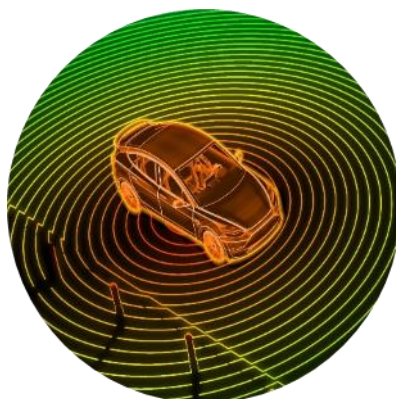
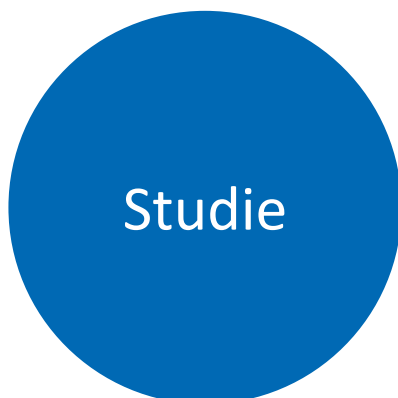


# Zukunft der Automobilwirtschaft in Nordrhein-Westfalen

## Status quo, Trends, Szenarien

Studie der IW Consult in Zusammenarbeit mit Fraunhofer IAO und  
automotiveland.nrw für das Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

26.02.2021



## Impressum

© 2021

IW Consult GmbH  
Konrad-Adenauer-Ufer 21  
50668 Köln  
Tel.: +49 221 49 81-758  
[www.iwconsult.de](http://www.iwconsult.de)

### Autoren

Dr. Karl Lichtblau  
Hanno Kempermann  
Cornelius Bähr  
Johannes Ewald  
Manuel Fritsch  
Enno Kohlisch (Patentanalyse)  
Benita Zink

Fraunhofer IAO  
Florian Albert  
Dr. Florian Herrmann  
Sebastian Stegmüller

Automotiveland.nrw  
David Bickenbach  
Thomas Lämmer-Gamp  
Stephan A. Vogelskamp

Bildnachweise  
Titelseite: Shutterstock

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Executive Summary</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Auftrag und Fragestellung</b> .....	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>Die Automobilwirtschaft im Umbruch</b> .....	<b>21</b>
3.1	Weltweit rückläufige Produktion.....	21
3.2	Rückläufige Produktion und Veränderung der Nachfrage in Deutschland.....	23
3.3	Verschärfung der Umweltregulierung .....	25
3.4	Neue Märkte durch veränderte Mobilität .....	28
3.5	Technologische Trends .....	33
<b>4</b>	<b>Globale Szenarien 2020 bis 2040</b> .....	<b>37</b>
4.1	Annahmen und Referenzfahrzeuge .....	38
4.2	Trendszenario .....	41
4.2.1	Methoden zur Erarbeitung globaler Szenarien.....	41
4.2.2	Menge und Struktur der Fahrzeuge.....	44
4.2.3	Überblick über die Entwicklung der Marktvolumina bis 2040.....	50
4.2.4	Marktvolumina nach Systemen .....	54
4.2.5	Marktvolumina nach Referenzfahrzeugen .....	59
4.2.6	Exkurs: Schwere Nutzfahrzeuge.....	61
4.2.7	Fazit.....	66
4.3	Alternative Szenarien.....	67
4.3.1	Progressives Szenario.....	67
4.3.2	E-Fuels-Szenario .....	72
4.3.3	Sharing-Szenario .....	74
4.3.4	Entwicklung der Sonstigen Systeme .....	76
4.4	Vergleich der Szenarien .....	77
<b>5</b>	<b>Die Automobilwirtschaft in NRW</b> .....	<b>79</b>
5.1	Die Methoden.....	79
5.1.1	Methoden zur Nutzung von Individualdaten.....	79
5.1.2	Methoden zur Erstellung regionaler Input-Output-Tabellen.....	83
5.2	Die Produktionsbereiche .....	84
5.2.1	Größe und Struktur .....	84
5.2.2	Regionalisierung der Automobilwirtschaft .....	93
5.2.3	Bedeutung im Wirtschaftskreislauf .....	95
5.3	Die Sales- und After-Market-Bereiche.....	97
5.4	Die Gesamtbetrachtung.....	100

<b>6</b>	<b>Risiko- und Potenzialanalyse .....</b>	<b>102</b>
6.1	Infrastruktur.....	104
6.2	Fachkräfte .....	105
6.3	Forschung und Entwicklung auf Unternehmensebene .....	107
6.4	Wissenslandschaft .....	118
6.5	Sozio-kulturelles Umfeld.....	121
6.6	Wirtschaftsfreundliches Umfeld.....	123
6.7	Zusammenfassende Bewertung der Standortbedingungen.....	124
<b>7</b>	<b>Zukunftsszenarien für NRW .....</b>	<b>129</b>
7.1	Basisszenario für NRW .....	130
7.1.1	Größe und Struktur in NRW .....	130
7.1.2	Regionale Unterschiede.....	132
7.1.3	Vergleich mit globaler Struktur.....	134
7.1.4	Ableitung des Basisszenarios für NRW .....	136
7.2	Mögliche Abweichungen im Trendszenario NRW .....	137
7.2.1	Potenzialszenario für NRW .....	138
7.2.2	Auslandsproduktionsszenario für NRW .....	145
7.2.3	Beschäftigungsszenario für NRW.....	147
7.3	Effekte alternativer globaler Szenarien .....	152
7.4	Vergleich und Bewertung der Szenarien .....	155
<b>8</b>	<b>Drei Handlungspfade für die Automobilwirtschaft der Zukunft in NRW.....</b>	<b>158</b>
8.1	Bei Antrieben der Zukunft Technologieoffenheit bewahren.....	159
8.1.1	Batterieelektrische Antriebe: Räume schaffen, Synergien heben.....	161
8.1.2	Wasserstofftechnologien: Markthochlauf organisieren.....	162
8.1.3	Synthetische Kraftstoffe: Weitere Entwicklung begleiten.....	163
8.1.4	Ökosystem „neue Antriebe“ etablieren.....	165
8.2	Digitalisierung der Mobilität beschleunigen.....	165
8.2.1	Potenziale der Fahrzeugautomatisierung in NRW entfalten .....	166
8.2.2	Potenziale der Fahrzeugvernetzung in NRW entfalten .....	167
8.2.3	Aufbau der Lade-Infrastruktur forcieren .....	169
8.2.4	Leistungsfähiges Startup-Ökosystem weiterentwickeln.....	170
8.3	Stärken der Automobilwirtschaft in NRW ausbauen.....	170
8.3.1	Rahmenbedingungen verbessern .....	172
8.3.2	Bestehende Kompetenzen in NRW vertiefen und weiterentwickeln.....	172
8.3.3	Kompetenzzentrum Automotive.NRW etablieren.....	173
8.3.4	Fonds für betroffene Unternehmen prüfen .....	174
8.3.5	KMU bei der Erschließung neuer Märkte unterstützen.....	174

**9 Literaturverzeichnis .....176**

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Drei Handlungspfade für NRW .....	18
Abbildung 3-1: Weltweite Produktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen .....	22
Abbildung 3-2: Mobilität als Erlebnis .....	28
Abbildung 3-3: Dienstleistungsanteile an der Automobilproduktion .....	33
Abbildung 3-4: Überblick über den automobilen Wandel nach Systemen und Referenzfahrzeugen ..	34
Abbildung 3-5: Stufen des automatisierten Fahrens .....	36
Abbildung 4-1: Fahrzeugtypen .....	38
Abbildung 4-2: Referenzfahrzeuge und betrachtete Systeme in den drei automobilen Megatrends .	40
Abbildung 4-3: Weltweite Produktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen .....	45
Abbildung 4-4: Strukturverschiebungen bei Antrieben bis 2040 .....	46
Abbildung 4-5: Strukturverschiebungen bei der Automatisierung bis 2040.....	48
Abbildung 4-6: Strukturverschiebungen bei der Vernetzung bis 2040 .....	50
Abbildung 4-7: Entwicklung des globalen Marktvolumens bis 2040 .....	53
Abbildung 4-8: Strukturverschiebungen im Weltautomobilmärkten 2020 bis 2040.....	54
Abbildung 4-9: Marktentwicklung bei Systemen im Bereich Antriebe bis 2040.....	57
Abbildung 4-10: Marktentwicklung nach Systemen bis 2040.....	58
Abbildung 4-11: Wandel der Antriebe bei Schwer- und Leichtfahrzeugen bis 2040 .....	65
Abbildung 4-12: Wandel der Automatisierungslevels bei Schwer- und Leichtfahrzeugen 2040.....	66
Abbildung 4-13: Entwicklung des Marktvolumens für Antriebe: Progressiv und Trendszenario .....	70
Abbildung 4-14: Entwicklung des Marktvolumens für Antriebe: E-Fuels-Szenario und Trendszenario	74
Abbildung 4-15: Entwicklung des Marktvolumens: Sharing-Szenario und Trendszenario .....	76
Abbildung 4-16: Alternative Entwicklungen des Marktvolumens: Sonstige Systeme .....	77
Abbildung 5-1: Zusammensetzung der Automobilwirtschaft .....	81
Abbildung 5-2: Regionale Bedeutung der Automobilwirtschaft NRW .....	90
Abbildung 5-3: Regionale Betroffenheit der Automobilwirtschaft NRW .....	92
Abbildung 5-4: Definition der Automobilregionen in NRW .....	93
Abbildung 6-1: Anteil der Kfz-Patente an den Patentanmeldungen.....	110
Abbildung 6-2: Kfz-Patentanmeldungen nach Branchenuntergruppen.....	111
Abbildung 6-3: Patentanmeldungen nach Technologiefeldern .....	113
Abbildung 6-4: Anteil der Kfz-Patente an den Patentanmeldungen.....	116
Abbildung 6-5: Patentanmeldungen im Automotive-Bereich nach Regionen.....	116
Abbildung 6-6: Kfz-Patentanmeldungen nach Branchenuntergruppe.....	117
Abbildung 6-7: Patentanmeldungen nach Technologiefeldern in NRW .....	118
Abbildung 6-8: Forschungseinrichtungen mit Automotive-Bezug in NRW .....	121
Abbildung 6-9: Standortbedingungen in NRW-Regionen und Bundesländern.....	126
Abbildung 7-1: Struktureffekt im Potenzialszenario NRW .....	142
Abbildung 7-2: Entwicklung der Marktvolumina bei steigender Auslandsproduktion .....	147
Abbildung 8-1: Drei Handlungspfade .....	159

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Weltweite Produktion von Fahrzeugen.....	23
Tabelle 3-2: Anzahl und Entwicklung der deutschen Automobilproduktion .....	24
Tabelle 3-3: Neuzulassungen nach Antriebsarten in Deutschland.....	25
Tabelle 3-4: Einschätzung von Umsatzpotenzialen angrenzender Märkte in NRW.....	32
Tabelle 4-1: Weltweite Neuzulassungen Fahrzeuge nach Antriebsarten .....	46
Tabelle 4-2: Weltweite Neuzulassungen Fahrzeuge nach Automatisierungslevel .....	47
Tabelle 4-3: Weltweite Neuzulassungen Fahrzeuge nach Vernetzungstechnologien .....	49
Tabelle 4-4: Marktvolumen nach Bereichen .....	51
Tabelle 4-5: Marktvolumina nach Systemen.....	55
Tabelle 4-6: Veränderung der Marktvolumina nach Systemen und Zeiträumen .....	56
Tabelle 4-7: Marktvolumina nach Referenzfahrzeugen .....	60
Tabelle 4-8: Veränderungen der Marktvolumina nach Referenzfahrzeugen .....	61
Tabelle 4-9: Weltweite Neuzulassungen: Schwere Nutzfahrzeuge nach Antriebsarten .....	62
Tabelle 4-10: Weltweite Neuzulassungen: Schwere Nutzfahrzeuge nach Automatisierungslevel.....	63
Tabelle 4-11: Weltweite Neuzulassungen: Schwere Nutzfahrzeuge nach Vernetzungstechnologien .	64
Tabelle 4-12: Veränderungen der Struktur der Antriebe im progressiven Szenario .....	68
Tabelle 4-13: Veränderungen des Marktvolumens bei Antrieben im progressiven Szenario .....	69
Tabelle 4-14: Veränderungen der Struktur der Antriebe im E-Fuels-Szenario .....	72
Tabelle 4-15: Veränderungen des Marktvolumens bei Antrieben im E-Fuels-Szenario .....	73
Tabelle 4-16: Veränderungen im Sharing-Szenario.....	75
Tabelle 4-17: Überblick über alternative Szenarien.....	78
Tabelle 5-1: Größe und Branchenstruktur der Automobilwirtschaft NRW.....	86
Tabelle 5-2: Regionale Bedeutung der Automobilwirtschaft NRW (NUTS-3-Ebene).....	88
Tabelle 5-3: Regionale Betroffenheit der Automobilwirtschaft NRW (NUTS-3-Ebene).....	91
Tabelle 5-4: Größe der Automobilwirtschaft NRW nach Regionen .....	95
Tabelle 5-5: Direkte und indirekte Effekte der Automobilwirtschaft nach Regionen.....	97
Tabelle 5-6: Katalytische Effekte der Automobilwirtschaft nach Regionen.....	99
Tabelle 5-7: Gesamteffekt der Automobilwirtschaft nach Regionen.....	101
Tabelle 6-1: Kenngrößen der Regionen im Vergleich.....	103
Tabelle 6-2: Qualität der Infrastruktur .....	104
Tabelle 6-3: Fachkräfteversorgung.....	106
Tabelle 6-4: Forschung und Entwicklung auf Unternehmensebene .....	108
Tabelle 6-5: Technologiebereiche und Anwendungsschwerpunkte .....	112
Tabelle 6-6: Wissenslandschaft .....	119
Tabelle 6-7: Sozio-kulturelles Umfeld .....	123
Tabelle 6-8: Wirtschaftsfreundliches Umfeld.....	124
Tabelle 6-9: Stärken und Schwächen nach Regionen im Vergleich zum NRW-Durchschnitt.....	128
Tabelle 7-1: Marktvolumina der Automobilwirtschaft nach Systemen in NRW .....	131
Tabelle 7-2: Marktvolumina der Automobilwirtschaft NRW nach Hauptsystemen und Regionen ....	134
Tabelle 7-3: Marktvolumina der Produktionsbereiche nach Systemen in NRW.....	135
Tabelle 7-4: Basisszenario NRW .....	137
Tabelle 7-5: Potenzialszenario NRW .....	139
Tabelle 7-6: Verteilung der Marktvolumina im Potenzialszenario.....	139
Tabelle 7-7: Vergleich zweier Szenarien: Potenzialszenario und Basisszenario .....	143
Tabelle 7-8: Potenzialszenario NRW nach Regionen.....	144
Tabelle 7-9: Beschäftigungseffekte der Transformation.....	151
Tabelle 7-10: NRW und seine Regionen im Basisszenario .....	152

Tabelle 7-11: NRW und seine Regionen im progressiven Szenario.....	153
Tabelle 7-12: NRW und seine Regionen im E-Fuels-Szenario .....	154
Tabelle 7-13: NRW und seine Regionen im Sharing-Szenario .....	155



# 1 Executive Summary

Die Automobilindustrie unterliegt derzeit weltweit einem tiefgreifenden Strukturwandel. Die Elektrifizierung, die Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung sind die wesentlichen Treiber dieser Entwicklung. „Was bedeuten diese Trends für Nordrhein-Westfalen?“, das ist die Kernfrage dieser Studie. Der Ausgangspunkt ist die Einschätzung der wahrscheinlichen globalen Entwicklung bis zum Jahr 2040 in Form von Szenarien, deren mögliche Auswirkungen auf Umsätze, Wertschöpfung und Beschäftigung auf Landesebene dargestellt werden. Davon ausgehend werden Handlungsempfehlungen formuliert, die es dem Land ermöglichen sollen, bestmöglich vom Wandel zu profitieren.

## Automobilwirtschaft im Umbruch

Die Automobilindustrie befindet sich weltweit in einem herausfordernden Umfeld. Die Produktion von Leichtfahrzeugen (PKW und leichte Nutzfahrzeuge) hatte 2017 weltweit mit 92,8 Millionen Einheiten einen vorläufigen Höhepunkt erreicht. 2019 wurden nur noch 87,4 Millionen Fahrzeuge produziert.

Insbesondere die Coronakrise hat im Jahr 2020 nochmals zu einem globalen Einbruch der Produktion auf voraussichtlich nur rund 74 Millionen Fahrzeuge geführt. In Deutschland wurden 2020 19,1 Prozent weniger Fahrzeuge neu zugelassen als noch im Vorjahr. An diesem Tiefpunkt startet die Zukunftsanalyse in dieser Studie.

Erschwerend kommt hinzu, dass die deutschen Automobilhersteller weltweit nach wie vor erfolgreich agieren, aber die Inlands- zugunsten der Auslandsproduktion fällt. Verschärfte Umweltregulierungen – mit dem aktuellen 55-Prozent-Ziel zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 – setzen neue Rahmenbedingungen und verschärfen den Anpassungsdruck für die Unternehmen in der gesamten Automobilwirtschaft. Die derzeitige Emissionsminderungsregulierung für den Automobilssektor beruht noch auf dem 40-Prozent-Ziel zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Sie sieht einen Flottengrenzwert von 95 gCO<sub>2</sub>/km nach dem WLTP-Testverfahren für die Jahre 2021 bis 2024 und weitere Reduktionsschritte in den folgenden Jahren vor. Die Entscheidung über eine mögliche Anpassung dieses Flottengrenzwerts steht noch aus.

Auf der anderen Seite entfalten sich durch den automobilen Wandel auch Chancen für die Branche. Der Markt mit batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen wird in den nächsten Jahren stark wachsen. Brennstoffzellen und synthetische Kraftstoffe befinden sich in der Entwicklung. Ihnen wird großes Zukunftspotenzial eingeräumt, auch wenn sie aktuell noch nicht wettbewerbsfähig sind. Die Systeme für hochautomatisiertes Fahren (Level 4) sind entwickelt, aber noch nicht im Einsatz. Fahrerloses Fahren (Level 5) wird in Pilotprojekten erprobt. Auch die Vernetzung der Fahrzeuge schreitet voran. Die hierdurch entstehenden neuen Möglichkeiten lassen neue Märkte entstehen. Dazu zählen der Bau und Betrieb von Ladesäulen, Cyber-Security-Lösungen, die Analyse von Fahrzeugdaten, die Entwicklung einer vernetzten Verkehrsinfrastruktur und digitaler Geschäftsmodelle wie beispielsweise Mobilitätsplattformen. Diese neuen – heute noch weitgehend nicht existenten – Märkte können nach den Ergebnissen der im Projekt durchgeführten Expertenworkshops deutschlandweit auf gut 121 Milliarden Euro Wertschöpfung im Jahr 2040 dimensioniert werden – auf Nordrhein-Westfalen könnten davon

entsprechend rund 15 Milliarden Euro entfallen. Das ist die zentrale Wachstumsperspektive der neuen klimafreundlichen und vernetzten Mobilitätssysteme.

### Globale Szenarien der Automobilwirtschaft

In der Studie wird die Entwicklung der Märkte für Leichtfahrzeuge bis 2040 untersucht. Dazu zählen Pkw und leichte Nutzfahrzeuge bis 7,5t Gesamtgewicht. In verschiedenen Szenarien werden die weltweit produzierten Stückzahlen und die Marktvolumina in den drei relevanten Systemen Elektrifizierung, Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung abgeschätzt, die den automobilen Strukturwandel maßgeblich prägen. Daneben werden die traditionellen Antriebe (Verbrennungsmotoren) und die Sonstige Systeme (Karosserie, Fahrwerk, Reifen, Interieur, Exterieur etc.) berücksichtigt. Für die einzelnen Systeme und die dazugehörigen Komponenten werden Mengen und Preise bis 2040 in Szenarien geschätzt.

Das Trendszenario geht von einem wenig dynamischen Wachstum der Fahrzeugproduktion in den nächsten 20 Jahren aus. Die Zahl der weltweit neu zugelassenen Fahrzeuge soll von 74,3 Millionen Einheiten (2020) auf 96,0 Millionen im Jahr 2040 ansteigen. Das ist ein Zuwachs von nur etwa 29 Prozent über 20 Jahre oder 1,3 Prozent pro Jahr. Zum Vergleich: Im Zeitraum der Jahre 2010 bis 2018 lag diese Wachstumsrate weltweit bei 3 Prozent. Der tiefgreifende Strukturwandel in der Automobilwirtschaft wird also nicht durch ein starkes Mengenwachstum flankiert, wodurch die Herausforderungen der Transformation steigen. Dieser flache Wachstumspfad spiegelt die großen Unsicherheiten wider, die mit dem radikalen Wandel zu neuen Antrieben eingehen. Die Umstellung von Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben hin zu elektrifizierten Antrieben bedarf an vielen Stellen im Gesamtsystem grundlegende Neuerungen und Weiterentwicklungen. Die hohe Adaption neuer Antriebe, die den Szenarien zugrunde liegt, muss erst bewältigt werden. Der Megatrend der Nachhaltigkeit gepaart mit einem Bedeutungsverlust individueller Mobilität bei Jüngeren und Wachstumsengpässen in den globalen Megacities erschweren es aktuell, das zukünftige Mobilitätsverhalten vorherzusagen. Viele Akteure in den Unternehmen der Automobilwirtschaft zeigen sich deshalb aktuell skeptisch bzgl. eines höheren Wachstumspfads, wie die Ergebnisse von Expertenworkshops im Rahmen dieser Studie belegen. Deshalb ist das Trendszenario vorsichtig konzipiert.

Entlang dieser eher niedrigen Wachstumsraten ist mit einem starken Strukturwandel hin zu elektrischen Antrieben zu rechnen. Der Anteil der neu zugelassenen Fahrzeuge mit traditionellem Verbrennungsmotor fällt von 95 Prozent (2020) auf nur noch rund 25 Prozent (2040). Batterieelektrische Fahrzeuge erhöhen ihren Anteil in diesem Zeitraum von aktuell 2 Prozent auf etwa 66 Prozent. Hybridfahrzeuge bleiben eine Übergangslösung; ihr Anteil steigt von 3 Prozent (2020) auf 13 Prozent (2030) und fällt dann wieder auf 5,5 Prozent bis 2040 zurück. Die Brennstoffzelle bleibt nach aktuellem Kenntnisstand im Bereich der Leichtfahrzeuge ein Nischenprodukt. Mit einer breiteren Markteinführung wird erst 2030 gerechnet. Der Anteil dieser Fahrzeuge soll 2040 auf globalem Niveau bei etwa 4 Prozent liegen. Das entspricht 3,8 Millionen Fahrzeugen.

In einem Exkurs wird die Entwicklung im Bereich der schweren Lkw analysiert. Dort wird die Brennstoffzelle eine wesentlich höhere Bedeutung als bei den Leichtfahrzeugen einnehmen. Bereits 2030 sollen weltweit 9 Prozent der neu zugelassenen Lkw mit dieser Technologie angetrieben werden. Der Anteil steigt bis 2040 auf 43 Prozent und übersteigt deutlich den Anteil batterieelektrischer Lkw (23 Prozent). Der europäische Automobilherstellerverband (ACEA) hat im Dezember 2020 die Losung ausgegeben, dass alle Lkw bis 2040 ohne Verbrennungsmotoren auskommen müssen, um bis 2050 CO<sub>2</sub>-Neutralität in der EU zu erreichen. Das bedeutet für den Infrastrukturausbau eine doppelte Herausforderung. Es muss gleichzeitig ein Energieversorgungssystem und ein Tankstellensystem für beide Antriebsarten aufgebaut werden.

Die Preise für batterieelektrische Antriebsaggregate fallen aufgrund der Stückkostendegression deutlich und werden ab 2025 niedriger sein als für traditionelle Verbrennungsmotoren. Die Kosten für Fahrzeugautomatisierungs- und -vernetzungssysteme werden aufgrund einer höheren Komplexität trotz Kostendegressionseffekte steigen. Grundlage zur Berechnung des Marktvolumens sind neben den geschätzten Stückzahlen Prognosen zu den Durchschnittspreisen von Fahrzeugen. Sie sollen ausgehend von rund 28.000 Euro (2020) pro Jahr mit 1,5 Prozent wachsen. Daraus errechnen sich globale Marktvolumina von 2,09 Billionen Euro (2020) und 3,57 Billionen Euro (2040). Insgesamt bedeutet das eine Zunahme von 71 Prozent oder um etwa 2,7 Prozent pro Jahr – in den Jahren 2016 bis 2020 lag das Wachstum bei 2,8 Prozent.<sup>1</sup> Der tiefgreifende Strukturwandel muss also auch bei einer wertmäßigen Betrachtung in einem wenig dynamischen Markt bewältigt werden.

Es gibt bei der Entwicklung der Marktvolumina bis 2040 große Unterschiede zwischen den Systemen. Für die Komponenten der traditionellen Antriebe bedeutet der Wandel einen Rückgang auf etwa 45 Prozent des Niveaus von 2020. Bei den Elektroantrieben ist dagegen mit einem Wachstum mit dem Faktor 15 zu rechnen. Die Volumina bei der Fahrzeugautomatisierung werden mit dem Faktor 3 und die bei der Vernetzung mit dem Faktor von rund 3,5 wachsen. Die Sonstigen Systeme verändern sich in etwa mit dem Gesamtmarkt – ihre Volumina sollen 2040 um 74 Prozent über dem Niveau von 2020 liegen. Eine Schlüsselrolle bei der Marktentwicklung nimmt die Batterie ein. Die Marktvolumina steigen von 10 Milliarden Euro (2020) auf 162 Milliarden Euro (2040). Dieses Plus von 152 Milliarden Euro gleicht die erwarteten Verluste bei den Verbrennungsmotoren (-146 Milliarden Euro) aus.

Die entwickelten Szenarien beinhalten begründete „Wenn-Dann-Aussagen“ und keine Modelle zur quantitativen Prognose der zukünftigen Entwicklung. Deshalb ist es wichtig, den Blick zu erweitern und auch alternative Entwicklungslinien zu berücksichtigen. Drei alternative Szenarien werden diskutiert:

- ▶ **Progressives Szenario:** In diesem Szenario wird unter sonst gleichen Bedingungen ein schnellerer Wandel hin zu batterieelektrischen Antrieben unterstellt. Im Jahr 2040 werden dann knapp 80 Prozent der Fahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb neu zugelassen; im Trendszenario waren es nur 66 Prozent. Das Marktvolumen der Antriebe ist aufgrund der oben beschriebenen Preiseffekte leicht rückläufig. Sie werden kumuliert zwischen 2020 und 2040 um 2,6 Prozent kleiner sein als im Trendszenario. Dieses stark batteriedominierte Szenario hat Realisierungschancen mit Blick auf die neuen CO<sub>2</sub>-Emissionsziele in der EU und den aktuellen Tendenzen in vielen Ländern, den Pkw mit reinen Verbrennungsmotoren zwischen 2025 und 2035 zu verbieten. Bremsend wirken der zu bewältigende Ausbau der Ladeinfrastruktur, die noch relativ geringen Reichweiten von Elektroautos, die Versorgung mit einer ausreichenden Menge an grünem Strom und die Versorgung mit kritischen Rohstoffen, wie Kobalt, Lithium, Nickel oder Graphit.
- ▶ **E-Fuels-Szenario:** Auch in diesem Szenario bleiben bis auf den Antriebsmix alle anderen Parameter des Trendszenarios erhalten. Die marktreife Entwicklung von synthetischen Kraftstoffen würde den Verbrennungsmotoren neue Chancen eröffnen und die Wettbewerbsvorteile Deutschlands sichern. In diesem Szenario werden im Jahr 2040 weltweit noch fast 53 Prozent der Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet sein – im Trendszenario ist es nur ein Viertel. Es werden insgesamt rund 2,4 Prozent höhere Marktvolumina bei den Antrieben als im Trendszenario erwartet. Damit dieses Szenario Wirklichkeit wird, müssen allerdings entweder Technologiesprünge bei der Herstellung passieren oder massive Anreizstrukturen im Steuersystem implementiert werden. Aktuell sind E-Fuels aufgrund hoher Kosten noch nicht wettbewerbsfähig.

---

<sup>1</sup> Der Wert Ausgangswert von 2016 ist der Studie vbw (2018) entnommen. Das Marktvolumen für diesen Wert wurde auf 1,89 Bio. Euro geschätzt.

- ▶ Sharing-Szenario: Hier wird erwartet, dass durch die zunehmende Bedeutung von neuen Mobilitätsdienstleistungen die Nachfrage nach Fahrzeugen zurückgeht und die Anteile der Fahrzeuge in den Automatisierungslevels 4 und 5 ansteigen. Im Jahr 2040 sollen weltweit nur noch 84,7 Millionen Einheiten produziert werden und damit 11,3 Millionen Fahrzeuge weniger als im Trendszenario.

### Größe und Struktur der Automobilwirtschaft in NRW

Bei der Abschätzung der Größe der Automobilwirtschaft in NRW wurde in der Studie methodisches Neuland betreten, indem Individualdaten der Unternehmen in der Automobilwirtschaft über Datenbanken, Web-Analysen auf Basis semantischer Modelle, Interviews mit großen Automobilzulieferern in NRW sowie manuell recherchiert wurden. Das hat im Vergleich zu statistischen Ansätzen bessere Ergebnisse bei der Identifikation von autorelevanten Unternehmen außerhalb der Kernbranche „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ (Wirtschaftszweig 29) sowie bei der kleinräumigen regionalen Zuordnung zur Folge. Zudem können so Aussagen darüber getroffen werden, welche Regionen innerhalb NRWs besonders vom Komponentenbau im Bereich der traditionellen Verbrenner geprägt sind.

Diese auf Mikroebene erhobenen Daten wurden mit der amtlichen Statistik abgestimmt und in diesen Rahmen konzeptionell schlüssig eingebettet. Die Größe der Automobilwirtschaft in NRW wird mit ihrem Produktionswert, ihrer Bruttowertschöpfung und ihrer Beschäftigung vermessen. Dabei werden drei Ebenen unterschieden:

- ▶ die direkten Produktionsbereiche, d. h. die Berücksichtigung aller Industrie- und Dienstleistungsbranchen, die unmittelbar der Herstellung von Fahrzeugen zuzurechnen sind,
- ▶ die indirekten Produktionsbereiche, die die Vorleistungskäufe dieser Unternehmen der Automobilwirtschaft in anderen Branchen berücksichtigen sowie
- ▶ die katalytischen Effekte aus dem Bereich Tankstellen sowie Verkauf und Reparatur von Fahrzeugen, die mittelbar mit dem „Wirtschaftskreislauf Auto“ verbunden sind, obwohl weder direkt noch indirekt zur Herstellung der Fahrzeuge beitragen.

Die daraus resultierenden direkten, indirekten und katalytischen Effekten werden mit Hilfen von Input-Output-Tabellen mit Multiplikatormodellen berechnet. Die Automobilwirtschaft in NRW umfasst demnach im Jahr 2019 direkt

- ▶ rund 195.000 Erwerbstätige (2,0 Prozent aller Erwerbstätige),
- ▶ eine Bruttowertschöpfung von 19,9 Milliarden Euro (3,1 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung) und
- ▶ einen Produktionswert von 57,9 Milliarden Euro (4,5 Prozent des gesamten Produktionswerts).

Die Automobilwirtschaft ist damit in NRW ein volkswirtschaftlich wichtiger Sektor. Dort finden gut 2 Prozent aller Erwerbstätigen in NRW ihren Arbeitsplatz. Sie erwirtschaften knapp 3,1 Prozent der Bruttowertschöpfung und 4,5 Prozent des Produktionswertes des Landes. Die Produktivität in der Automobilwirtschaft (Wertschöpfung je Erwerbstätigen) beträgt 102.200 Euro und liegt deutlich über dem NRW-Durchschnitt von 67.300 Euro.

Rechnet man die indirekten Effekte über die Vorleistungsverflechtungen hinzu, hängen

- ▶ rund 420.000 Erwerbstätige (4,4 Prozent),
- ▶ eine Bruttowertschöpfung 35,4 Milliarden Euro (5,5 Prozent) und
- ▶ ein Produktionswert von 91,2 Milliarden (7,1 Prozent)

in Nordrhein-Westfalen an der Automobilherstellung.

Hinzukommen katalytische Effekte (Reparaturwerkstätten, Handel etc.). Der Gesamteffekt aus direkten, indirekten und katalytischen Effekten beträgt dann

- ▶ rund 622.000 Erwerbstätige (6,5 Prozent),
- ▶ eine Bruttowertschöpfung 47,2 Milliarden Euro (7,3 Prozent) und
- ▶ einen Produktionswert von 110,3 Milliarden (8,5 Prozent).

Im bundesweiten Vergleich ist die Automobilwirtschaft in NRW eher klein – während im Durchschnitt direkt rund 5,6 Prozent gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung erwirtschaftet wird, sind es in NRW 3,1 Prozent. Auch ist die Bedeutung der Autoindustrie i.e.S. (WZ 29) in NRW kleiner als im Bundesdurchschnitt. In NRW trägt dieser Kernsektor 55 Prozent zur Wertschöpfung der Automobilwirtschaft bei, bundesweit sind es 78 Prozent. Die Automobilwirtschaft in NRW ist somit viel stärker auf Zulieferer außerhalb des WZ 29 konzentriert, weil hier die Endfertigung nicht so ausgeprägt stattfindet wie in anderen Bundesländern – mit Ford ist nur ein großer Hersteller in NRW ansässig.

Dabei wird die Struktur von kleinen und mittleren Unternehmen geprägt. Die Automobilwirtschaft in NRW ist stärker geprägt von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) als in anderen Regionen wie Bayern und Baden-Württemberg. Während in NRW nur gut 6 Prozent aller Unternehmen im WZ 29 mehr als 250 Beschäftigte haben, liegt der Wert in Bayern bei gut 10 Prozent und in Baden-Württemberg bei 12 Prozent.<sup>2</sup> Insbesondere bei den kleinen Unternehmen bis 9 Beschäftigte hat NRW einen höheren Anteil als andere Bundesländer. Mit 64 Prozent liegt er fast 8 Prozentpunkte höher als in Bayern. Damit ergeben sich auch spezifische Handlungsempfehlungen für die Politik in NRW, insbesondere KMU bei dem Wandel zu unterstützen.

Fällt die Automobilwirtschaft auf Landesebene zwar nicht übermäßig groß aus, ist sie doch für einzelne Teilregionen in NRW eine Schlüsselbranche. Die Automobilwirtschaft verteilt sich sehr ungleichmäßig – auf der einen Seite gibt es regionale Cluster von Unternehmen und auf der anderen Seite Regionen, in denen so gut wie keine Automobilunternehmen ansässig sind. Der gewählte methodische Ansatz erlaubt eine kleinräumige Aufschlüsselung der landesweiten Daten bis zur Kreis- oder Gemeindeebene. In der Studie werden sechs größere Automobilregionen unterschieden: das Bergische Städtedreieck, das Münsterland, Ostwestfalen-Lippe, Rheinland und Ruhrgebiet sowie Südwestfalen. Gemessen an den absoluten Niveaus bei Beschäftigung, Wertschöpfung oder Produktionswert ist mit Abstand das Rheinland die größte Automobilregion, weil hier insbesondere die Hauptverwaltung und das Stammwerk von Ford Deutschland in Köln ein hohes Gewicht haben. Relativ betrachtet ist Südwestfalen mit Abstand die Region mit der höchsten Automobildichte. 5,3 Prozent der Beschäftigten, 8,1 Prozent der Wertschöpfung und 10,9 Prozent der Produktionswerte hängen direkt am Auto. Auch unter Berücksichtigung der indirekten Effekte bleibt Südwestfalen die Autoregion Nr. 1 in NRW. So sind bei-

---

<sup>2</sup> vgl. Unternehmensregister der einzelnen Statistischen Landesämter (2020)

spielsweise 10,6 Prozent der Wertschöpfung in dieser Region direkt oder indirekt dem Auto zuzurechnen. Das ist mehr als doppelt so hoch wie im Münsterland – der Region mit der geringsten Dichte von Unternehmen aus dem Automobilbereich.

Auf regionaler Ebene sind insbesondere die beiden Kreise Olpe und Soest sowie der Märkische Kreis und der Oberbergische Kreis von der Automobilwirtschaft geprägt. Der direkte Beschäftigtenanteil in den vier Kreisen liegt zwischen 6,4 (Kreis Soest) und 9,9 Prozent (Kreis Olpe).

Hinzukommen katalytische Effekte. In den Bereichen Reparatur, Autohandel und Tankstellen gibt es gut 200.000 Arbeitsplätze in NRW. Das entspricht einem Anteil von 2,1 Prozent an allen Arbeitsplätzen. Deutschlandweit liegt dieser Anteil ähnlich hoch. An den Arbeitsplätzen hängen in NRW fast 12 Milliarden Euro Wertschöpfung und 19 Milliarden Euro Produktionswert.

### Risiko- und Potenzialanalyse für NRW

Die Automobilwirtschaft ist ein wichtiger Bestandteil der Wirtschaftsstruktur NRWs. Insbesondere die Regionen, in denen besonders viele Automobilunternehmen tätig sind, müssen exzellente Rahmenbedingungen bieten, damit die Unternehmen dem anspruchsvollen internationalen Wettbewerb standhalten können. Zudem bietet der automobiler Wandel Chancen in der Ansiedlung neuer (ausländischer) Werke, wie die Standortentscheidungen von Tesla (im brandenburgischen Grünheide südöstlich von Berlin), Svolt (in Überherrn im Saarland) und BASF (in Schwarzheide im südlichen Brandenburg) zeigen.

Vor diesem Hintergrund wurden die sechs Regionen in NRW hinsichtlich ihrer Standortbedingungen bewertet – erstens anhand der öffentlichen Statistik, zweitens anhand der Einschätzungen von 40 Experten aus Unternehmen und Institutionen im Land. Insgesamt hat NRW im Vergleich zu den wichtigen Vergleichsländern Bayern und Baden-Württemberg noch Aufholpotenzial. In einer Indexbetrachtung von 19 relevanten Indikatoren von der Forschungslandschaft über die Infrastruktur bis hin zur Fachkräfteversorgung erzielen die beiden südlichen Bundesländer Werte von 110,6 bzw. 118,6 Punkten. NRW kommt auf 92,7 Punkte – mit einer starken Streuung zwischen den Regionen. Während das Rheinland über 100 Punkte erzielt, erhalten Südwestfalen und Ostwestfalen-Lippe unterdurchschnittliche Punktwerte (80,3 bzw. 82,6).

NRW hat eine exzellente Wissenschaftslandschaft – Leuchttürme wie die RWTH Aachen auf Universitätsebene, aber auch Institute wie das Fraunhofer IML in Dortmund oder das Max-Planck-Institut für chemische Konversion in Mülheim an der Ruhr betreiben Forschung auf höchstem Niveau. Dort werden auch sehr gute Nachwuchskräfte ausgebildet – die aber dann tendenziell aus NRW abwandern. Aufholbedarf gibt es deshalb im Bereich der Fachkräfteversorgung. Aber auch die Straßen- und Digitalinfrastruktur in NRW und die Ausstattung mit wissenschaftlichen Instituten offenbart vor allem in Westfalen Potenzial.

Die Experten und Unternehmer waren sich einig: NRW hat insbesondere Vorteile in der Wissenschaftslandschaft und bei der Ausbildung. Deshalb ist das Land prädestiniert für anwendungsnahe Entwicklung, Pilotierungen und für die Produktion von Null- und Kleinserien. Neuansiedlungen größerer Produktionswerke werden unter den aktuellen Rahmenbedingungen vor allem wegen hoher Kosten nicht in NRW gesehen. Die ansässigen Automobilzulieferer haben nicht zuletzt aus diesem Grund – neben dem Marktmotiv – in den letzten Jahren auch vermehrt Produktion ins Ausland verlagert. Das zeigen auch die übergeordneten Zahlen. 2015 lag der Inlandsanteil der Produktion noch bei 37,7 Prozent in Deutschland. 2019 sind es nur noch 29,2 Prozent. Die Inlandsproduktion von deutschen Herstellern ist in diesem Zeitraum von 5,7 Millionen Fahrzeuge auf 4,7 Millionen Einheiten gefallen, während die Gesamtproduktion deutscher Hersteller von 15,1 auf 15,9 Millionen Fahrzeuge gestiegen ist.

Umso wichtiger ist es, die Standortbedingungen möglichst optimal zu gestalten und den Wandel eng zu begleiten, um die aktuellen Stärken weiter auszubauen und die Chancen auf den bestehenden und neuen Märkten nutzen zu können.

### NRW-spezifische Szenarien

Ein wesentlicher Teil der Studie ist die Formulierung NRW-spezifischer Szenarien. Die beruhen auf drei Säulen:

- ▶ den globalen Szenarien,
- ▶ der Verteilung der Marktvolumina auf klassische Antriebe, elektrifizierte Antriebe, Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung und den Sonstigen Systeme in NRW im Startjahr 2020 sowie
- ▶ Fortschreibung dieser Startlösung durch Rückgriffe auf Wachstumsraten aus der globalen Analyse.

Die Strukturdaten für NRW sind auf der Ebene von Unternehmen erhoben und recherchiert. Zwei Anpassungen sind dabei notwendig:

- ▶ Die Daten für die Größe der Automobilwirtschaft in NRW sind für das Jahr 2019 erhoben. Die Szenarioanalyse beginnt erst im Jahr 2020. Auf Basis vorliegenden Informationen wird davon ausgegangen, dass die Automobilproduktion in 2020 gegenüber Vorjahr um rund 10 Prozent zurückgegangen ist.
- ▶ In den Szenarien sind schwere Lkw und Sonderfahrzeuge nicht einbezogen. Diesen Märkten kann ein Anteil von 10 Prozent der Automobilwirtschaft zugerechnet werden, die entsprechend in Abzug gebracht wurden.

Nach diesen Korrekturen hat die Automobilwirtschaft in NRW (ohne indirekte und katalytische Effekte) für Leichtfahrzeuge im Jahr 2020 folgende Größe:

- ▶ Produktionswert: 46,9 Milliarden Euro
- ▶ Bruttowertschöpfung: 16,2 Milliarden Euro
- ▶ Beschäftigte: 158.000 Personen (im Sinne von geleisteten Arbeitsstunden)

Diese Daten sind Grundlage für die Berechnung der NRW-spezifischen Szenarien. Dabei wird ausgehend von dem globalen Trendszenario zunächst ein NRW-Basisszenario berechnet. Es wird unterstellt, dass sich das gesamte Marktvolumen der Automobilwirtschaft in NRW von 2020 bis 2040 mit der Wachstumsrate des Weltmarktes verändert – NRW wächst also mit der Weltmarktstruktur. Das bedeutet einen Zuwachs des Produktionswerts von knapp 46,9 Milliarden Euro auf 80,3 Milliarden Euro (+ 71 Prozent).

Dieser Wachstumspfad wird mit alternativen Entwicklungslinien verglichen. In dem NRW-Potenzialszenario wird unterstellt, dass sich NRW bis 2040 in jedem der fünf Systeme mit den spezifischen Wachstumsraten dieser Systeme verändert. Bei dieser Annahme beträgt das Marktvolumen im Jahr 2040 rund 98,0 Milliarden. Über die Jahre 2020 bis 2040 kumuliert sind die Marktvolumen in diesem Szenario um 14,6 Prozent höher als im NRW-Basisszenario. Das ist ein Strukturvorteil, der sich aus der spezifischen Verteilung der Startvolumina im Jahr 2020 in NRW im Vergleich zum Weltmarkt ergibt. Die Unternehmen in NRW sind stärker als der weltweite Durchschnitt heute auf wachstumsstarke Teile der Automobilwirtschaft konzentriert: In NRW entfallen

- ▶ 21,7 Prozent des Marktvolumens auf klassische Antriebe (weltweit: 23,9 Prozent)
- ▶ 5,7 Prozent auf Antriebe mit Elektrokomponente (weltweit: 1,5 Prozent)

- ▶ 1,9 Prozent auf die Automatisierung (weltweit: 4,6 Prozent)
- ▶ 0,9 Prozent auf die Vernetzung (weltweit: 4,6 Prozent)
- ▶ 69,9 Prozent auf Sonstige Systeme (weltweit 65,4 Prozent).

Insbesondere die höheren Anteile bei den Elektroantrieben begründen diesen positiven Struktureffekt. Er überkompensiert unterdurchschnittliche Anteile bei der Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung. NRW hat insgesamt ein wachstumsgünstiges Portfolio und ist per se gut für den automobilen Strukturwandel gerüstet. Dieser Struktureffekt ist in fünf von sechs untersuchten Regionen positiv. Nur das Ruhrgebiet hat keine wachstumsbegünstigende Ausgangsstruktur. Der Struktureffekt ist dort mit -5,3 Prozent negativ. Am größten sind die Strukturvorteile im Bergischen Städtedreieck (+36,1 Prozent), in Ostwestfalen-Lippe (26,2 Prozent) und im Münsterland (22,8 Prozent). Allerdings liegen hier Szenariorechnungen zugrunde, die davon ausgehen, dass NRW seine Startvorteile behält und im weltweiten Tempo mitwächst. Das ist nicht sicher und bedarf einer breiten wirtschaftspolitischen Flankierung und hohen Anstrengungen in den Unternehmen.

In einem weiteren Szenario werden die Effekte berechnet, die sich ergeben, wenn NRW den Wandel bei den Antrieben jeweils fünf Jahre früher vollzieht und sich damit auf die Wachstumsfelder fokussiert. Das hat zwar keine großen Auswirkungen auf die realisierbaren Marktvolumina, könnte aber strategische Vorteile bei der frühzeitigen Sicherung von Marktanteilen haben.

Neben dem Basisszenario und den beiden positiven Abweichungen wird im Rahmen der Studie auch ein Szenario mit weiter steigender Auslandsproduktion analysiert und die Beschäftigungseffekte durch den automobilen Wandel für die Automobilwirtschaft in NRW geschätzt. In den letzten Jahren ist der Auslandsproduktionsanteil der deutschen Industrie angewachsen. Setzt sich dieser Trend fort, ist mit einem weiteren Rückgang der Produktionswerte der Herstellung von Automobilkomponenten in NRW zu rechnen. Die Wachstumserwartungen aus dem Potenzial-Szenario würden dann nicht vollständig ausgeschöpft. Bei einer Fortschreibung der Auslandsproduktion aus dem Zeitraum 2012 bis 2018 würde das Marktvolumen in NRW im Jahr 2040 um 7,5 Prozent unterhalb des Niveaus ohne verstärkte Auslandsproduktion liegen. Bei einer Verdopplung der Auslandsproduktionsquote müsste ein Rückgang des Produktionswertes in NRW um 25 Prozent befürchtet werden. Anstatt 98 Milliarden Euro könnte dann im Jahr 2040 nur noch mit einem Marktvolumen von knapp 74 Milliarden Euro gerechnet werden. Nach heutigem Ermessen ist davon auszugehen, dass der Auslandsproduktionsanteil weiter steigen wird und deshalb nicht das gesamte zusätzliche Wachstum aus dem Potenzial-Szenario realisiert werden kann. Gegengesteuert werden kann mit Qualitätsverbesserungen bei den Standortbedingungen in Nordrhein-Westfalen und mit einer gezielten Exportstrategie.

Das Beschäftigungsszenario illustriert, dass der zukünftige Bedarf an Arbeitskräften in der Automobilwirtschaft in NRW an drei Faktoren hängt: Am Niveau der Produktion in NRW und damit am globalen Wachstum und den Marktanteilen der Unternehmen in NRW, an den spezifischen arbeitssparenden Effekten bei dem Wandel hin zur Elektromobilität und (sehr maßgeblich) an der Entwicklung der Produktivität. Wenn NRW seine Marktanteile hält und die Produktivität bis 2040 in etwa wie im Durchschnitt der letzten fünf Jahre wächst, ist mit einem Rückgang 2040 im Vergleich zu 2020 um 12 Prozent oder knapp 20.000 Beschäftigten zu rechnen. Bei einem Produktivitätswachstum, wie es im Durchschnitt der letzten zehn Jahre zu beobachten war, wäre mit einem Rückgang von 25.000 Arbeitsplätzen zu rechnen. Gleichwohl ist das Produktivitätswachstum Grundlage für hohe und steigende Löhne in der Branche sowie Voraussetzung für den Erfolg langfristiger heimischer Produktion.

Die bisher betrachteten NRW-spezifischen Szenarien setzen alle dem globalen Trendszenario auf. In der Studie finden sich auch eine Analyse auf Basis der anderen alternativen Szenarien. Sie bestätigen alle den positiven Struktureffekt des Landes. Wiederum gilt das mit Ausnahme des Ruhrgebietes für



alle anderen sechs untersuchten Regionen. Im Sharing-Szenario verlieren alle Regionen im Vergleich zum Trendszenario.

### Drei Handlungspfade für NRW

Die Ergebnisse legen nahe, dass insbesondere drei Handlungspfade beschritten werden sollten, um die Automobilwirtschaft in NRW bis 2040 zu stärken. Zunächst sollten die neuen Antriebe technologieoffen weiterentwickelt werden, um ein Ökosystem „neue Antriebe“ NRW zu etablieren. Damit können die Wachstumspotenziale, die im automobilen Wandel liegen, in NRW in hervorgehobenem Maße gehoben werden. Insbesondere mit Blick auf die Strukturvorteile bei der Elektromobilität und die exzellenten Voraussetzungen bei den Wasserstofftechnologien sind die Ausgangsbedingungen für den Markthochlauf erfolgversprechend. Diese müssen nun gezielt genutzt werden.

Zweitens bestehen große Marktpotenziale bei der Digitalisierung der Mobilität. Die Nutzung von Daten im Rahmen autonomen Fahrens, die neuen Entertainment- und Kommunikationsmöglichkeiten, die Vernetzung von Autos und Smart-City-Elementen, die neuen Infrastrukturen und nicht zuletzt die hohe Bedeutung von Cyber Security durch die umfassenden digitalen Interaktionen bieten ungeahnte Potenziale. NRW hat in Teilbereichen wie Cyber Security oder Maschinelles Lernen sehr gute Voraussetzungen, auf die es aufzusetzen gilt. Auch das bereits dynamische Startup-Ökosystem kann wertvolle Innovationsimpulse leisten und gleichzeitig weitere wachstumsstarke Gründungen unterstützen, um die Resilienz des Standorts NRW zu erhöhen.

Drittens müssen die bestehenden Stärken der NRWs ausgebaut werden und die Rahmenbedingungen verbessert weiter. Der Vergleich mit Ländern wie Bayern oder Baden-Württemberg zeigt, dass gezielte Investitionen in Bereiche wie die Schließung von Lücken in der Wissenslandschaft, die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur, die Ausbildung von (MINT)-Fachkräften oder die Stärkung der Lebensqualität eine Schlüsselrolle bei der Neupositionierung des Standortes spielen. So können die etablierten, erfolgreichen Unternehmen der Automobilwirtschaft in NRW gehalten werden und zu weiteren Investitionen ermutigt werden sowie neue Entwicklungs- und Produktionsstätten aus- und inländischer Automobilunternehmen und Startups angezogen werden.

Ein Fünftel der Beschäftigten in der Automobilwirtschaft in NRW arbeiten an der Herstellung von Komponenten des traditionellen Antriebsstrangs – und NRW ist überdurchschnittlich geprägt von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Damit bestehen auch große Herausforderungen für den Standort NRW, diese Unternehmen in der automobilen Transformation bestmöglich zu unterstützen. Dies kann erreicht werden durch eine Vielzahl von Maßnahmen, darunter die Unterstützung bei der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und die Übertragung der vorhandenen Kernkompetenzen auf neue Produkte und Märkte, bei der gezielten Suche nach Innovationspartnern, bei neuen Exporttätigkeiten und letztendlich auch bei der Sicherstellung der Finanzausstattung im Rahmen der Corona-Pandemie.

**Abbildung 1-1: Drei Handlungspfade für NRW**

Handlungsempfehlungen



Quelle: IW Consult

## 2 Auftrag und Fragestellung

Die Automobilbranche ist einem tiefgreifenden Wandel ausgesetzt. Es ändern sich nicht nur die Antriebstechnologien in fundamentaler Art und Weise, sondern die Fahrzeuge werden immer stärker automatisiert und vernetzt. Daraus folgen disruptive Änderungen bei der Herstellung und Nutzung von Automobilen. Durch das automatisierte und vernetzte Fahren entstehen vollkommen neue Märkte, die durch neue digitale Möglichkeiten getrieben werden.

In NRW sind einige Regionen stark automobilgeprägt. Die Unternehmen müssen in den nächsten Jahren den Spagat schaffen, hohe Investitionen in neue und unsichere Märkte zu tätigen und gleichzeitig dem aktuellen Kostendruck in vielen bestehenden Märkten standzuhalten. Aus der überdurchschnittlichen KMU-Prägung und den zusätzlichen finanziellen Belastungen durch die Corona-Pandemie erwachsen besondere Herausforderungen für den Automobilstandort NRW. Dafür müssen die Rahmenbedingungen exzellent ausgestaltet sein, um die Unternehmen bestmöglich bei dem Wandel zu unterstützen und sich attraktiv für Neuansiedlungen und Gründungen in den neu entstehenden Märkten zu positionieren.

Vor diesem Hintergrund lautete der Auftrag der Studie, die Zukunft der Automobilwirtschaft in NRW zu arrondieren. Dafür wird der Status quo der Bedeutung der Automobilwirtschaft ermittelt und die wichtigsten Trends im Rahmen der Dekarbonisierung, Fahrzeugautomatisierung und Fahrzeugvernetzung bis 2040 auf globaler Ebene abgeschätzt. Daraus ergeben sich automobiler Szenarien für NRW, die als Basis für die Entwicklung von drei zukünftigen Handlungspfaden dienen.

Die Studie wird auf vier empirischen Säulen begründet:

1. Die Studie setzt als erste Säule bei den globalen Szenarien an und ermittelt für 2040 verschiedene Szenarien, wie sich Antriebsarten und die Durchdringung von Automatisierungs- und Vernetzungskomponenten entwickeln werden. Neben dem Trendszenario, das die wahrscheinlichste Entwicklung abbildet, werden ein progressives Szenario (höhere und schnellere Durchdringung mit Elektromobilität), ein E-Fuels-Szenario (eine höhere Durchdringung von Verbrennungsmotoren mit synthetischen Kraftstoffen) und ein Sharing-Szenario (geringere Neuzulassungszahlen bei höherer Fahrzeugvernetzung) vorgestellt. Die Szenarien orientieren sich an Leichtfahrzeugen (Lfz, setzt sich zusammen aus Pkw und leichten Nutzfahrzeugen: Nfz). Zur Einordnung wird zusätzlich als Exkurs ein Lkw-Szenario auf globaler Ebene beschrieben. Die globalen Szenarien dienen als Basis für die Zukunftsszenarien in NRW, um die globalen Marktvolumen abschätzen zu können, die auf NRW heruntergebrochen werden.
2. In der zweiten Säule wird die Bedeutung der Automobilwirtschaft in NRW berechnet. Hierfür werden regionale Input-Output-Tabellen (IOT) erarbeitet, die Beschäftigungs-, Wertschöpfungs- und Produktionswerteffekte für NRW insgesamt und sechs Regionen innerhalb NRWs wiedergeben – für das Rheinland, das Ruhrgebiet, Süd- und Ostwestfalen, das bergische Städtedreieck und das Münsterland. Die Ergebnisse berücksichtigen Unternehmensdaten auf Mikroebene, um die regionalen Unterschiede möglichst präzise messen zu können. Im Ergebnis werden die Größe und Struktur der Automobilwirtschaft in NRW dargestellt, unterteilt in einen

Produktions- und ein After-Market-Bereich. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Chancen für NRW mit Blick auf neue angrenzende Märkte gelegt, denen große Wachstumspotenziale attestiert werden, wie beispielsweise die Analyse von Fahrzeugdaten oder die Entwicklung von Mobilitätsplattformen. Zudem werden Regionen identifiziert, die in besonders hohem Maße vom traditionellen Antriebsstrang abhängig sind und dementsprechend exponiert bzgl. der automobilen Transformation erscheinen.

3. Die dritte Säule, um die Automobilwirtschaft in NRW umfassend beschreiben und analysieren zu können, ist eine Risiko- und Potenzialanalyse der sechs Teilregionen in NRW. Hierbei werden 15 relevante Indikatoren auf Ebene der Teilregionen analysiert, um die Rahmenbedingungen in NRW mit anderen wichtigen Automobilstandorten wie Bayern, Baden-Württemberg oder Niedersachsen verglichen werden. Berücksichtigung finden Indikatoren wie die digitale oder die Straßeninfrastruktur, die wissenschaftlichen Institute oder die Ausbildung, um abzuleiten, wie wettbewerbsfähig die Regionen positioniert sind.
4. Die vierte Säule verbindet die globalen Szenarien mit den Berechnungen zur Automobilwirtschaft in NRW, um verschiedene Zukunftsszenarien für NRW abzuleiten. Dabei werden unterschiedliche Wachstumspfade im Trendszenario und die Effekte der alternativen globalen Szenarien für NRW berechnet. Am Ende stehen eindeutige Entwicklungspfade bis 2040, je nachdem, wie sich der Wandel der Antriebstechnologien sowie der Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung vollziehen wird.

Alle vier empirischen Säulen münden in drei Handlungspfade für NRW, die als Maßgabe für die Entwicklung der Automobilwirtschaft NRW bis 2040 vorgeschlagen werden. Innerhalb dieser Felder werden konkrete Handlungsempfehlungen formuliert, die zur Stärkung und Zukunftssicherung des Automotive-Standorts NRW beitragen können.

# 3 Die Automobilwirtschaft im Umbruch

In diesem Kapitel werden einige grundlegende Trends und Hintergründe beschrieben, die die Basis für die globalen und NRW-spezifischen Szenarien in den Kapiteln 4 und 7 sowie die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen (Kapitel 8) bilden. Vorgestellt werden

- ▶ weltweite Daten bei der Fahrzeugproduktion,
- ▶ die relevanten Umweltregulierungen,
- ▶ die Veränderung der Märkte durch neue Mobilitätskonzepte sowie
- ▶ die wesentlichen technologischen Trends.

Die Ausführungen werden sehr knapp gehalten und dienen der Einordnung der verschiedenen Themen. Der Schwerpunkt der Analyse liegt bei den Leichtfahrzeugen (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge). Schwere Lkw und Sonderfahrzeuge werden in der gesamten Studie nur nachrichtlich erwähnt.

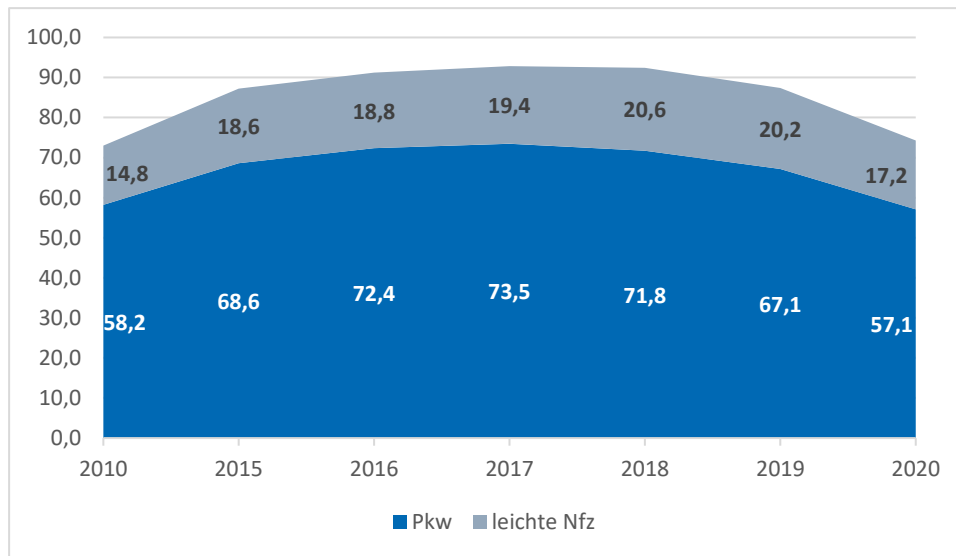
## 3.1 Weltweit rückläufige Produktion

Im Jahr 2019 wurden weltweit 67,15 Millionen Personenkraftwagen (Pkw), 20,23 Millionen leichte Nutzfahrzeuge (Nfz), 4,14 Millionen schwere Lkw und 271.000 Sonderfahrzeuge gebaut. In dieser Studie interessieren hauptsächlich die Leichtfahrzeuge (Pkw und Nfz). Davon wurden 87,37 Millionen Einheiten weltweit gebaut. Die Produktion war zuletzt wenig dynamisch oder derzeit sogar rückläufig (Abbildung 3-1):

- ▶ In den Jahren zwischen 2015 und 2019 ist die Zahl der neu zugelassenen oder neu produzierten Pkw um 0,5 Prozent pro Jahr gefallen. Im Zeitraum von 2010 bis 2015 war ein Wachstum von 4,2 Prozent pro Jahr zu beobachten. Der bisherige Höhepunkt der Pkw-Produktion lag im Jahr 2017 mit 73,5 Millionen Einheiten.
- ▶ Bei den leichten Nutzfahrzeugen war zwischen 2015 und 2019 mit 2,1 Prozent pro Jahr zwar ein Zuwachs zu beobachten. Die Wachstumsrate war aber deutlich kleiner als noch im Zeitraum 2010 bis 2015 (6,0 Prozent pro Jahr). Das bisherige „All-time-high“ lag bei den Nfz mit 20,6 Millionen Einheiten im Jahr 2018.
- ▶ Bei den Leichtfahrzeugen insgesamt liegt die Anzahl der produzierten Einheiten im Jahr 2019 auf dem Niveau von 2015. Es war also kein Wachstum zu verzeichnen. Im Zeitraum 2010 bis 2015 ist die Produktion im Jahresdurchschnitt um 4,6 Prozent gestiegen.

**Abbildung 3-1: Weltweite Produktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen**

Angaben in Millionen Fahrzeugen



Quelle: OICA, eigene Darstellung

Europa ist bei den Leichtfahrzeugen weltweit der zweitgrößte Produzent (Tabelle 3-1) – der Spitzenplatz ging 2019 an China mit 26,7 Millionen Fahrzeugen. Der Marktanteil Europas liegt bei 24 Prozent; im Jahr 2010 waren es allerdings noch 26,4 Prozent, verbunden mit dem Spitzenplatz. Der Gewinner ist China, das seinen Marktanteil von 21,7 Prozent (2010) auf 26,7 Prozent (2019) gesteigert hat. Die USA konnten ihren Marktanteil von 2010 bis 2015 leicht ausbauen. Das lag vor allem an der dynamischen Entwicklung von leichten Nutzfahrzeugen in den USA.

Der größte Produzent von Pkw ist mittlerweile China. Der Marktanteil beträgt 2019 rund 31,8 Prozent. Es folgen Europa (27,9 Prozent, darin Deutschland mit 6,9 Prozent), Japan (12,4 Prozent), Indien (5,4 Prozent) und Südkorea (5,4 Prozent). Bereits mit größerem Abstand nehmen die USA mit einem Marktanteil von 3,7 Prozent nur den sechsten Platz ein.

Europa hat im Pkw-Segment in dem betrachteten Zeitraum seinen Marktanteil fast gehalten. Er ist von 29,6 Prozent (2010) auf 27,9 Prozent nur leicht gefallen. Deutschland hat in dieser Zeit größere Marktanteile verloren. Der Anteil fiel von 9,5 Prozent (2010) auf 6,9 Prozent (2019). Stärker eingebrochen ist die Produktion in den USA. Der Marktanteil der dortigen Produzenten fiel von 14,1 Prozent (2010) auf 10,4 Prozent (2019). Der Gewinner ist China mit einem Anstieg der Produktionsanteile von 23,9 Prozent (2010) auf 31,8 Prozent (2019).

Bei den leichten Nutzfahrzeugen ist die Situation etwas anders. Besonders dynamisch haben sich die Märkte in den USA entwickelt. Der Marktanteil ist von 51,4 Prozent (2010) auf 61,3 Prozent gestiegen. Der Grund dafür ist die starke Nachfrage nach leichten Trucks in den USA. Europa hat in diesem Segment Marktanteile verloren. Für Deutschland gibt es seit 2015 dazu keine Daten mehr.

**Tabelle 3-1: Weltweite Produktion von Fahrzeugen**

Pkw und Nfz

	2010	2015	2019
<b>Alle (Mio. Stück)</b>	<b>73,0</b>	<b>87,2</b>	<b>87,4</b>
Anteile in Prozent			
Europa	26,4	24,0	24,0
D	7,9	6,9	5,6
USA	21,7	23,3	22,2
China	21,7	26,3	26,7
Rest	30,2	26,4	27,1
<b>Pkw (Mio. Stück)</b>	<b>58,2</b>	<b>68,6</b>	<b>67,1</b>
Anteile in Prozent			
Europa	29,6	27,0	27,9
Deutschland	9,5	8,3	6,9
USA	14,1	13,7	10,4
China	23,9	30,8	31,8
Rest	32,4	28,5	29,9
<b>Nfz (Mio. Stück)</b>	<b>14,8</b>	<b>18,6</b>	<b>20,2</b>
Anteile in Prozent			
Europa	13,8	12,9	11,1
Deutschland	1,6	1,7	-*
USA	51,4	58,9	61,3
China	13,2	9,6	9,9
Rest	21,6	18,6	17,6

\* Für Deutschland werden seit 2017 keine Zahlen mehr für Nfz ausgewiesen.

Nfz teilweise mit schweren Lkw und Bussen

Quelle: OICA (2020)

## 3.2 Rückläufige Produktion und Veränderung der Nachfrage in Deutschland

Ein wesentlicher Trend in der deutschen Automobilindustrie sind die rückläufigen Stückzahlen und Anteile bei der Inlandsproduktion:

- ▶ Deutsche Unternehmen produzierten im Jahr 2019 weltweit 15,9 Millionen Einheiten. Im Jahr 2015 waren es 15,1 Millionen und im Jahr des Produktionshöhepunktes 2017 waren es 16,5 Millionen Fahrzeuge.
- ▶ Die Produktion der deutschen Hersteller hat sich besser entwickelt als weltweit. Der Index (2015 = 100) lag 2019 bei 105,3, weltweit aber nur bei 100,2. Der deutsche Marktanteil ist daher leicht gestiegen. In der Hauptsache liegt das an dem Absatz in China.

Gleichzeitig ist aber eine sehr starke Strukturverschiebung von der Inlands- zur Auslandsproduktion zu beobachten. Im Jahr 2015 lag der Inlandsanteil noch bei 37,7 Prozent, 2019 waren es nur 29,2 Prozent.

Die Inlandsproduktion ist sogar gefallen. Im Jahr 2015 wurde 5,7 Millionen Fahrzeuge von deutschen Herstellern in Deutschland produziert, 2019 waren es nur 4,7 Millionen Einheiten. Das sind rund 18 Prozent weniger als noch 2015.

Insgesamt zeigen diese Daten einen eindeutigen Trend zur Internationalisierung der Produktion deutscher Autohersteller.

**Tabelle 3-2: Anzahl und Entwicklung der deutschen Automobilproduktion**

Anzahl in Millionen Einheiten; Entwicklung Index (2015 = 100)

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Fahrzeuge in Mio. Einheiten</b>					
Welt	87,2	91,2	92,8	92,4	87,4
Deutschland	15,1	15,8	16,5	16,3	15,9
Deutschland (Inland)	5,7	5,7	5,6	5,1	4,7
Deutschland (Ausland)	9,4	10,1	10,8	11,2	11,3
<b>Inland an Gesamt-D in Prozent</b>	<b>37,7</b>	<b>36,3</b>	<b>34,3</b>	<b>31,5</b>	<b>29,2</b>
<b>Entwicklung seit 2016</b>					
Welt	100	104,6	106,4	105,9	100,2
Deutschland	100	104,6	108,8	107,5	105,3
Deutschland (Inland)	100	100,7	98,9	89,7	81,7
Deutschland (Ausland)	100	106,9	114,8	118,2	119,6

Nur deutsche Hersteller; ohne Ford

Quelle: VDA (2020), eigene Berechnungen

Neben dem Trend zur verstärkten Auslandsproduktion hat in Deutschland die Transformation der Automobilindustrie auch bei den Zulassungen nach Antriebsarten zumindest begonnen. Das zeigen die Zulassungen für Pkw in Deutschland (Tabelle 3-3):

- ▶ Insgesamt sind die Zulassungen im Jahr 2020 rückläufig. Die Zahl der Zulassungen ist 2020 gegenüber dem Vorjahr um 19,1 Prozent gefallen. Dafür waren insbesondere die Corona-Pandemie, aber auch die nachlassende weltweite Autokonjunktur und Schwierigkeiten durch die Umstellung auf den WLTP-Prüfzyklus in 2018 verantwortlich.
- ▶ Gleichzeitig ist aber ein Wandel hin zu elektrifizierten Antrieben zu beobachten. Fahrzeuge mit Hybridantrieb (+120,6 Prozent im Vergleich zum Vorjahr) erreichten einen Anteil von 18,1 Prozent aller Neuzulassungen, darunter die Plug-in-Hybride (+342,1 Prozent) einen Anteil von 6,9 Prozent. Batterieelektrische PKW (+206,8 Prozent) wiesen einen Anteil von 6,6 Prozent aus.

Dieser Trend wird von den deutschen Herstellern getrieben. Ihr Anteil der Elektrofahrzeuge an den Zulassungen in Deutschland ist von 1,8 Prozent (2019) auf 12,4 Prozent (2020) gestiegen, bei einem gesamten Marktanteil für Elektrofahrzeuge von 13,5 Prozent. Der Anteil von Elektrofahrzeugen ausländischer Hersteller blieb also konstant bei 1,1 Prozent.



**Tabelle 3-3: Neuzulassungen nach Antriebsarten in Deutschland**

Anzahl in 1.000 Einheiten; Anteile in Prozent

	2019	2020	Veränderung
Gesamt	3.607,3	2.917,7	-19,1%
Elektro	63,3	194,2	+206,8%
Plug-in-Hybrid	45,3	200,5	+342,1%
<i>Anteile</i>			
Elektro	1,8	6,7	+4,9 PP
Plug-in-Hybrid	1,3	6,9	+5,6 PP
Gesamt	3,1	13,6	+10,5 PP

Quelle: KBA (2021), eigene Berechnungen, PP = Prozentpunkte

### 3.3 Verschärfung der Umweltregulierung

Die Entwicklung der Treibhausgas (THG)-Emissionen im Straßenverkehr wird in der Europäischen Union auch über die Flottengrenzwerte des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes je Kilometer von Neufahrzeugen reguliert. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Neufahrzeugs wird über den für die Typenzulassung durchgeführten Verbrauchstest bestimmt. Erstens wurden die Grenzwerte verschärft und zweitens Veränderung des Messverfahrens implementiert, um den Realbetrieb besser abbilden zu können. Das erlaubt lediglich noch geringere Abweichungen nach oben als früher.

Die *Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure* (WLTP) gilt seit dem 1. September 2017 für die Typzulassung von Personenkraftwagen (Pkw) und kleineren leichten Nutzfahrzeugen in der EU. Seit dem 1. September 2018 gilt sie für die Erstzulassung von Neufahrzeugen. Für größere leichte Nutzfahrzeuge gelten der 1. September 2018 (Typzulassung) und der 1. September 2019 (Erstzulassung von Neufahrzeugen). Sie löst das bis dahin geltende Testverfahren (NEFZ) ab. Teil der WLTP ist der Prüfzyklus WLTC (*Worldwide Harmonized Light-Duty Test Cycle*), der den bis dahin verwendeten NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) von 1992 ablöst.

Der WLTP-Zyklus beruht auf realen Fahrdaten aus zwölf Ländern und drei Kontinenten und soll das tatsächliche Verbrauchsverhalten und den Schadstoffausstoß der Fahrzeuge realistischer abbilden. Die Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte ist Voraussetzung für die Typzulassung der Fahrzeuge. Die Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in vielen Ländern Grundlage der Kfz-Besteuerung und des CO<sub>2</sub>-Monitorings.

Die realistischere Abbildung der realen Kraftstoffverbräuche im Vergleich zum alten Testverfahren soll vor allem durch folgende Änderungen erreicht werden:

- ▶ Der neue Test dauert länger, enthält mehr und größere Beschleunigungsabschnitte und eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit. Dies bildet das Fahrverhalten realistischer ab.
- ▶ Es wird nicht nur die Serienvariante eines Fahrzeugs in der Grundausstattung getestet, sondern zusätzlich auch Ausstattungs- und Karosserievarianten. Sie haben in der Regel ein höheres Fahrzeuggewicht und einen höheren Rollwiderstand durch breitere Reifen. Es ergibt sich eine Bandbreite von spezifischeren Kraftstoffverbräuchen für die verschiedenen Fahrzeugvarianten.

- Für Europa wird ein zusätzlicher Testzyklus mit einer für die Außentemperaturen repräsentativeren niedrigeren Temperatur von 14 Grad Celsius durchgeführt. Dabei ist das Öl in Motor, Getriebe und Achskomponenten zähflüssiger.

Die Änderungen führen gleichzeitig zu rund 20 Prozent höheren Kraftstoffverbräuchen im Test. Der Test kann dennoch nicht alle individuellen Fahrsituationen abbilden.

Das Testverfahren gilt sowohl für Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotor als auch für Elektrofahrzeuge. Bei Plug-in-Hybriden wird ein Utility Factor (UF, Nutzenfaktor) bestimmt, der den Anteil der Fahrten repräsentiert, die rein elektrisch zurückgelegt werden. Bei einem reinen Elektrofahrzeug gilt ein UF von 100 Prozent, bei einem reinen Verbrennerfahrzeug ein UF von 0 Prozent.

Mit dem neuen Testverfahren steigt der Aufwand deutlich, weil der einzelne Prüfzyklus rund 50 Prozent mehr Zeit in Anspruch nimmt und weil mehrere Varianten eines Fahrzeugs getestet werden müssen. Der VDA schätzt den Aufwand insgesamt auf das Doppelte. Zum Zeitpunkt der Einführung der WLTP-Zertifizierung für die neu zugelassenen Fahrzeuge (1. September 2018) konnten nicht alle Hersteller für alle Modelle eine entsprechende Zertifizierung vorweisen. Dies führte anschließend zu einer Verlängerung der Lieferzeiten und dementsprechenden Rückgang der Neuzulassungen, weil Fahrzeuge dieser Typen nicht zugelassen werden durften. In den Absatzzahlen machen sich aber auch entsprechende Nachholeffekte zu Beginn des Jahres 2019 positiv bemerkbar.

Die Einführung des neuen Testverfahrens mit den höheren gemessenen Verbräuchen resultiert ohne Anpassung der nominellen Grenzwerte (in Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer) zu einer Verschärfung der Grenzwerte. Für den Zeitraum von 2015 bis 2019 galt ein Flottengrenzwert für Pkw von 130 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer, für das Jahr 2020 ein Flottengrenzwert von 95 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer jeweils nach dem alten NEFZ-Verfahren.

Für den Zeitraum 2021 bis 2024 wird das 95-Gramm-Ziel beibehalten, aber das neue WLTP-Testverfahren zugrunde gelegt. Geht man von einer 20-prozentigen Verbrauchssteigerung beim Übergang von dem alten auf das neue Testverfahren aus, würde dies in etwa einer Zielverschärfung auf rund 80 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer nach NEFZ entsprechen. Ein genauer Umrechnungsfaktor wird auf Basis paralleler Tests in beiden Verfahren über das Jahr 2020 hinweg ermittelt.

Seitens der EU sind für den Zeitraum 2025 bis 2029 eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 15 Prozent und ab 2030 eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 37,5 Prozent bei den Zielvorgaben für den Flottengrenzwert jeweils gegenüber 2021 geplant. Im Dezember 2020 wurde eine weitere Verschärfung der CO<sub>2</sub>-Minderung um 55 Prozent bis zum Jahr 2030 beschlossen. Zum Zeitpunkt der Studiererstellung konnte dies noch nicht vollumfänglich berücksichtigt werden.

Die Flottengrenzwerte werden herstellerspezifisch bestimmt und an das Durchschnittsgewicht der Fahrzeuge der Flotte angepasst. Bei einem höheren Durchschnittsgewicht der Fahrzeuge erhöht sich der herstellerspezifische Flottengrenzwert, bei einem geringeren Durchschnittsgewicht verringert er sich. So liegt der herstellerspezifische Flottengrenzwert beispielsweise von Fiat unter dem von Mercedes.

Bei Überschreitung des Flottengrenzwerts werden Strafzahlungen je verkauftem Fahrzeug und Gramm Überschreitung fällig. Bis einschließlich 2020 sind die Strafzahlungen nach Höhe der Überschreitung gestaffelt. Ab 2021 gilt ein einheitlicher Satz von 95 Euro je Gramm Zielverfehlung je Fahrzeug.

Bei der Berechnung des Flottenverbrauchs gibt es einige Ausnahmeregelungen:

- ▶ Null- und Niedrigemissionsfahrzeuge (ZLEV – Zero and Low Emission Vehicles) – also Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge sowie Plug-in-Hybride mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von weniger als 50 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer – erhalten noch bis 2023 sogenannte „Supercredits“. Sie werden mit einem höheren Gewichtungsfaktor in den CO<sub>2</sub>-Flottenwerten der Pkw eines Herstellers berücksichtigt. Sie senken damit den CO<sub>2</sub>-Flottenwert eines Herstellers überproportional.
- ▶ Ab 2025 wird dieses Anreizsystem geändert. Es gilt dann auch für Nutzfahrzeuge. Es werden allerdings Schwellenwerte eingeführt, ab denen die ZLEV erleichternd zur Zielerreichung angerechnet werden können. Ab 2025 liegt der Wert bei 15 Prozent und erhöht sich auf 35 Prozent (Pkw) und 30 Prozent (leichte Nutzfahrzeuge). Nur für die ZLEV, die diese Anteile an den Neuzulassungen eines Herstellers überschreiten, können sie als Erleichterung auf den Flottenwert angerechnet werden.
- ▶ Öko-Innovationen mit CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial können bis maximal 7 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer auf den Flottenverbrauch angerechnet werden, wenn sie sich im Testbetrieb nicht auf den Verbrauch auswirken. Beispiele sind Solardächer, Abgaswärmerückgewinnung oder LED-Scheinwerfer.
- ▶ Es gelten Ausnahmeregelungen für kleine Hersteller. Solche mit Neuzulassungszahlen bis 1.000 Fahrzeuge pro Jahr sind von der Regulierung ausgenommen. Hersteller mit 1.000 bis 10.000 Neuzulassungen pro Jahr vereinbaren mit der EU-Kommission individuelle Ziele. Hersteller mit 10.000 bis 300.000 Neuzulassungen pro Jahr bekommen eigene CO<sub>2</sub>-Minderungsziele.
- ▶ Pooling ermöglicht es verschiedenen Herstellern, gemeinsam das Ziel des Flottengrenzwerts zu erreichen.

Für die Zukunft ist geplant, dass die Messung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Realbetrieb Hinweis darauf geben soll, ob die Lücke zwischen dem Kraftstoffverbrauch im Test- und im Realbetrieb auch unter dem neuen Testverfahren WLTP wieder wächst. Neue Fahrzeuge werden ab 2021 verpflichtend mit entsprechenden Verbrauchsmessgeräten ausgestattet. Das genaue Verfahren zur Messung und Überprüfung ist aber noch offen. Die Lücke zwischen Real- und Testemissionen kann vor allem aus zwei Gründen entstehen: Erstens können die Hersteller den Verbrauch auf die neuen Testbedingungen hin optimieren, ohne dass dies entsprechende Effekte im Realverbrauch zeigt. Zweitens hängen bei Plug-in-Hybriden die realen Kraftstoffverbräuche stark vom Batterie-Ladeverhalten des Nutzers ab.

Die Regulierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der Fahrzeugflotte über den Flottengrenzwert für Neufahrzeuge wirkt sich erst mit Zeitverzögerung auf den Flottenverbrauch aus. Erst etwa fünf Jahre nachdem ein Flottengrenzwert für Neufahrzeuge gilt, werden rund 50 Prozent der Fahrleistung mit Fahrzeugen erbracht, die den Grenzwert einhalten.

Die genannten Gründe tragen dazu bei, dass eine Unsicherheit bleibt, ob mit der Regulierung über die Flottengrenzwerte die geplanten Emissionsminderungen erreicht werden können. Das Bundesumweltministerium (BMU, 2019a) geht von einer Reduzierung der mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionen im Fahrzeugbestand von 13 Prozent bis 21 Prozent zwischen 2019 und 2030 aus. Nicht eingerechnet ist dabei eine mögliche Steigerung der Verkehrsleistung. Das Klimaschutzziel der Bundesregierung für den Verkehrssektor insgesamt liegt dagegen bei einer Reduzierung von 40 Prozent. Das 95g-Ziel berücksichtigt zudem die Verschärfung des Klimaschutzziels auf EU-Ebene von 40 Prozent auf 55 Prozent Emissionsreduktion bei den Treibhausgasen nicht. Eine weitere Anpassung der Ziele scheint vor diesem Hintergrund als wahrscheinlich.

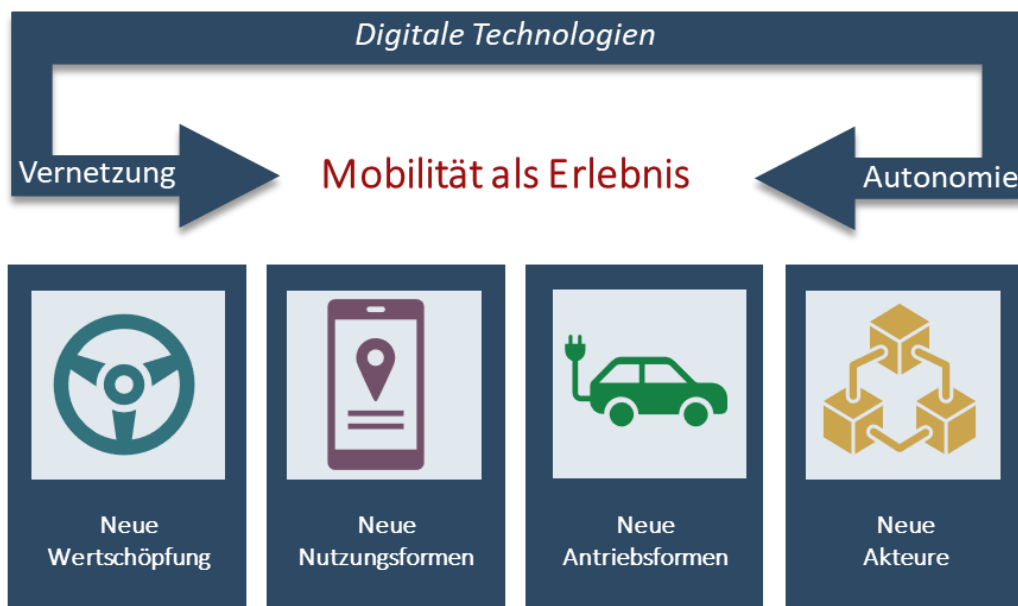
### 3.4 Neue Märkte durch veränderte Mobilität

In den nächsten Jahren werden neue Märkte aufwachsen, die Spiegelbild einer veränderten Mobilität sein werden. Zwei wesentliche Gründe sind für diese Entwicklung anzuführen:

1. **Klimaschutz.** Durch eine verschärfte Umweltregulierung entstehen neue Märkte für CO<sub>2</sub>-arme Energieträger wie Strom, Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe. Dies hat nicht nur weitreichende folgende für die Herstellung von Fahrzeugen, sondern auch für das Infrastruktursystem. Für einen Markthochlauf für Fahrzeuge mit elektrifizierten Antrieben wird eine dichte Ladesäuleninfrastruktur benötigt. Damit einher geht die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle (beispielsweise bei der Abrechnung oder neuen Marketing- und Entertainmentkonzepten).
2. **Die digitale Transformation.** In den nächsten Jahren wird sich Mobilität immer weiter hin zu einem Erlebnis entwickeln. Bestand bisher das Kernelement von Mobilität in der Distanzüberbrückung zwischen A und B, wird sich der Fokus viel mehr auf Aspekte richten, die damit in erster Linie nichts mehr zu tun haben. Gründe dafür liegen in erster Linie in datenbasierten Geschäftsmodellen, weil Rechenkapazitäten günstig sind, die Leistungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur sich in den letzten Jahren stark erhöht hat und durch Smartphones mobile Anwendungen eine hohe Nachfrage erhalten haben. Daraus resultieren beispielsweise die Fahrzeugautomatisierung bis hin zu autonomen Fahren, die Nutzung von Mobilitätsplattformen und die Entwicklung von Car2X-Services, also die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit weiteren Elementen des Mobilitäts-Ökosystems wie Ampeln, Parkplätzen oder Wetterdaten. Damit einher werden hohe Anforderungen an die Cyber-Sicherheit gehen, um das Verkehrssystem möglichst sicher vor digitalen Angriffen zu gestalten. Die neuen digitalen Möglichkeiten werden nicht nur das Fahrerlebnis zur individuellen und personalisierten Konsumierung werden lassen, sondern auch Fahr- und Funktionsweise sowie die Herstellung des Kraftfahrzeugs grundsätzlich verändern (Knoedler et al. 2020, IDW 2020).

#### Abbildung 3-2: Mobilität als Erlebnis

Neue Elemente des Mobilitäts-Ökosystems



Quelle: IW Consult

Diese Entwicklungen führen zu einem beeindruckenden Erfolg neuer Wettbewerber im Markt. Viele junge Unternehmen versuchen mit Risikokapital staatlicher und privater Investoren und Anleger mittels Elektromobilität neue Märkte zu erschließen. In den vergangenen Jahren drängten vor allem chinesische und US-amerikanische Fahrzeugbauer in dieses Marktsegment und kündigen für die frühen 2020er Jahre batteriebetriebene Pkws, Kleinlaster, SUVs, Luxuslimousinen und Busse an. Darunter zählen im Bereich der Elektromobilität amerikanische Unternehmen wie Tesla oder chinesische Unternehmen wie Nio, BYD oder FMC. Mit Polestar hat sich auch der schwedische Hersteller Volvo in Kooperation mit der chinesischen Geely im Bereich der reinen batterieelektrischen Fahrzeuge positioniert. Ebenfalls zu nennen ist das schon im Jahr 2009 gegründete Unternehmen Rivian, das bis zum Jahr 2030 den Online-Versandhändler Amazon mit 100.000 elektronisch betriebenen Lieferwagen versorgen wird. Lucid Motors, finanziell unterstützt durch einen Public Investment Fund aus Saudi-Arabien, baut Infrastrukturen in Arizona/USA auf, um bis Mitte 2020 Luxuslimousinen anbieten zu können (ntv 2020). Diesen relativ jungen Unternehmen wird zugetraut, signifikante Marktanteile am globalen Automobilmarkt zu erobern, der ein Volumen von 2,28 Billionen Euro jährlich hat. Tesla hat dementsprechend aktuell eine Marktkapitalisierung von mehr als 400 Milliarden Euro, während Toyota nur knapp 200 Milliarden Euro erzielt, aber mehr als zehnmals so viele Autos herstellt.

Im Bereich Wasserstoff sind ebenfalls schon einige Unternehmen aktiv und entwickeln neue Antriebe. Darunter fallen Toyota im Pkw-Sektor und neue Unternehmen wie die amerikanische Nikola im Lkw-Sektor oder die französische Gaussin, die sich neben Wasserstoffantrieben auch der vernetzten Mobilität verschrieben hat. Unternehmen wie Daimler konzentrieren sich auf den Lkw-Markt (in Kooperation mit Volvo Trucks), weil die Potenziale im Pkw-Markt aktuell noch zu gering erscheinen.

Neben der Fahrzeugentwicklung und dem -bau können sich weitere, bislang nicht mit der Automobilwirtschaft assoziierte Wirtschaftszweige als wichtige Akteure in der Automobilindustrie positionieren. Neben der IT-Branche ergeben sich neue Absatzmärkte für Energieproduzenten und -versorger. Was für die Brennstoffzelle der Elektrolyseur ist, ist für die Elektromobilität die Batteriezelle. Um die Abhängigkeit der deutschen Autohersteller von asiatischen Batterieproduzenten zu reduzieren, investiert die Bundesregierung Milliarden in den Aufbau einer Batteriezellenfertigung in Deutschland. In Münster entsteht mit Bundesmitteln ein neuer Forschungsstandort für die Batterietechnologie (ntv 2019). In Grünheide baut Tesla ein Werk zur Batterieproduktion, das Bundesfördermittel erwarten kann, wenn zusätzlich Forschung und Entwicklung am Standort verankert werden (FAZ 2020a). Weiter südlich in Kamenz betreibt Daimler bereits heute ein Werk zur Batterieproduktion. Die Batterieproduktion des Konzerns BASF im nahe gelegenen Schwarzheide soll im Jahr 2022 beginnen (MDR 2020). Aus der Nähe von Erfurt plant das chinesische Unternehmen CATL Hersteller mit Batterien für ihre Elektromodelle zu beliefern (FAZ 2020a). VW und Northvolt möchten von Salzgitter aus gemeinsam den steigenden Bedarf an Batterien für Elektroautos bedienen (FAZ 2020a), die chinesische Svolt plant einen Produktionsstandort für die Batteriezellfertigung im Saarland.

Jede Antriebsart formuliert allerdings individuelle Ansprüche an den Fahrzeugbau. Unisono gilt dabei, dass Fahrzeuge leichter werden müssen. Dies führt zu vorgelagerten Innovationsleistungen in den Zulieferbetrieben und Grundstoffherstellern wie der Stahlindustrie. Angefangen bei Schrauben über den Querlenker hin zu Karosseriebauteilen müssen neue Werkstoffe entwickelt und verbaut werden. Eine Schlüsselrolle kommt dabei auch innovativen Herstellungsverfahren, wie dem 3D-Druck, sowie neuen Werkstoffen, etwa Polymeren, hinzu. Für die Antriebe müssen die Autobauer gänzlich neue, technologiespezifische Systeme entwickeln. Bei Automobilen, die mit Wasserstoff betrieben werden, ergeben sich durch den Wirkungsgrad weitere Notwendigkeiten für Forschung und Entwicklung, etwa im Bereich der On-Board-Energieumwandlung für die Vereinbarkeit von Antriebstechnologie, Reichweite und Betrieb von elektrischen Fahrzeugkomponenten (z. B. Klimaautomatik).

Die digitale Transformation ermöglicht Entwicklungssprünge im Bereich des automatisierten Fahrens. Tesla ist vornehmlich deshalb so wertvoll, weil der Analyse der Fahrzeugdaten eine Schlüsselrolle beim autonomen Fahren zukommt. Waymo – eine Tochter des Google-Konzerns Alphabet – wird aktuell von Analysten auf eine Bewertung von bis zu 250 Milliarden Euro geschätzt, weil das Unternehmen gemeinsam mit Tesla als Pionier des autonomen Fahrens gilt. Waymo hat bereits Daten aus mehr als 30 Millionen Kilometern mit autonomen Fahrzeugen gesammelt – und mehrere Milliarden Kilometer in Simulationen zurückgelegt. Auch das amerikanische Unternehmen Zoox oder das chinesische Baidu treiben ihre Entwicklungen im Bereich autonomes Fahren mit hohen Investitionen voran.

Positioniert und präsentiert sich das Auto als multifunktionales Arbeits- und Freizeitvehikel durch die umfassende Integration vernetzter und digitaler Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten, werden sich das Auto und die individuelle Mobilität auch zukünftig weiter behaupten. Das Internet der Dinge ist entscheidend dafür, damit sich der von IBM formulierte Anspruch „when drive time becomes thrive time“ (Knoedler et al. 2020, S. 6) bewahrheiten kann. Konnektivität erlaubt im Automobil der Zukunft, sichere und effiziente Fortbewegung durch vollautomatisiertes Fahren mit anderen Lebensbereichen zu kombinieren. Durch die Integration von smart devices, wird das Auto beispielsweise zur Steuerungszentrale von Heizung, Waschmaschine und Ofen, oder zum Handelsplatz etwa bei der Nutzung von click & collect-Systemen im Einzelhandel (Knoedler et al. 2020).

Neue Wertschöpfungspotenziale ergeben sich auch durch neue Nutzungsformen des Automobils, die durch die digitale Transformation ermöglicht werden. Insbesondere aufgrund der hohen baulichen Dichte, teurer oder nicht vorhandener Parkmöglichkeiten, der hohen Luftverschmutzung und Lärmbelastung und nicht zuletzt wegen der Verfügbarkeit alternativer Fortbewegungsmittel wird prognostiziert, dass sich vor allem in den Städten die Individualmobilität entkoppelt vom Besitz eines Autos entwickeln wird (IDW 2020). Möglich wird dies durch Car- und Ridesharing-Modelle, die es erlauben Pkws stundenweise oder gemeinschaftlich zu nutzen. Carsharing kann als eine Form der flexiblen Fahrzeugvermietung betrachtet werden. Die Flexibilität ergibt sich aus der Art der Fahrzeugreservierung und -abholung, die orts- und zeitunabhängig digital via App abgewickelt wird, sowie aus der Nutzungsdauer des Automobils, welches bereits für wenige Stunden zur Nutzung bereitgestellt wird. Nach einem ersten Hype und dem Einstieg zahlreicher Automobilkonzerne (u. a. Opel, Mazda, Citroën) in Sharing-Modelle setzen Konzentrationsprozesse auf dem Markt und unternehmensspezifische Portfoliobereinigungen ein. Von den herstellerabhängigen Sharing-Modellen ist nur der Zusammenschluss von Daimler und BMW übriggeblieben, welcher eine zuletzt geschrumpfte Fahrzeugflotte in ausgewählten Großstädten im In- und Ausland betreibt (Holzer 2019, Fockenbrock et al. 2019). Die Zukunft der Carsharing-Modelle ist offen, denn auch Deutschlands Marktführer im Vermietungsgeschäft, die Sixt SE, sieht im klassischen „Freefloat-Carsharing“ aufgrund der hohen Vorhaltungs- und Instandhaltungskosten bei einem kleinen Markt aktuell geringe Rentabilitätschancen. Vielversprechender wird von Unternehmen wie Sixt eine Abo-Variante bewertet, die dem Nutzer zu einem monatlichen Fixpreis ein Auto inklusive Steuern, Versicherung und Wartungskosten bereitstellt (Fockenbrock et al. 2019, Fasse 2020). Herstellerunabhängige Anbieter eines klassischen Carsharings sind Unternehmen wie Cambio oder teilAuto – letztere bieten ausgehend von Leipzig Autos zur stunden- und tageweisen Nutzung vor allem in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen an. Abholungsorte verteilen sich kleinteilig auf extra eingerichteten Parkflächen über gesamte Stadtgebiete und versorgen so wohnortnah die Bevölkerung mit gemeinsam genutzten Pkws. Darüber hinaus bedient die Deutsche Bahn das Carsharing-Segment unter dem Markennamen Flinkster an ausgewählten Standorten in Deutschland.

Neben dem Carsharing gewinnen auch Ridesharing-Modelle an Aufmerksamkeit, obgleich digitale Plattformen für Mitfahrgelegenheiten auch im deutschsprachigen Raum bereits lange existieren. Start-ups wie Uber oder Grab haben dieses Konzept nicht nur digitaler gestaltet, sondern inhaltlich erweitert. In Anlehnung an das Airbnb-Modell, bei dem Personen ihre Privatwohnung zur Übernachtung anbieten, vermitteln Uber und Grab zwischen privaten Fahrtanbietern und sowohl privaten als auch

geschäftlichen Nutzern, beispielsweise Kurierfahrten, Abwicklung von Geschäftsreisen oder Lieferservices. Diese Unternehmen sehen sich aber vor allem in Europa vielen Herausforderungen bei der Regulierung gegenüber, da u. a. befürchtet wird, dass im Vergleich zu den Taxiunternehmen Sozialstandards unterlaufen werden. Uber konzentriert sich deshalb aktuell auf Märkte außerhalb Europas. Aufgrund der Skalierungsmöglichkeiten der Plattform und weiterer denkbarer Services im Uber-Umfeld (synergetische Paket- oder Essenslieferdienste) erzielt das amerikanische Unternehmen eine Marktkapitalisierung von aktuell mehr als 75 Milliarden Euro.

Neue Märkte sind bereits in vielen der genannten Bereiche im Entstehen begriffen. Die Disruptionen, die die Automobilwirtschaft derzeit erlebt, sind, wie deutlich geworden ist, von sektorübergreifender Tragweite und rufen umfassende wirtschaftliche Transformationsprozesse hervor. Dabei eröffnen sich Autobauern und Zulieferern neue Märkte und Wertschöpfungspotenziale. Neue Nutzungsformen und -möglichkeiten verändern die Ansprüche an das Automobil der Zukunft. Ein diversifizierter Antriebsmix und digitale Services verändern die Ausrichtung etablierter Hersteller, eröffnen gleichsam Marktzugänge für neue Player und verschieben Marktanteile hin zu dienstleistungsgeprägten Angeboten. Es entstehen neue hybride und regionale Kreisläufe, insbesondere dort, wo automobiler Zukunftstechnologien neu entwickelt und umgesetzt werden und an Standorten, die bisher nicht in die Automobilindustrie eingebunden waren, wie beispielsweise in Grünheide in Brandenburg.

Durch diese weitreichenden Entwicklungen wird sich voraussichtlich auch die automobilbezogene Wertschöpfung in den Dienstleistungsbranchen erhöhen. Aktuell entstehen 18 Cent Wertschöpfung im Dienstleistungsbereich je einem Euro Automobilproduktion (VGR, 2020). Darunter fallen klassische Dienstleistungen wie der Handel, Reparaturen, aber auch Tankstellen oder Versicherungen. Durch den Aufwuchs neuer Dienstleistungsmärkte steigt die Bedeutung der Services im Vergleich zur Herstellung. Im Rahmen dreier Workshops mit 44 Experten aus Unternehmen, Forschungsunternehmen und regionalen Institutionen wurde eine Einschätzung erarbeitet, welchen neuen Märkten besondere Bedeutung hinsichtlich Wachstums- und Umsatzpotenzialen zugemessen wird und auf welche dieser Märkte sich NRW konzentrieren sollte.

Relevante neue Märkte sind beispielsweise:

- ▶ Bau und Betrieb von Ladesäulen
- ▶ Herstellung und Vertrieb von Wasserstoff
- ▶ Herstellung und Vertrieb synthetischer Kraftstoffe
- ▶ Entwicklung und Betrieb von Mobilitätsplattform
- ▶ Cyber Security für Mobilitätslösungen
- ▶ Analyse von Fahrzeugdaten
- ▶ Vernetzte Verkehrsinfrastruktur

Vier Märkten werden besondere Potenziale eingeräumt. Bei den neuen Energieträgern ist dies im Pkw-Bereich die Elektrifizierung über Strom, weswegen Ladesäulen im Fokus der drei konkurrierenden Energieträger liegen. Daneben werden insbesondere datengetriebene Geschäftsmodelle hervorgehoben: die Analyse von Fahrzeugdaten, Mobilitätsplattformen sowie die dadurch notwendige Implementierung von Cyber Security.

**Tabelle 3-4: Einschätzung von Umsatzpotenzialen angrenzender Märkte in NRW**

Skala von sehr hoch, hoch, mittel, niedrig in Punktwerte transformiert mit Maximalwert 100

	Indexwert (max. = 100)
Bau und Betrieb von Ladesäulen	78
Herstellung und Vertrieb von Wasserstoff	27
Herstellung und Vertrieb synthetischer Kraftstoffe	27
Entwicklung und Betrieb von Mobilitätsplattform	82
Cyber Security für Mobilitätslösungen	91
Analyse von Fahrzeugdaten	85

Quelle: Expertenworkshops mit automotiveland.nrw im November 2020

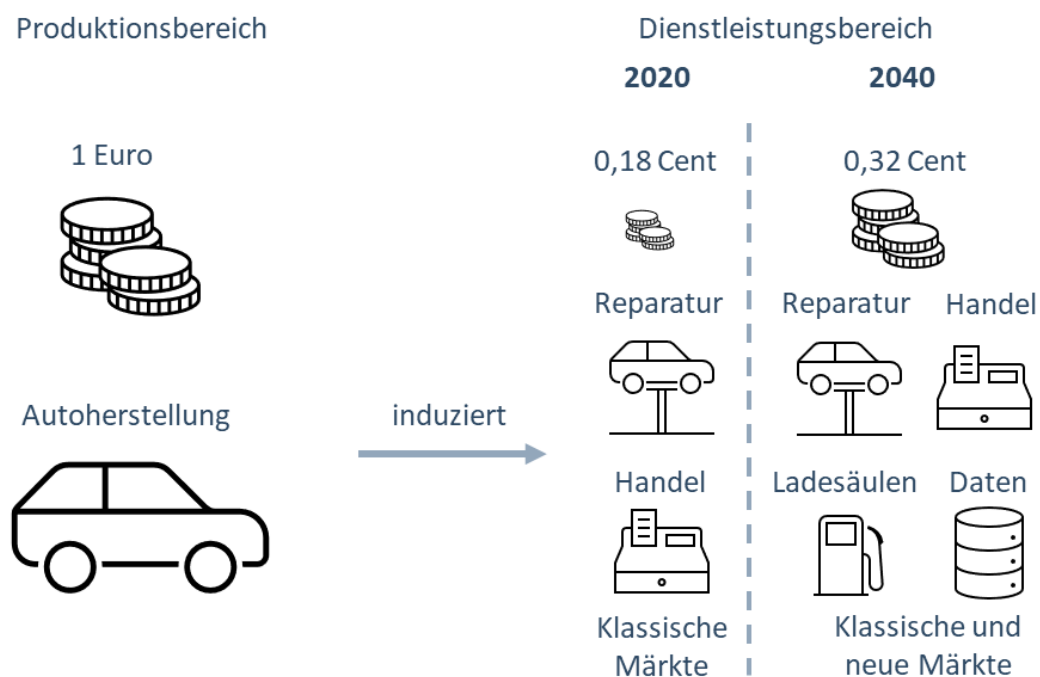
Abgeleitet aus diesen Experteneinschätzungen sollte sich NRW insbesondere auf den Aufbau eines flächendeckenden Ladesäulennetzes und digitale Geschäftsmodelle beispielsweise mit Blick auf eine möglichst medienbruchfreie Bezahlung konzentrieren. In den Feldern Mobilitätsplattform und Analyse von Fahrzeugdaten können ebenfalls wichtige Impulse durch die Landesregierung gesetzt werden. Das beginnt bei einer konsequenten Bereitstellung von ÖPNV-Daten als Open Source über die Förderung eines Data-Lake zu Fahrzeugdaten, der öffentlich für Analysen zur Verfügung steht, bis hin zur gezielten Förderung von Start-ups in diesen Märkten – etwa im Rahmen der Exzellenz Start-up Center.NRW. Im Bereich Cyber Security hat NRW hervorragende Voraussetzungen mit Blick auf die exzellenten Studiengänge an den Universitäten RWTH Aachen und Bochum sowie dem Horst-Görtz-Institut in Bochum.

Neben den qualitativen Einordnungen zur Bedeutung der neuen Märkte wurde die Experten auch um eine Einschätzung gebeten, wie sich der Bedeutungszuwachs quantitativ niederschlagen wird. Im Ergebnis wird davon ausgegangen, dass die Dienstleistungsmärkte 2040 knapp das Doppelte von dem aktuellen Wert zusteigern. Der Anteil würde dementsprechend von 18 Cent auf rund 32 Cent steigen. Der gesamte Dienstleistungsbereich in Deutschland in der Automobilwirtschaft wird 2040 nach dem in dieser Studie entworfenen Trendszenario rund 276 Milliarden Euro in Deutschland umfassen. Davon werden rund 155 Milliarden Euro auf traditionelle Dienstleistungen wie Handel und Reparatur und 121 Milliarden Euro auf die neuen Märkte entfallen. Der potenzielle Anteil von NRW läge bei rund 14,9 Milliarden Euro. Diese Schätzung verdeutlicht die stark steigende Bedeutung der neuen Märkte durch die veränderte Mobilität.



### Abbildung 3-3: Dienstleistungsanteile an der Automobilproduktion

Dienstleistungsanteil in Euro je 1 Euro in der Automobilherstellung, wichtige Beispielmärkte



Quelle: VGR (2020), eigene Berechnungen, Expertenschätzung

## 3.5 Technologische Trends

Die Dekarbonisierung und die Digitalisierung der Fahrzeuge sind zwei Megatrends, die in der Branche einen tiefgehenden und grundlegenden Strukturwandel ausgelöst haben, der heute am Anfang steht und in den nächsten 20 bis 30 Jahren die Automobilbranche prägen wird. Diese Megatrends werden die Fahrzeuge in den nächsten Jahren sehr stark verändern. Es gibt Teile, die völlig entfallen, und solche, die neu hinzukommen. Selbst die Teile, die grundsätzlich ihre Funktion behalten, wie Motoren, Getriebe, Abgasanlagen oder die Kraftstoffversorgung bei Fahrzeugen mit konventionellem ICE-Antrieb, werden modifiziert werden.

**Abbildung 3-4: Überblick über den automobilen Wandel nach Systemen und Referenzfahrzeugen**

Fahrzeugkonzepte Komponenten	ICE	Mild-HEV	HEV	REX	BEV	FCV
	Veränderungen der Systeme bis 2030					
Verbrennungsmotor	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Entfällt
Starter & Lichtmaschine	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Entfällt
Abgasanlage	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Modifiziert
Kraftstoffversorgung	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Modifiziert
Getriebe	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert/ Entfällt	Modifiziert/ Entfällt	Modifiziert/ Entfällt
Elektrische Maschine	n.V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Batterie-System	n.V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Leistungselektronik	n.V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Brennstoffzellen-System	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	Neu

ICE (konventioneller Verbrennungsmotor). Mild-HEV (Verbrennermotor mit Elektrounterstützung); HEV (Hybridantrieb), REX (Range Extender), BEV (batterieelektrisch), FCV (Brennstoffzelle)

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Die Studie konzentriert sich auf drei Themen der Transformation:

- ▶ Wechsel von konventionellen zu elektrifizierten Fahrzeugen
- ▶ Automatisierung der Fahrzeuge
- ▶ Vernetzung der Fahrzeuge

Für die damit verbundenen Systeme und Komponenten werden auf Basis eines Modells von Fraunhofer IAO und Expertenwissen die Entwicklung der Mengen sowie der Preise bis 2040 und somit der Marktvolumen geschätzt (siehe dazu ausführlich Kapitel 4). Darüber hinaus werden die sonstigen Teile eines Fahrzeuges (u. a. Karosserie, Räder, Interieur, Exterieur) sowie die nachgelagerten Märkte auf Grundlage vereinfachter Schätzverfahren berücksichtigt.

Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über einige Definitionen und technologische Grundlagen.

### Fahrzeugelektrifizierung

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

Folgende vier Antriebskonzepte werden im Rahmen dieser Studie betrachtet:

- ▶ Fahrzeuge mit konventionellem Verbrennungsmotor (ICE), wobei dazu auch die Mild-Hybrid- und Micro-Hybrid-Fahrzeuge (HEV) zählen. In allen drei Typen dominiert der Verbrennungsmotor und sie können deshalb zu einer Klasse zusammengefasst werden<sup>3</sup>. Der Mild-Hybrid zeichnet sich durch ein 48-Volt-Bordnetz und einen Startergenerator aus, welcher einer klein dimensionierten E-Maschine entspricht und die Aufgaben einer traditionellen Lichtmaschine mit übernimmt
- ▶ Fahrzeuge mit einem Full-Hybrid- oder Plug-in-Hybrid-Antrieb; diese Fahrzeuge haben zwar auch einen konventionellen Antriebsstrang, aber zusätzlich einen starken elektrischen Antriebsstrang mit einer Traktionsbatterie. Beim PHEV wird im Gegensatz zum Full-Hybrid eine größere Batterie verbaut, die durch Anschließen an das Stromnetz aufgeladen wird. Dadurch lassen sich wesentlich längere Strecken rein elektrisch zurücklegen.
- ▶ Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), die ausschließlich durch einen Elektromotor angetrieben werden.
- ▶ Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV), die mit komprimiertem Wasserstoff angetrieben werden, der im Fahrzeug in elektrische Energie umgewandelt wird.

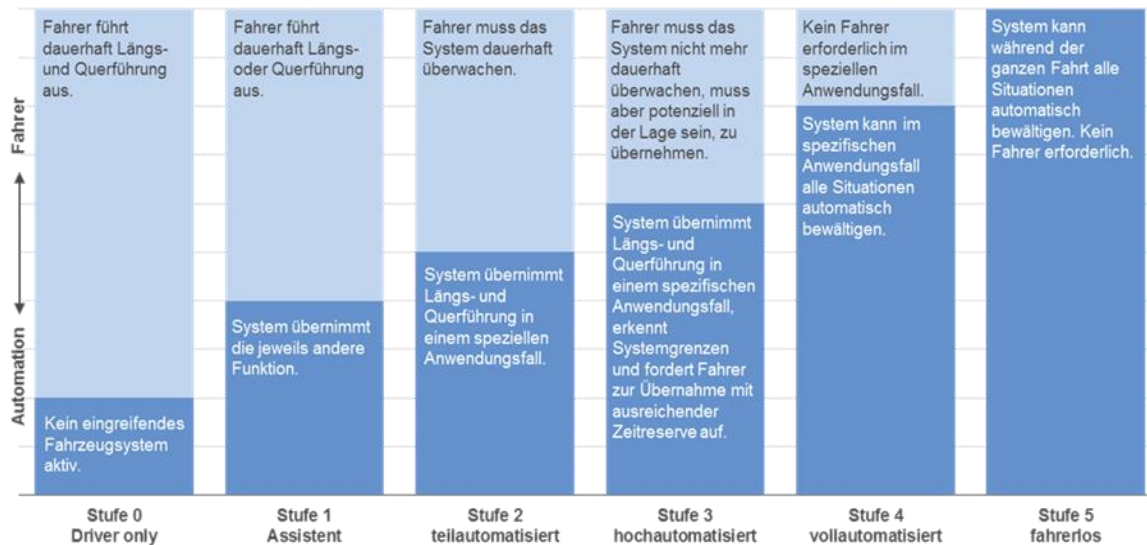
### Fahrzeugautomatisierung

Bei Fahrzeugautomatisierung geht es in der Endstufe um das fahrerlose voll automatisierte Fahren (Abbildung 3-5). Experten nennen diese Stufe Level 5. Davor gibt es vier andere Level, die von der Übernahme einzelner Assistenzfunktionen (Stufe 1) bis zu automatisiertem Fahren in bestimmten Anwendungsfällen (Level 4) reichen. Heute ist das Level 3 schon technisch möglich und wird eingesetzt. Bei diesem hoch automatisierten Fahren muss der Fahrer nicht mehr dauerhaft das Fahrzeug überwachen, sondern nur noch in bestimmten Situationen eingreifen.

---

<sup>3</sup> Ein weiterer Grund für die Zusammenfassung besteht darin, dass Prognosen von Fahrzeugen mit reinem ICE-Antrieb oder kombiniert mit einem Mild-Hybrid-Antrieb kaum seriös abschätzbar sind.

Abbildung 3-5: Stufen des automatisierten Fahrens



Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Durch die Automatisierung der Fahrzeuge entstehen neue Märkte in folgenden Bereichen:

- ▶ Umfelderkennung (zum Beispiel Ultraschall, Radarsysteme, Kamera, Long Distance, Lidar-Systeme)
- ▶ Datenverarbeitung (CPU, FlexRay-, CAN-Bus-, LIN-Bus-Schnittstellen, Software für Daten-Fusion/-Interpretation)
- ▶ Aktorik (zum Beispiel Elektronische Stabilitätskontrolle ESC, Elektronisches Gaspedal, Elektromechanische Bremse, Elektrische Lenkunterstützung)
- ▶ Ortung (digitale Karten, GPS / GLONASS / Galileo-Empfänger)

### Fahrzeugvernetzung

Bei einem vernetzten Fahrzeug (englisch: „Connected Car“) handelt es sich um ein Fahrzeug, das sich mittels der entsprechenden Hard- und Software über internetbasierte Verbindungen mit seinem Umfeld vernetzt. Bei diesen Vernetzungen können Informationen gesendet und empfangen werden (Definition nach Cacilo & Haag, 2017 und Johanning & Mildner, 2015). Der notwendige Verbindungsaufbau kann durch verschiedene Systeme organisiert werden.

- ▶ **Embedded:** Die komplette Software und Hardware inklusive der SIM-Karte, die für einen Verbindungsaufbau notwendig ist, sind im Fahrzeug verbaut und die Internetverbindung ist nicht von Peripheriegeräten abhängig. Diese Lösung eignet sich aufgrund ihrer Zuverlässigkeit vor allem für sicherheitsrelevante Services, wie beispielsweise für das Notrufsystem „eCall“.
- ▶ **Tethered:** Tethered-Systeme entsprechen im Wesentlichen den Embedded-Systemen. Zum Verbindungsaufbau wird jedoch die SIM-Karte auf dem mobilen Endgerät des Fahrzeugnutzers verwendet.

Bei der Vernetzung entstehen neue Märkte in den Bereichen:

- ▶ Kommunikationssysteme
- ▶ Multimedia- und Fahrerinformationssysteme
- ▶ Connected Car Services

## 4 Globale Szenarien 2020 bis 2040

Die Zukunft der weltweiten Fahrzeugmärkte ist aufgrund der hohen Dynamik und der Unsicherheiten schwer prognostizierbar. Dafür sind die Umfeldbedingungen zu komplex und die technologischen, wirtschaftlichen und politischen Treiber der Entwicklung zu unsicher. Die Corona-Pandemie hat dies zusätzlich erschwert. Diese Studie arbeitet deshalb mit Szenarien, die denkbare Entwicklungslinien bewerten und die daraus resultierenden Produktionsmengen und -volumen für den Zeitraum 2020 bis 2040 abschätzen. Dabei werden vier Szenarien unterschieden:

**Trendszenario:** In diesem Szenario wird die Entwicklung beschrieben, der weltweit die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet wird. Dabei werden für Jahre 2020 bis 2040 die Produktionsmengen, die damit verbundenen Marktvolumen sowie ihre Verteilung auf Antriebsarten, Automatisierungslevels und Vernetzungsgrade der Fahrzeuge geschätzt. Dieses Trendszenario bildet die Ausgangsbasis der Analyse. Daraus werden andere Szenarien abgeleitet.

**Progressives Szenario:** Hier wird unter sonst gleichen Bedingungen ein schnellerer und intensiverer Wandel hin zu rein elektrischen Antrieben (Batterie und Brennstoffzelle) untersucht. Die Entwicklung der produzierten Fahrzeuge sowie die Automatisierungs- und Vernetzungsgrade bleibt gegenüber dem Trendszenario unverändert.

**Synthetisches-Kraftstoff-Szenario:** In diesem Szenario wird unterstellt, dass synthetische Kraftstoffe (kurz: E-Fuels) in den kommenden Jahren deutlich an Wettbewerbsfähigkeit zulegen. E-Fuels können in herkömmlichen oder entsprechend modifizierten Verbrennungsmotoren eingesetzt werden und stabilisieren die Nachfrage nach diesen Fahrzeugen. Der Wandel hin zu elektrifizierten Antrieben erfolgt dann wesentlich weniger dynamisch.

**Sharing-Szenario:** Hier wird unterstellt, dass neue Mobilitätskonzepte (Mobility as a Service) die weltweite Nachfrage nach Fahrzeugen reduzieren und gleichzeitig die Automatisierungsgrade zunehmen.

Das verbindende Element dieser drei Abweichungsszenarien ist, dass immer nur wenige Annahmen aus dem Trendszenario verändert werden, um die Wirkungen möglichst isoliert beschreiben zu können.

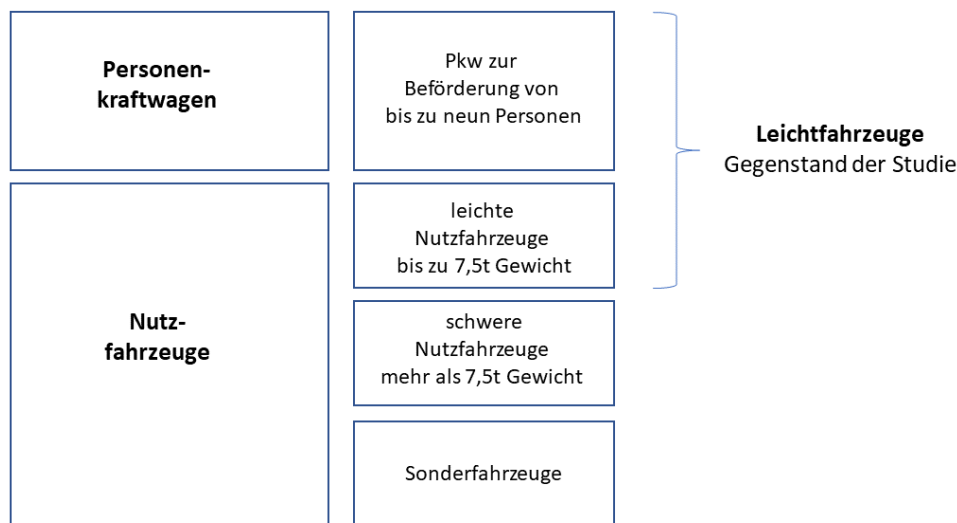
Das Startjahr der Szenarioanalyse ist 2020, Ausgangspunkt der Berechnungen bildet das Jahr 2019, da diese Daten bei der Studiererstellung die aktuell verfügbaren waren. Damit ist der tiefe weltweite Einbruch der Automobilmärkte gegenüber dem Vorjahr berücksichtigt. Die für 2020 geschätzten Produktionsmengen bei Leichtfahrzeugen (Pkw plus leichte Nutzfahrzeuge) werden auf 74,3 Millionen Einheiten und für schwere Nutzfahrzeuge auf 3,8 Millionen Einheiten geschätzt. Die weltweite Produktion wird bei Leichtfahrzeuge im Jahr 2020 etwa 15 Prozent unter den Vorjahreswerten liegen. Die Analyse startet damit an einem Tiefpunkt der Automobilproduktion der letzten Jahre. Die Produktionsmengen des Jahres 2020 liegen in etwa auf dem Niveau von 2015.

## 4.1 Annahmen und Referenzfahrzeuge

Die vorliegende Studie betrachtet ausschließlich Leichtfahrzeuge. Das sind Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit einem Gewicht bis zu 7,5t. Schwere Nutzfahrzeuge werden lediglich in einem Exkurs mit Blick auf den Wandel der Antriebsysteme eingeführt. Sonderfahrzeuge bleiben völlig unberücksichtigt. Wenn in den folgenden Kapiteln von Fahrzeugen gesprochen wird, sind dementsprechend immer Leichtfahrzeuge gemeint. Die Abbildung 4-1 zeigt die Struktur.

### Abbildung 4-1: Fahrzeugtypen

Überblick über Fahrzeugtypen nach OICA



Quelle: OICA (2020)

Die Grundlage der Szenarien bildet die Modellierung von Referenzfahrzeugen, mit denen der Wandel bei der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung dargestellt wird. Dafür müssen die Systeme definiert sowie die Mengen und Marktpreise bis 2040 geschätzt werden. Die Multiplikation der benötigten Mengen der Einzelsysteme mit den entsprechenden Preisen ergibt die Marktvolumen. Bei den Referenzfahrzeugen wird zwischen 18 Einzelsystemen unterschieden. Elf kommen aus dem Bereich des Antriebs:

- ▶ Verbrennungsmotor
- ▶ Abgasanlage
- ▶ Kraftstoffsysteme
- ▶ Nebenaggregate
- ▶ Thermomanagement
- ▶ Getriebe
- ▶ elektrische Maschine
- ▶ Leistungselektronik
- ▶ Ladetechnik
- ▶ Traktionsbatterie
- ▶ Brennstoffzellensystem

Mit vier Systemen wird die Fahrzeugautomatisierung beschrieben:

- ▶ Umfelderkennung
- ▶ Datenverarbeitung
- ▶ Aktorik
- ▶ Ortung

Drei Systeme sind dem Bereich Vernetzung zugeordnet

- ▶ Kommunikationssysteme
- ▶ Multimedia- und Fahrerinformationssysteme
- ▶ Connected Car Services

Diese Systeme werden durch insgesamt 45 Komponenten beschrieben, für die das Fraunhofer/IAO auf Modell- und Expertenbasis die Marktpreise bis 2040 abgeschätzt. Damit stehen Bausteine zur Verfügung, um die Marktvolumen der einzelnen Systeme, aber auch für definierte Referenzfahrzeuge ermitteln zu können.

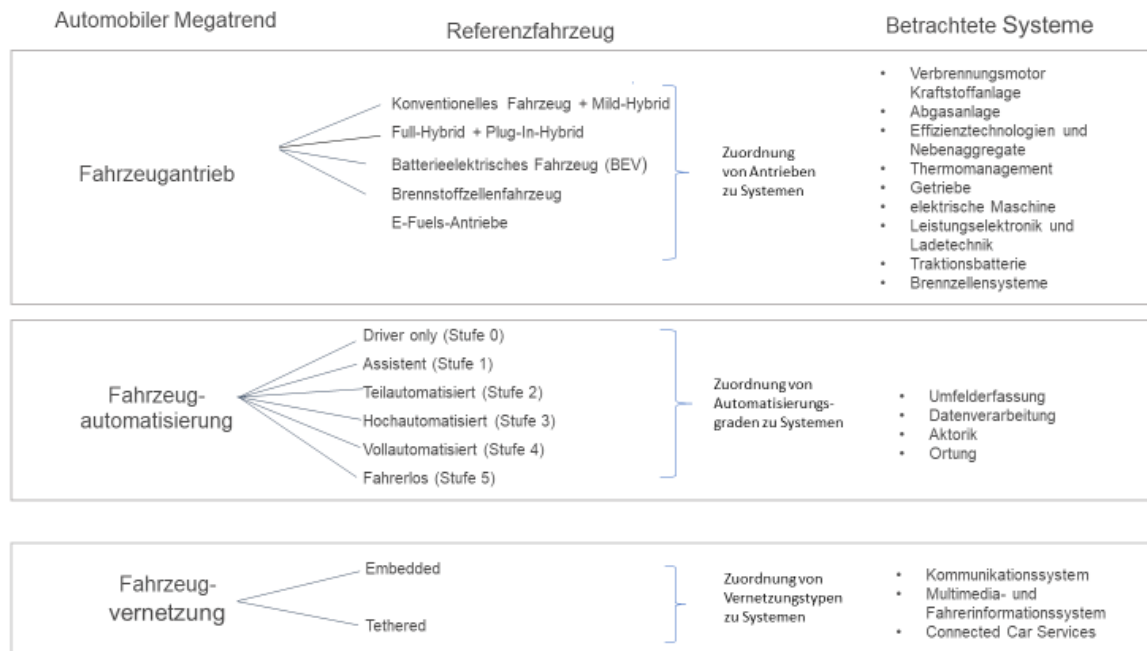
Die entsprechenden Mengen und Preise der benötigten Systeme werden für zwei Fahrzeugtypen ermittelt:

- ▶ Pkw mit folgender Leistung und Ausstattungen:
  - ▷ ICE: 156 kW-Motor (ICE)
  - ▷ HEV+PHEV: 113,5 kW (ICE-Motor), 127,8 kW (Elektromotor) und 12,9 kWh Batterieleistung
  - ▷ BEV: 159,5 kW (Motor) und 51,7 kWh Batterieleistung
  - ▷ FCEV: 117 kW (Motor) und 1,58 kWh Batterieleistung
  - ▷ 6-8-Gang Automatikgetriebe bei Verbrennungsmotoren
  - ▷ Ein-/zweistufiges Übersetzungsgetriebe bei Elektroantrieben
  - ▷ Ausstattungen mit Umfelderkennung (u. a. Ultraschall, Radar, Lidar, Kamera), Datenverarbeitung (CPU, Schnittstellen, Software für Datenfusion), Aktorik, Ortung, Kommunikationssysteme, Multimedia- und Fahrerinformationssysteme, Connected Car Services (u. a. Remote-Dienste, OTA-Updates)
- ▶ Leichtes Nutzfahrzeug mit folgender Leistung und Ausstattungen:
  - ▷ ICE: 112,25 kW-Motor (ICE)
  - ▷ HEV+PHEV: 92 kW (ICE-Motor), 93 kW (Elektromotor) und 13,6 kWh Batterieleistung
  - ▷ BEV: 85 kW (Motor) und 41 kWh Batterieleistung
  - ▷ FCEV: 122 kW (Motor) und 40 kWh Batterie (Brennstoffzellen-Stack)
  - ▷ 6-8-Gang Automatikgetriebe bei Verbrennungsmotoren
  - ▷ Ein-/zweistufiges Übersetzungsgetriebe bei Elektroantrieben
  - ▷ Ausstattungen mit Umfelderkennung (u. a. Ultraschall, Radar, Lidar, Kamera), Datenverarbeitung (CPU, Schnittstellen, Software für Datenfusion), Aktorik, Ortung, Kommunikationssysteme, Multimedia- und Fahrerinformationssysteme, Connected Car Services (u. a. Remote-Dienste, OTA-Updates)

Die sonstigen Systeme (Karosserie, Fahrwerk, Reifen, Interieur, Exterieur) werden nicht direkt modelliert, weil diese nur mittelbar dem Wandel durch die Trends der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung unterliegen.

Die Abbildung 4-2 zeigt die betrachteten Systeme für die Bereiche Antrieb, Automatisierung und Vernetzung im Überblick.

**Abbildung 4-2: Referenzfahrzeuge und betrachtete Systeme in den drei automobilen Megatrends**



Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

### Methodik zur Ermittlung der globalen Szenarien

Die im Rahmen der Studie vom Fraunhofer IAO entwickelten Szenarien basieren auf einem integrierten Methodenansatz. Hierzu floss Wissen aus Marktrecherchen und Metaanalysen sowie Experteneinschätzungen aus Gesprächen mit Vertretern aus Industrie, Wissenschaft und Politik (z. B. Fraunhofer Innovationsnetzwerk FutureCar, Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Strategiedialog Automobilwirtschaft BW etc.) und von weiteren Marktbeobachtern (z. B. Marktrechercheinstituten) in die Erstellung der Szenarien ein. Ergänzt wurde dies durch eigenes Expertenwissen aus unterschiedlichen Forschungsteams am Fraunhofer IAO.

So wurden verschiedene Schlüsselfaktoren, welche als zentral für die zukünftige Branchenentwicklung angesehen werden (z. B. Produktionszahlen, Marktdiffusion unterschiedlicher Zukunftstechnologien etc.) identifiziert, deren mögliche Ausprägungen abgeleitet und zu quantitativen Trendaussagen verdichtet. Die Fokussierung auf eine begrenzte Auswahl dieser Schlüsselfaktoren erlaubt eine gezielte und wissenschaftlich fundierte Modellierung der Szenarien. Durch diesen integrierten Ansatz ist eine zielgerichtete Einschätzung und Validierung der Szenarien durch Expertenmeinungen möglich. Gerade vor dem Hintergrund sehr dynamischer Gesamtentwicklungen ist diesen Meinungen ein hoher Stellenwert einzuräumen, um die Streuung der Zukunftsszenarien von rein quantitativen Annahmen zu reduzieren.



## 4.2 Trendszenario

Dieses Szenario beschreibt die wahrscheinliche Entwicklung bis 2040. Der Ausgangspunkt ist das Vorkrisenjahr 2019 mit einer weltweiten Produktion von rund 87,4 Millionen Leichtfahrzeugen (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge) und 4,2 Millionen schweren Lastkraftwagen. In den Szenarien werden nur die Leichtfahrzeuge berücksichtigt.

### 4.2.1 Methoden zur Erarbeitung globaler Szenarien

Die im Rahmen der Studie vom Fraunhofer IAO entwickelten globalen Szenarien basieren auf einem integrierten Methodenansatz. Hierzu floss Wissen aus Marktrecherchen und Metaanalysen ein, das anhand von Meinungen und Stimmungen zu grundsätzlichen Einschätzungen der Situation in Gesprächen mit Vertretern und Experten aus Industrie, Wissenschaft und Politik, sowie von weiteren Marktbeobachtern (z. B. Marktrechercheinstituten, Unternehmensberatungen) reflektiert wurde. Ergänzt wurde dies durch eigenes Expertenwissen aus unterschiedlichen Forschungsteams am Fraunhofer IAO, welche sich seit mehr als 10 Jahren mit der angewandten Forschung rund um Entwicklungen in der Automobilindustrie, insbesondere der Elektromobilität, befassen und im Rahmen von Projekten und Vernetzungsaktivitäten kontinuierlich mit Branchenvertretern im Austausch stehen (z. B. im Rahmen des Fraunhofer Innovationsnetzwerk FutureCar, Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Strategiedialog Automobilwirtschaft BW etc.). Durch diesen ganzheitlichen Ansatz und die Kombination aus Kennzahlen, Literatur (u. a. IHS, 2020; Deloitte, 2019; LMC, 2021; Bauer et al., 2020), Branchenstimmung und eigener Expertise, ist es dem Fraunhofer IAO möglich, als neutraler Forschungspartner eine objektiv bewertete Zukunftsprojektion zu erarbeiten.

So wurden verschiedene Schlüsselfaktoren, die als zentral für die zukünftige Branchenentwicklung angesehen werden (z. B. Produktionszahlen, Marktdiffusion unterschiedlicher Zukunftstechnologien, Komponentenpreise, etc.) identifiziert, deren mögliche Ausprägungen abgeleitet und schließlich zu quantitativen Zukunftsbildern verdichtet. Die Fokussierung auf eine begrenzte Auswahl dieser Schlüsselfaktoren erlaubt eine gezielte und wissenschaftlich fundierte Modellierung der Szenarien. Durch dieses Vorgehen ist eine zielgerichtete Einschätzung und Validierung der Szenarien anhand von Expertenmeinungen möglich. Hierbei kommt der beständige Austausch des Fraunhofer IAO mit der Automobilindustrie auf unterschiedlichen Ebenen, durch laufende Projekte, Netzwerk- und Gremienarbeit zum Tragen, wodurch ein authentisches Stimmungsbild erhoben wird. Gerade vor dem Hintergrund sehr dynamischer Gesamtentwicklungen ist diesen Meinungen ein hoher Stellenwert einzuräumen, um die Streuung der Zukunftsbilder und die Abhängigkeit der Szenarien von rein quantitativen Annahmen zu reduzieren.

Ausgehend von verschiedenen Schlüsselfaktoren kann das Fraunhofer IAO auf Basis eines quantifizierenden Tools Veränderungen in der künftigen Wertschöpfung und in künftigen Marktpotenzialen einzelner Fahrzeugsysteme auf globaler Ebene aufzeigen. Die hinterlegten, globalen Produktionszahlen sind dabei einer dieser Schlüsselfaktoren. Weitere sind die Marktdiffusion einzelner Fahrzeugtechnologiefelder (Elektrifizierung, Vernetzung, Automatisierung), globale Referenzfahrzeuge und Systempreise. Die Schlüsselfaktoren werden schließlich in der Modellierung der unterschiedlichen Szenarien ("Trendszenario", "Progressives Szenario", "E-Fuels Szenario", etc.) zusammengeführt, wobei sich die Unterschiede in den Szenarien aus der Variation einzelner Schlüsselfaktoren ergeben.

Die Marktdiffusion der Technologien über die Zeit gilt hierbei als wichtigster Schlüsselfaktor zur Variation der Szenarien. Die Marktdiffusion innerhalb des Trendszenarios basiert ebenso auf den oben genannten Grundlagen (Marktrecherchen, Metaanalysen, etc.) und bildet somit einen Gesamtblick über

eine Vielzahl bestehender Erhebungen ab, welche durch die Einschätzung des IAO zusammengeführt und in sich stimmig abgerundet wurde. Hierbei ist kein rein quantitatives Rechenmodell basierend auf Kraftstoffpreisen, Steuerstrukturen o.ä. hinterlegt, da ein solches Vorgehen aus Sicht des IAO zu einer großen Streuung und Abhängigkeiten von Einzelannahmen führen kann.

Die weiterführenden Szenarien ("Progressiv", "E-Fuels", etc.) bilden Varianten des Trendszenarios, um künftige Wertschöpfungsveränderungen aufzuzeigen für den Fall, dass das Trendszenario übererfüllt wird, andere Technologien einen Durchbruch feiern oder sonstige bedingt wahrscheinliche, aber möglich erscheinende Ereignisse eintreten. Die den weiteren Szenarien zugrunde liegenden, alternativen Diffusionskurven sind hypothetische Entwicklungspfade, um Tendenzen in der Veränderung zukünftiger Wertschöpfung aufzeigen zu können. Es geht dabei weniger darum zu betrachten, unter welchen Bedingungen diese hypothetischen Diffusionskurven (z. B. ein bestimmter Marktanteil BEV 2030) erreicht werden können. Vielmehr sollen Aussagen getroffen werden können, welche traditionellen Wertschöpfungsumfänge durch sich verändernde Fahrzeugarchitekturen wegfallen und welche Wertschöpfungsumfänge stattdessen in neuen Technologiefeldern hinzukommen.

Bei der Erarbeitung von Zukunftsbildern und Szenarien für die globale Automobilproduktion gilt es aus heutiger Sicht einige Punkte zu berücksichtigen, die in Summe zu einer hohen Unsicherheit bezüglich mittel- und langfristiger Entwicklungsrichtungen beitragen. Nachfolgend seien einige Beispiele genannt. Der weitere Verlauf der Pandemie sowie die Verfügbarkeit von Impfstoffen, mögliche weitere Infektionswellen, Mutationen u. ä. bleibt aus heutiger Sicht abzuwarten.

Die Corona-Pandemie hatte und hat stark wechselnde Auswirkungen auf die globale Automobilproduktion. Die Lockdown-Maßnahmen und damit verbundene, vorübergehende Stilllegungen vieler Werke im Zeitraum März bis Mai 2020 hatten eine direkte Auswirkung auf die Fahrzeugproduktion. In den Folgemonaten Juni 2020 bis heute (Stand. Feb. 2021), erlebte die weltweite Automobilproduktion weiterhin direkte und indirekte Auswirkungen der Pandemie, bspw. durch Kurzarbeit, Absatzschwierigkeiten, Grenzkontrollen, Lieferengpässe usw., welche zu einer hohen Dynamik und Einbußen in der Produktionsleistung führten und führen. Aufgrund der aktuellen Situation kann davon ausgegangen werden, dass weitere mittel- und langfristige Auswirkungen zu erwarten sind. In Summe ist die Situation vielschichtig, innerhalb der Automobilproduktion historisch nicht zu vergleichen und aus heutiger Sicht noch nicht eindeutig zu beurteilen.

Darüber hinaus müssen weitere Aspekte betrachtet werden, wenn derzeit Vorhersagen zur Erholung der Automobilindustrie aus der Pandemiesituation heraus getroffen werden. Zum einen befindet sich die Industrie bereits seit einigen Jahren im größten Transformationsprozess seit ihrem Bestehen, der Wettbewerbs- und Kostendruck wird durch die Corona-Pandemie weiter verstärkt. Hieraus ergeben sich u. a. Stellenabbau und Werkschließungen, die mittelfristig ebenfalls eine Änderung des Produktionsvolumens nach sich ziehen könnten. Darüber hinaus könnte es aufgrund der globalen Lieferketten und störanfälligen Just-in-Time Produktion mittelfristig zu Stillständen bzw. reduzierten Volumen in der Produktion kommen, sollten beispielsweise lokale Pandemieherde aufflammen und die dortige Logistikkette unterbrechen. Aber auch andere Entwicklungen wie verstärktes Home-Office, weniger Pendelfahrten, daraus resultierend reduzierte Dienstwagenflotten o. ä. könnten zu indirekten Auswirkungen führen, aus welchen eine mittelfristig geringere Automobilmachfrage und somit auch -produktion entstehen.

Ebenso sollten gesamtgesellschaftliche Entwicklungen auch nach der Pandemie beobachtet werden. Neben geändertem Konsumverhalten kann es vor allem zu einer geänderten Wahrnehmung unterschiedlicher Aspekte wie Nachhaltigkeit oder Mobilitätsbestreben kommen. Hierdurch können sich mittelfristige Effekte ergeben, welche einen Einfluss auf die zukünftige Produktion von Automobilen haben können. Auch volkswirtschaftliche Faktoren wie das Wachstum des Bruttoinlandsproduktes

oder demographische Zuwächse können sich nach der Pandemie global auf verschiedene Weise entwickeln. Dabei müssen diese Entwicklungen nicht unbedingt mit vorherigen Prognosen übereinstimmen, da einige Weltregionen stärker von der Pandemie betroffen sind als andere, aber auch die Möglichkeiten und Aktivitäten der staatlichen Einflussnahme stark variieren, wodurch es zu Verschiebungen bestehender volkswirtschaftlicher Entwicklungen kommen kann.

Neben den oben genannten Unsicherheiten berücksichtigt das Fraunhofer IAO in seinem Zukunftsbild zur globalen Automobilproduktion weitere Erkenntnisse aus eigenen Forschungsprojekten. So sollte bspw. das Argument, dass ein Anwachsen der Bevölkerung im asiatischen Raum und ein prognostiziertes Anwachsen des weltweiten Bruttoinlandsprodukts zu einem erhöhten Automobilabsatz führen wird, differenziert betrachtet werden. In Asien (v. a. China und Indien) findet das Bevölkerungswachstum weitestgehend in Ballungsräumen statt, was zur vermehrten Bildung sogenannter Megacities führt. Gerade in solchen Städten ist jedoch der Flächendruck sehr hoch und Parkflächen nur bedingt vorhanden, weswegen ein dortiges Bevölkerungswachstum nicht zwingend zu erhöhter Automobilmachfrage führen wird. Weiter ist speziell in östlichen Kulturkreisen die Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft neuartiger Mobilitätsformen sichtbar höher als beispielsweise in Europa oder den USA. So zeigt eine aktuelle, internationale erhobene Nutzerstudie des Fraunhofer IAO, dass dortige Probanden gegenüber neuen Mobilitätsangeboten deutlich positiver eingestellt sind, angefangen bei vernetzten Fahrservices, bis hin zu Hyperloops, urbanen Flugtaxi (Urban-Air-Mobility) oder selbstfahrenden Robotertaxis. Auch die Innovationstätigkeiten einiger asiatischer Hersteller in diesen Bereichen unterstreichen hierbei den dortigen Druck bei der Suche nach zukunftsfähigen Lösungen. So sollte insgesamt bedacht werden, dass die urbane Mobilität langfristig nicht automobilzentriert sein könnte, sondern neue Fahrzeugkonzepte in den Mittelpunkt rücken, welche die traditionelle Automobilproduktion nicht im selben Maße anwachsen lassen, wie prognostiziertes Bevölkerungs- oder Wachstumswachstum aus heutiger Sicht vermuten lassen.

Als weiterer, grundlegender Faktor bei der Bewertung zukünftiger Wertschöpfungsstrukturen bzw. Marktumfänge auf Fahrzeugsystemebene sollte eine derzeitige Veränderung im Verständnis des traditionellen Automobilbaus und -absatzes beachtet werden. Durch die Zunahme der Softwareanteile im Fahrzeug ist eine Divergenz in den Entwicklungszeiten und Lebenszyklen der einzelnen Fahrzeugkomponenten zu erwarten. Dies ist ein aktuelles Forschungsthema am Fraunhofer IAO, welches bereits in die Erarbeitung der dieser Studie zugrunde liegenden, globalen Automobilproduktionszahlen bis 2040 eingeflossen ist. So weisen Softwareumfänge im Vergleich zu traditionellen, hardwareseitigen Fahrzeugkomponenten (bspw. Antrieb, Batterien, Fahrwerk, etc.) einen deutlich kürzeren Entwicklungszeitraum auf, wodurch neue Fahrzeugarchitekturen für eine entkoppelte Software- und Hardwareentwicklung erforderlich werden. Dabei ist es denkbar, dass sich der Lebenszyklus eines Gesamtfahrzeugs deutlich verlängert, da künftige Anforderungen von Nutzerseite vor allem auf die Software bezogen sind, welche sich durch fortlaufende Updates stets dem neusten Stand anpassen lässt. Diese, auch einem ganzheitlichen Nachhaltigkeitsgedanken entsprechende Entwicklung, würde die zu erwartenden Produktionsvolumen verringern, da der Fahrzeugbestand einer längeren Nutzungsdauer unterliegt.

All die oben genannten Beispiele zeigen die Bandbreite möglicher Unsicherheiten, welche eine fundierte Prognose zur langfristigen Entwicklung der globalen Automobilproduktion vom heutigen Stand aus erschweren. Ausschlaggebend für die weitere Entwicklung wird zum einen die Erholung der Produktionszahlen im Jahr 2021 sowie der Zeitpunkt des Erreichens der Produktionsvolumen des Vorkrisenjahres 2019. Bestehende Prognosen und Statements unterschiedlicher Institutionen, Verbände oder Interessensgruppen vom Jahresbeginn 2021 weisen hier in ihren Entwicklungspfaden und Aussagen eine breite Streuung auf und prognostizieren in der Regel im Vergleich zur Sichtweise des Fraunhofer IAO optimistischere Entwicklungspfaden der globalen Automobilproduktion in den kommenden Jahren. So werden zum einen für die Erholungen im Jahr 2021 aus dem 2020er Corona-Tief heraus

positivere Wachstumserwartungen formuliert (LMC-Automotive 11 Prozent, IHS 14 Prozent, Prognos 15 Prozent; LMC, 2021; IHS, 2020a; Prognos, 2020). Vor allem aber nehmen einige Prognosen bezüglich der perspektivischen Produktionsvolumina in den Jahren 2030 und 2040 deutlich optimistischere Pfade an (LMC: 104 Millionen Pkw in 2027, IHS: 100 Millionen Pkw in 2030, Deloitte: 107 Millionen Pkw in 2030; LMC, 2020; IHS, 2020b; Deloitte, 2019). Aufgrund der oben genannten Argumentation und spezifischen Eindrücken aus der eigenen Forschung des Fraunhofer IAO, wurde hier jedoch explizit für ein vorsichtigeres Szenario gewählt. Demnach sind die in dieser Studie angegebenen Zahlen als konservatives Szenario unter hoher Unsicherheit zu verstehen.

Unabhängig von den Szenarien für den künftigen Umfang von Neuzulassungen muss ein steigender Vernetzungsgrad der Fahrzeuge und eine zunehmende Abhängigkeit der Fahrzeuge von ihren Softwarefunktionen mit Blick auf die künftige Wertschöpfung unter dem Stichwort „Servitization“ berücksichtigt werden. Diese Änderung bisheriger Produkte von reinen Sachgütern hin zu einer Kombination aus Sachgütern und Dienstleistungen ist bereits heute im Automobilbereich zu beobachten und wird aus Sicht des Fraunhofer IAO in Zukunft eine verstärkte Rolle spielen. Bereits heute sind Fahrzeugfunktionen per Softwareupdate und ohne Besuch einer Werkstatt, auch nach dem Fahrzeugkauf „on demand“ zu- und abschaltbar (Over-the-Air-Updates). Weiter gibt es bereits heute Angebote zu einer zeitlich befristeten Freischaltung dieser Funktionen und monatlichen Abonnement-Modellen zur nutzungsabhängigen Zahlung entsprechender Funktionen. Hierbei ist die erforderliche Hardware bereits ab Werk verbaut, eine Nutzung durch den Kunden erfolgt jedoch erst nach Freischaltung per Software. Somit ist künftig der Wert eines Fahrzeugs nicht mehr allein durch seine direkt ersichtlichen Funktionsumfänge am Ende der traditionellen Produktionsstraße zu bewerten, sondern unter Berücksichtigung der hinzukommenden Servicepotenziale über seinen gesamten Lebenszyklus. Auch dieser Aspekt ist ein aktuelles Forschungsfeld des Fraunhofer IAO, sodass entsprechende, mögliche Auswirkungen bei der Erarbeitung dieser Studie mit bedacht wurden.

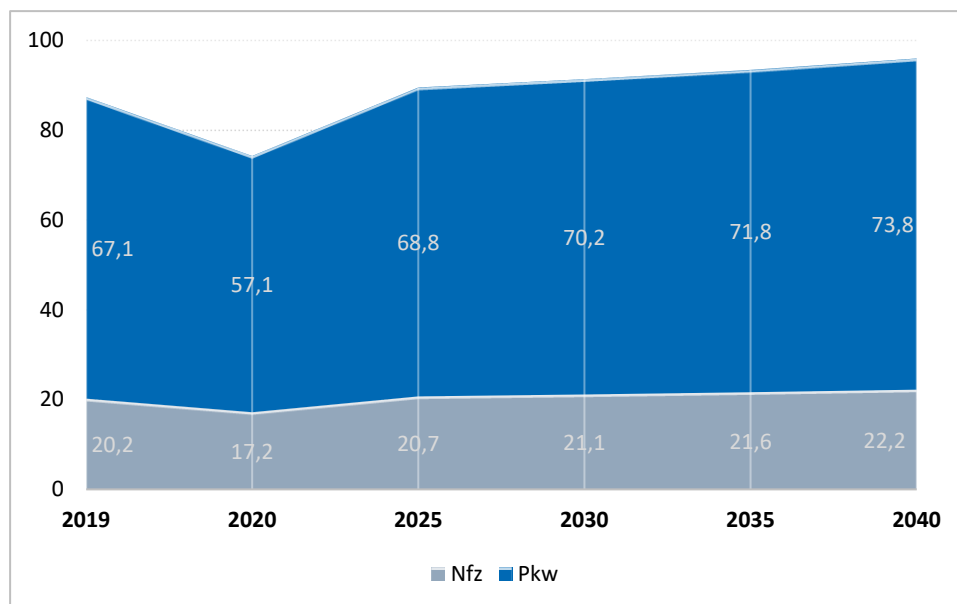
#### 4.2.2 Menge und Struktur der Fahrzeuge

Im Jahr 2020 ist die weltweite Fahrzeugproduktion zum dritten Mal hintereinander gesunken. Von diesem Tiefpunkt aus wird in den nächsten 20 Jahren wieder mit moderatem Wachstum gerechnet. Die Zahl der neu zugelassenen Fahrzeuge soll in diesem Trendszenario von 74,3 Millionen Einheiten (2020) auf 96,0 Millionen im Jahr 2040 ansteigen. Das ist ein Zuwachs von nur etwa 29 Prozent über 20 Jahre oder 1,29 Prozent pro Jahr. Die Wachstumsrate ist in den Jahren bis 2025 etwas höher (3,8 Prozent pro Jahr), weil angenommen wird, dass der Einbruch des Jahres 2019 bis 2025 fast kompensiert werden kann. Die Zuwachsrate für den Zeitraum 2025 bis 2040 beträgt dann knapp 0,47 Prozent jährlich. Insgesamt ist das eine wenig dynamische Entwicklung. Zum Vergleich: Im Zeitraum der Jahre 2010 bis 2018 lag diese Wachstumsrate weltweit bei 3 Prozent.

Entlang dieser niedrigen Wachstumsraten im Gesamtmarkt wird es zu Strukturverschiebungen kommen. Das gilt nicht für die Anteile der Pkw und leichten Nutzfahrzeuge am Gesamtmarkt. Der Anteil der Pkw bleibt bis 2040 im vorliegenden Trendszenario bei rund 77 Prozent konstant (Abbildung 4-3).

### Abbildung 4-3: Weltweite Produktion von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen

Angaben in Millionen Fahrzeugen 2019 bis 2040



Quelle: eigene Darstellung

Erwartet wird aber ein tiefgreifender Wandel bei den Antrieben, den Automatisierungslevels und den Vernetzungsgraden der Fahrzeuge. Die Automobilindustrie wird in den nächsten zwanzig Jahren durch Strukturverschiebungen in mengenmäßig mehr oder weniger stagnierenden Märkten gekennzeichnet sein. Strukturwandel ohne größeres Wachstum bedeutet für die Unternehmen eine große Herausforderung.

#### Antriebe

Insgesamt ist ein Trend weg von klassischen Verbrennerantrieben (ICE und Mild-Hybrid) in Richtung batterieelektrische Antriebe zu erwarten. Bei den Leichtfahrzeugen (Pkw und leichte Nfz) dominieren heute mit einem Anteil von 95 Prozent die klassischen Verbrennerantriebe. Fahrzeuge mit einem Full-Hybrid- oder Plug-in-Hybrid-Antrieb haben einen Marktanteil von knapp 3 Prozent. Batterieantriebe kommen auf einen Anteil von nur knapp 2 Prozent. Die Brennstoffzelle spielt im Jahr 2020 noch keine Rolle (Tabelle 4-1). Der erwartete Wandel bis 2040 ist tiefgreifend:

- ▶ Die Anteile der Verbrennungsmotoren an den Neuzulassungen sollen von 95 Prozent (2020) auf nur noch ein Viertel (2040) sinken. Dieser Wandel beschleunigt sich über die Zeit. In fünf Jahren wird nach diesem Szenario der Anteil bei 80 Prozent liegen. Im Jahr 2030 sind es noch 61 Prozent. Der Anteil fällt bis 2035 weiter auf gut 41 Prozent und landet schließlich bei 24,7 Prozent (2040).
- ▶ Der Anteil der batteriebetriebenen Fahrzeuge wächst kontinuierlich von 2,0 Prozent (2020) auf 25,1 Prozent (2030) und 65,8 Prozent (2040).
- ▶ Hybridantriebe werden als Übergangstechnologie betrachtet. Ihr Anteil steigt bis 2025 auf fast 12 Prozent, verharrt bis 2030 in etwa auf diesem Niveau und fällt danach wieder ab. 2040 wird mit einem Anteil von knapp 6 Prozent gerechnet.
- ▶ Mit der Einführung der Brennstoffzelle ist vor 2030 nicht zu rechnen. In zehn Jahren soll der Anteil bei rund einem Prozent liegen und bis 2040 kontinuierlich auf gut 4 Prozent steigen. Das wären immerhin weltweit 3,8 Millionen Leichtfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieben.

**Tabelle 4-1: Weltweite Neuzulassungen Fahrzeuge nach Antriebsarten**

Trendszenario; in Millionen Einheiten, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

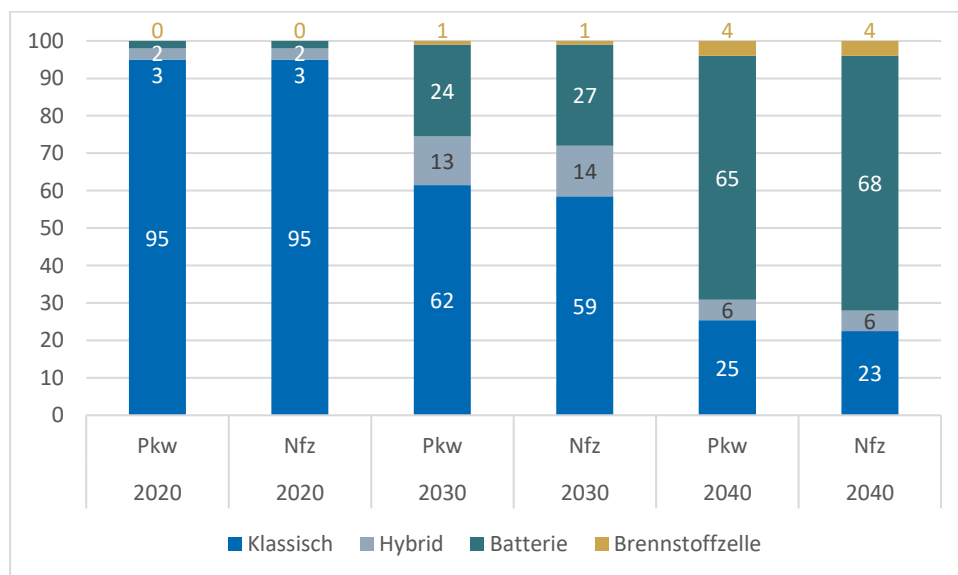
	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Zahl der Fahrzeuge</b>					
Klassisch	70,6	71,9	55,6	38,6	23,7
Hybrid	2,2	10,5	12,0	8,9	5,3
Batterieelektrisch	1,5	7,1	22,9	44,1	63,1
Brennstoffzelle	0,0	0,0	0,9	1,9	3,8
<b>Gesamt</b>	<b>74,3</b>	<b>89,5</b>	<b>91,4</b>	<b>93,5</b>	<b>96,0</b>
<b>Anteile in Prozent</b>					
Klassischer Antrieb	95,0	80,3	60,8	41,3	24,7
Hybridantrieb	3,0	11,8	13,1	9,5	5,5
Batterieelektrisch	2,0	7,9	25,1	47,2	65,8
Brennstoffzelle	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Der Trend weg von klassischen Verbrennerantrieben ist in etwa gleichem Ausmaß sowohl bei den Pkw und den leichten Nutzfahrzeugen zu erwarten. Bei den Nutzfahrzeugen wird lediglich ein etwas höherer Anteil bei batterieelektrischen Antrieben für 2040 (68 Prozent gegenüber 65 Prozent bei den Pkw) erwartet.

**Abbildung 4-4: Strukturverschiebungen bei Antrieben bis 2040**

Angaben in Prozent, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge



Quelle: eigene Darstellung

## Automatisierung

Bei der Automatisierung gibt es einen klaren Trend hin zu hochautomatisiertem (Level 3) und vollautomatisiertem Fahren (Level 4). Fahrerloses Fahren (Level 5) bleibt bis 2040 eine Nische mit relativ kleinen Marktanteilen (Tabelle 4-2):

- ▶ Die Fahrzeuge ohne Assistenzsysteme (Level 0) werden an Bedeutung verlieren. Der Marktanteil fällt von 45 Prozent heute auf nur noch gut 4 Prozent im Jahr 2040. Auch die Level-1-Fahrzeuge (Assistenzsysteme) verlieren Marktanteile – von etwa 44 Prozent heute auf knapp 8 Prozent in zwanzig Jahren.
- ▶ Gewinner sind Systeme, die hochautomatisiertes Fahren unterstützen (Level 3). Heute sind weltweit erst knapp 1,2 Millionen Fahrzeuge (1,6 Prozent) mit dieser Technologie ausgestattet. Im Jahr 2040 werden es knapp 35 Millionen Einheiten mit einem Marktanteil von gut 36 Prozent sein.
- ▶ Auch das vollautomatisierte Fahren gewinnt an Bedeutung. Heute ist noch kaum ein Fahrzeug damit ausgestattet – im Jahr 2030 sollen es knapp 9 Prozent und zehn Jahre später etwa 17 Prozent sein.
- ▶ Eher eine Nische bleibt das fahrerlose Fahren (Level 5). Im Jahr 2030 sollen aber immerhin 1,7 Millionen Fahrzeuge diese Eigenschaften haben – im Jahr 2040 sind es in diesem Szenario bereits mehr als 7 Millionen Fahrzeuge. Der Marktanteil wäre dann bei rund 7,5 Prozent. Zur Lösung steigender Herausforderungen im urbanen Raum werden neue Mobilitätsformen und -angebote benötigt. Dies beschleunigt die Entwicklung und Marktdiffusion von Robotaxis (Level 5) ab dem Jahr 2030.

**Tabelle 4-2: Weltweite Neuzulassungen Fahrzeuge nach Automatisierungslevel**

Trendszenario; in Millionen Einheiten, Pkw und Nutzfahrzeuge

	2020	2025	2030	2035	2040
Anzahl der Fahrzeuge					
Level 0	33,3	24,0	7,7	6,2	4,2
Level 1	33,0	20,5	16,1	10,3	7,8
Level 2	6,8	31,3	32,7	31,9	25,2
Level 3	1,2	12,6	25,2	28,1	34,9
Level 4	0,0	1,1	8,0	13,1	16,6
Level 5	0,0	0,0	1,7	3,9	7,2
<b>Gesamt</b>	<b>74,3</b>	<b>89,5</b>	<b>91,4</b>	<b>93,5</b>	<b>96,0</b>
Anteile in Prozent					
Level 0	44,9	26,8	8,4	6,6	4,4
Level 1	44,4	22,9	17,6	11,0	8,1
Level 2	9,1	35,0	35,8	34,1	26,3
Level 3	1,6	14,1	27,6	30,0	36,3
Level 4	0,0	1,2	8,7	14,0	17,3
Level 5	0,0	0,0	1,8	4,2	7,5
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

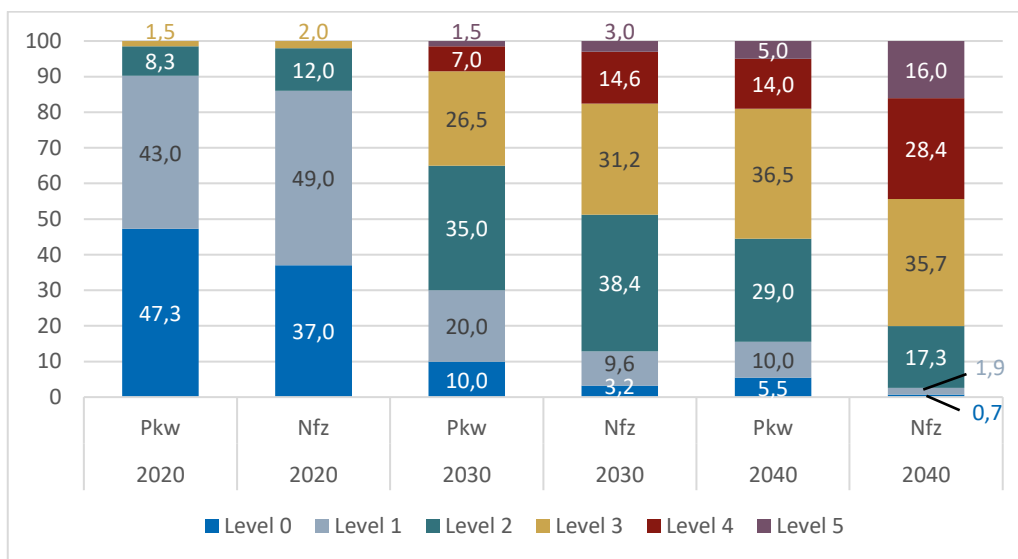
Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Im Gegensatz zu den Antrieben gibt es bei der Automatisierung Unterschiede im Strukturwandel zwischen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen. Bei Letzteren geht der Wandel schneller und deutlicher in Richtung höhere Automatisierungslevels (Abbildung 4-5):

- ▶ Bereits heute sind bei den Nutzfahrzeugen höhere Anteile vernetzt. 63 Prozent dieser Fahrzeuge haben Assistenzsysteme (Level 1), sind teilautomatisiert (Level 2) oder hochautomatisiert (Level 3). Bei den Pkw liegt dieser Anteil erst bei 53 Prozent. Bei beiden Fahrzeugtypen spielt das vollautomatisierte oder fahrerlose Fahren noch keine Rolle.
- ▶ Bereits bis 2030 laufen die Entwicklungen stark auseinander. Im Jahr 2030 erreichen die Nutzfahrzeuge Anteile in den Leveln 3 oder höher von fast 49 Prozent, bei den Pkw sind es 35 Prozent. In zehn Jahren sollen weltweit 3 Prozent der Nutzfahrzeuge fahrerlos sein können. Bei den Pkw ist dieser Anteil nur halb so hoch.
- ▶ In den Jahren 2030 bis 2040 verschärfen sich diese Unterschiede. Mehr als zwei Fünftel der Nutzfahrzeuge sind dann mit Systemen der Level 4 oder 5 ausgestattet. Vollautomatisiertes und fahrerloses Fahren gehören dann zum Standard. Bei den Pkw soll dieser Anteil bei nur 19 Prozent liegen. Damit übernehmen die Nutzfahrzeuge eine Treiberfunktion bei der Automatisierung der Fahrzeuge.

**Abbildung 4-5: Strukturverschiebungen bei der Automatisierung bis 2040**

Angaben in Prozent; Pkw und leichte Nutzfahrzeuge



Quelle: eigene Darstellung

## Vernetzung

Bei der Entwicklung der Vernetzung sind zwei Aussagen wichtig:

- ▶ Der Anteil der nicht-vernetzten Fahrzeuge wird deutlich abnehmen. Der Anteil liegt heute bei knapp einem Viertel. Bereits in fünf Jahren werden es nur knapp 5 Prozent sein. Ab 2030 werden nicht-vernetzte Fahrzeuge mit einem Marktanteil von nur einem Prozent kaum noch eine Rolle spielen.



- ▶ Der Anteil der Fahrzeuge, die über die Embedded-Technologien vernetzt sind, nimmt zu. Im Jahr 2040 werden 71 Prozent der Fahrzeuge mit dieser und 28 Prozent mit Tethered-Technologie ausgestattet sein. Bezogen auf alle vernetzten Fahrzeuge steigt der Anteil der Fahrzeuge mit Embedded-Technologien von 63 Prozent (2020) auf 72 Prozent (2040). Das verdeutlicht den Bedeutungszuwachs im Vergleich zu den Tethered-Technologien.

**Tabelle 4-3: Weltweite Neuzulassungen Fahrzeuge nach Vernetzungstechnologien**

Trendszenario; in Millionen Einheiten, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

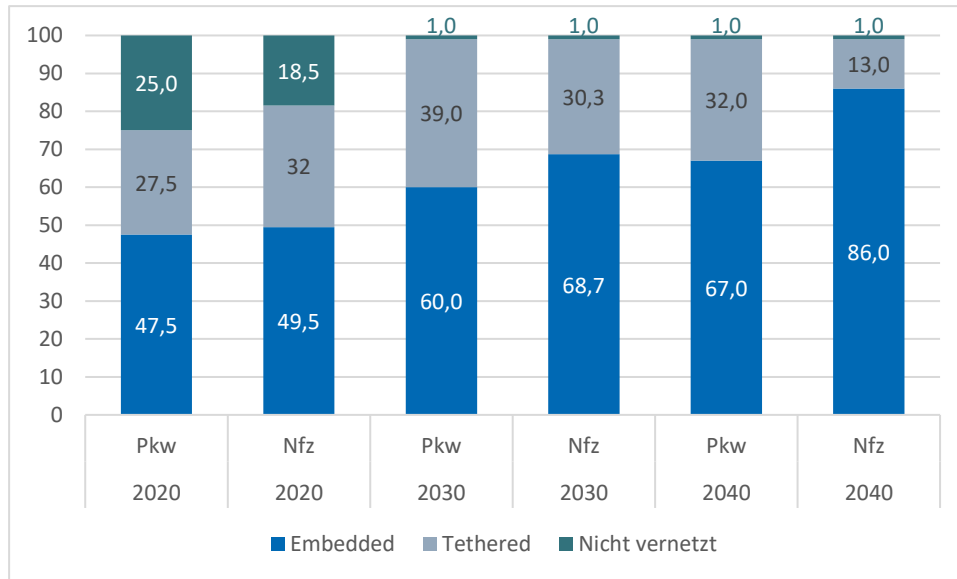
	2020	2025	2030	2035	2040
Anzahl der Fahrzeuge					
Embedded	35,6	52,4	56,7	61,7	68,5
Tethered	21,2	33,0	33,8	30,9	26,5
Nicht vernetzt	17,4	4,1	0,9	0,9	1,0
<b>Gesamt</b>	<b>74,3</b>	<b>89,5</b>	<b>91,4</b>	<b>93,5</b>	<b>96,0</b>
Anteile in Prozent					
Embedded	48,0	58,6	62,0	66,0	71,4
Tethered	28,5	36,9	37,0	33,0	27,6
Nicht vernetzt	23,5	4,5	1,0	1,0	1,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Bei der Vernetzung gibt es Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen. Bei den Nutzfahrzeugen ist der Wandel zu den Embedded-Systemen deutlich stärker ausgeprägt als bei den Pkw. Im Jahr 2040 soll dieser Anteil bei den Nfz 86 Prozent betragen, bei den Pkw sind es nur 67 Prozent.

**Abbildung 4-6: Strukturverschiebungen bei der Vernetzung bis 2040**

Angaben in Prozent; Pkw und leichte Nutzfahrzeuge



Quelle: eigene Darstellung

4.2.3 Überblick über die Entwicklung der Marktvolumina bis 2040

In diesem Kapitel werden die globalen Marktvolumen der Systeme bis 2040 berechnet, die aufgrund der oben beschriebenen Trends bei der Fahrzeugelektrifizierung-, -automatisierung und -vernetzung zu erwarten sind. Berechnet werden diese Volumina auf der Ebene von 45 Komponenten (siehe Kapitel 4.1), die zu genannten 18 Einzelsystemen (siehe Abbildung 4-2) aggregiert werden. Die Berichterstattung erfolgt auf der Systemebene der beiden beschriebenen Referenzfahrzeuge.

Die Tabelle 4-4 zeigt die Marktentwicklung in Eurobeträgen zwischen 2020 und 2040. Dabei sollen zunächst die Teilmärkte betrachtet werden, die unmittelbar der Transformation unterliegen. Das sind die Antriebe sowie die Automatisierung und Vernetzung der Fahrzeuge. Nur für diese Teile der Fahrzeuge können mit dem Fraunhofer-Modell die Marktvolumina in Szenarien erfasst werden. Sie werden daher als „betrachtete Systeme“ bezeichnet.

Die Marktvolumina dieser betrachteten Systeme (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge) nimmt von 721 Milliarden Euro (2020) auf 1.198 Milliarden Euro (2040) zu. Das ist ein Wachstum von 66 Prozent über 20 Jahre oder von 2,6 Prozent pro Jahr. Die wichtigste Ableitung daraus ist, dass die Transformation bei der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung entlang eines schwach wachsenden Marktvolumens stattfindet. Ein Strukturwandel entlang eines Wachstumspfad ist immer leichter zu bewältigen als bei schrumpfenden Märkten. Diese Beobachtung gilt für Pkw genauso wie für leichte Nutzfahrzeuge. Wichtig sind drei Entwicklungen:

- Die Wachstumsdynamik lässt im Zeitablauf nach. In den nächsten fünf Jahren sollen die Marktvolumina in diesen betrachteten Systemen von 721 Milliarden (2020) auf 1.014 Milliarden Euro (2025) steigen. Das ist ein Zuwachs von 41 Prozent. In den fünf Jahren zwischen 2025 und 2030 beträgt diese Rate nur noch 14 Prozent. Sie fällt weiter und erreicht im Zeitraum 2030 bis 2035

nur noch 3,5 Prozent. Die letzten fünf Jahre des Szenarios sind nahezu durch Stagnation geprägt (+0,5 Prozent).

- ▶ Die Märkte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge wachsen in sehr ähnlicher Dimension. Der Anteil der Pkw an dem Marktvolumen der betrachteten Systeme verharrt bis 2040 bei 77 Prozent.
- ▶ Zwischen den drei betrachteten Systemen gibt es starke Strukturverschiebungen in Richtung Automatisierung und Vernetzung. Der Anteil der Antriebe fällt von 73 Prozent (2020) über 58 Prozent (2030) auf nur noch 48 Prozent (2040). Der Grund liegt darin, dass der Wechsel zu höheren Automatisierungs- und Vernetzungsgraden mit höheren Durchschnittspreisen für die Systeme einhergehen, während der Wandel bei den Antrieben tendenziell bei konvergierenden und fallenden Preispfaden stattfindet. Die wichtigste Ableitung aus dieser Analyse ist, dass nicht die Antriebe, sondern die Automatisierung und die Vernetzung der Fahrzeuge die Wachstumsmärkte der Zukunft sind.

**Tabelle 4-4: Marktvolumen nach Bereichen**

Trendszenario; in Milliarden Euro, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

	2020	2025	2030	2035	2040
Pkw und Nutzfahrzeuge					
Antriebe	530	664	671	634	580
Automatisierung	96	189	283	286	280
Vernetzung	96	162	198	272	338
<b>Betrachtete Systeme</b>	<b>721</b>	<b>1.014</b>	<b>1.152</b>	<b>1.192</b>	<b>1.198</b>
Sonstige Systeme	1.364	1.771	1.948	2.146	2.375
<b>Gesamt</b>	<b>2.085</b>	<b>2.785</b>	<b>3.100</b>	<b>3.339</b>	<b>3.573</b>
Pkw					
Antriebe	420	525	533	505	464
Automatisierung	70	136	205	206	199
Vernetzung	72	124	152	207	255
<b>Betrachtete Systeme</b>	<b>562</b>	<b>785</b>	<b>890</b>	<b>918</b>	<b>919</b>
Sonstige Systeme	1.007	1.308	1.438	1.585	1.753
<b>Gesamt</b>	<b>1.570</b>	<b>2.093</b>	<b>2.328</b>	<b>2.503</b>	<b>2.672</b>
Nutzfahrzeuge					
Antriebe	110	139	139	129	115
Automatisierung	26	53	77	80	81
Vernetzung	23	38	47	65	83
<b>Betrachtete Systeme</b>	<b>159</b>	<b>229</b>	<b>263</b>	<b>275</b>	<b>279</b>
Sonstige Systeme	357	463	509	561	621
<b>Gesamt</b>	<b>516</b>	<b>693</b>	<b>772</b>	<b>836</b>	<b>900</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Neben den betrachteten Systemen der Fahrzeugelektrifizierung, der -automatisierung und -vernetzung müssen auch die Sonstigen Systeme (u. a. Fahrwerk, Karosserie, Licht, Reifen, Interieur und Exterieur) beachtet werden. Die Marktvolumina dieser Fahrzeugkomponenten sind in dem durch das

Fraunhofer IAO verwendetes Modell nicht berücksichtigt. Deshalb müssen andere Verfahren zur Abschätzung herangezogen werden. Hier wird ein Ansatz gewählt, der auf den Durchschnittspreisen von Fahrzeugen und seiner Entwicklung bis 2040 ansetzt. Bei diesem Preisansatz wird auf Grundlage von Recherchen und Experteneinschätzungen ein Durchschnittspreis für ein Pkw von 27.500 Euro und für ein Nutzfahrzeug von 30.000 Euro angenommen. Daraus errechnet sich ein Durchschnittspreis für ein Leichtfahrzeug von gut 28.000 Euro. Diese Preise können mit den Produktionsmengen aus der Szenario-Schätzung multipliziert und das Marktvolumen entsprechend ermittelt werden. Für 2020 errechnet sich für die Leichtfahrzeuge ein Marktvolumen von 2.085 Milliarden Euro. Die Differenz dieses Betrages zu den Marktvolumen der betrachteten Systeme (721 Milliarden Euro) ergibt das Volumen der Sonstigen Systeme (1.364 Milliarden Euro). Das lässt sich entsprechend getrennt für Pkw und Nutzfahrzeuge berechnen. Die Sonstigen Systeme haben bei den Pkw ein Volumen 1.007 Milliarden Euro; bei den Nutzfahrzeugen sind es 357 Milliarden Euro.

Die Größenordnung der Abschätzung des gesamten Marktes kann durch Überschlagsrechnung mit einer anderen Methode validiert werden. Grundlage dafür sind international verflochtene Input-Output-Tabellen. Damit lässt sich ausrechnen, wieviel Konsum weltweit an der Nachfrage nach Kraftfahrzeugen hängt. Im Jahr 2015 waren das 2.053 Milliarden Euro<sup>4</sup>. In dem oben beschriebenen Preisansatz wird für 2020 ein Marktvolumen von rund 2.085 Milliarden Euro ausgewiesen. Das sind über die fünf Jahre gerechnet rund 1,6 Prozent mehr. Wenn die Automärkte zwischen 2015 und 2020 um 0,3 Prozent pro Jahr gewachsen wären, wären die beiden Konzepte deckungsgleich. Insgesamt weichen die Ergebnisse der beiden Schätzmethoden so wenig voneinander ab, dass die IOT-Methode zur Plausibilisierung der verwendeten Durchschnittspreismethode verwendet werden kann. Insgesamt ist der gewählte Preisansatz im Vergleich zur IOT-Methode jedoch zeitnäher, differenzierter, leichter verständlich und einfacher umzusetzen.

In den Folgejahren müssen die Marktvolumina der Sonstigen Systeme mit einer Wachstumsrate fortgeschrieben werden. Dafür gibt es zwei Alternativen<sup>5</sup>:

- ▶ Preise der Sonstigen Systeme verändern sich mit derselben Rate wie die Preise der „betrachteten Systeme“. Das bedeutet, dass die Anteile dieser beiden Subsysteme konstant bleiben.
- ▶ Die Preise der Sonstigen Systeme wachsen mit einer konstanten Rate bis 2040. In der vorliegenden Basisvariante wird eine Preissteigerungsrate von 1,5 Prozent pro Jahr angenommen. Das führt zu sich verändernden Anteilen der Sonstigen Systeme an dem Gesamtmarkt. Im Jahr 2020 sind es 65,4 Prozent. Danach fällt der Anteil auf 63,6 Prozent (2025) und 62,8 Prozent (2030) und steigt dann auf 64,3 Prozent (2035) und 66,5 Prozent (2040).

Bei den Preisverläufen wird im Folgenden von einer konstanten Wachstumsrate der Preise von 1,5 Prozent pro Jahr ausgegangen. Das entspricht in etwa der Preisentwicklung der Systeme, die der Transformation unterliegen. Dort wird mit einem durchschnittlichen Preisanstieg von 1,2 Prozent pro Jahr gerechnet. Der etwas höhere Wert für die Sonstigen Systeme ergibt sich aus den qualitativen Einschätzungen in den im Rahmen dieser Studie durchgeführten Expertenworkshops. Allerdings ist die Zeitstruktur der Preisverläufe der Sonstigen Systeme und der Systeme, die der Transformation unterliegen, verschoben. Die U-förmige Entwicklung der Marktanteile der Sonstigen Systeme lässt sich begründen. Insbesondere die Batterie- und Brennstoffzellenantriebe befinden sich in der Markteinführungsphase. Die noch geringeren Stückzahlen führen zu hohen Stückkosten, die aber mit steigenden Ausbringungsmengen ab 2025 fallen. Insgesamt rechtfertigt das die Modellierung höhere Anteile

<sup>4</sup> Aktuellere Daten als für 2015 liegen derzeit auf internationaler Ebene nicht vor.

<sup>5</sup> Natürlich sind andere Preispfade denkbar. Der Erkenntnisgewinn weiterer Varianten ist aber gering; sie können deshalb unterbleiben.

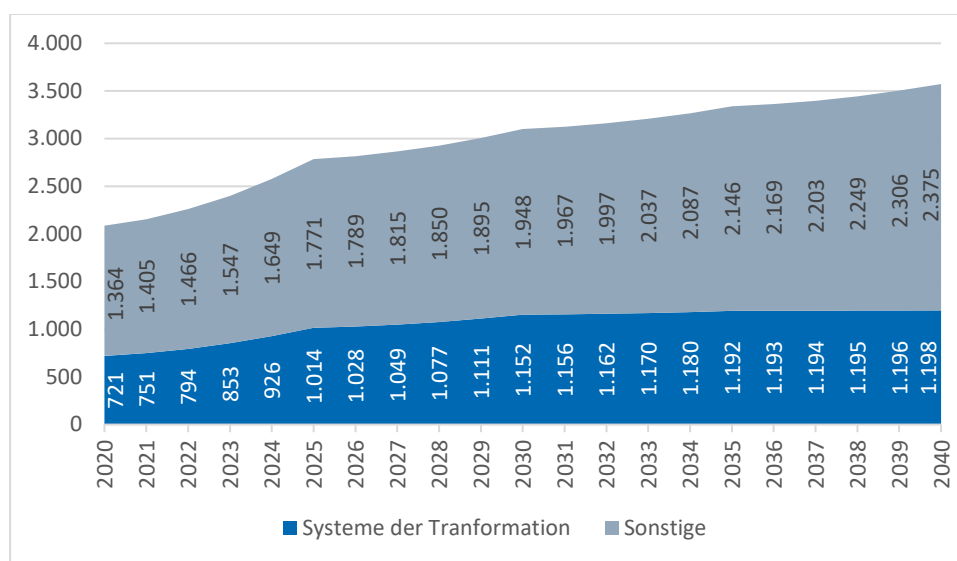
der Fahrzeugelektrifizierung, -automatisierung und -vernetzung an den Gesamtmarktvolumen in den Jahren 2020 bis 2030. Danach begründen Skaleneffekte wieder leicht fallende Anteile.

Die Tabelle 4-4 zeigt die Marktentwicklung unter der Annahme, dass die Preise für die Sonstigen Systeme um 1,5 Prozent pro Jahr steigen. Die Entwicklungen bei den Pkw und bei den Nutzfahrzeugen ist strukturell sehr ähnlich; deshalb kann von einer differenzierenden Betrachtung abgesehen werden<sup>6</sup>.

Unter diesen Annahmen steigt das Marktvolumen der Sonstigen Systeme von 1.364 Milliarden Euro (2020) auf 2.375 Milliarden Euro an (Tabelle 4-4 und Abbildung 4-7). Die Volumina bei den Systemen, die der Transformation unterliegen (Antriebe, Automatisierung und Vernetzung), nehmen bis 2030 zu. Diese Verläufe sind von dem oben beschriebenen Preismodell abhängig.

#### Abbildung 4-7: Entwicklung des globalen Marktvolumens bis 2040

Angaben in Milliarden, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge



Quelle: eigene Darstellung

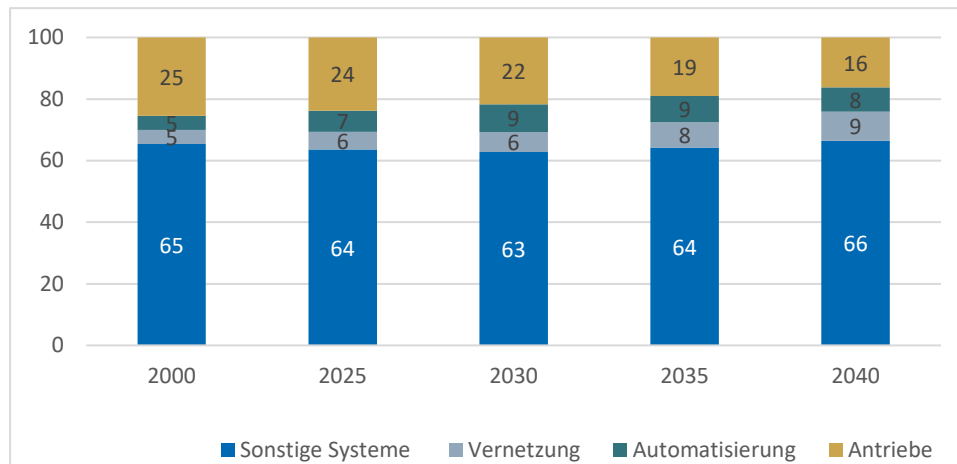
Die Abbildung 4-8 zeigt nochmals im Überblick die Strukturverschiebungen, die sich im Trendszenario und bei den unterstellten Preisverläufen für die Sonstigen Systeme ergeben. Die Anteile

- ▶ der Antriebe an den Marktvolumina fällt im Zeitablauf,
- ▶ der Automatisierung und Vernetzung steigen (Automatisierung nur bis 2035) und
- ▶ der Sonstigen Systeme nehmen zunächst ab und steigen ab 2030 wieder an.

<sup>6</sup> Der Anteil der Nutzfahrzeuge steigt (ähnlich wie bei der Stückzahlbetrachtung) von 4,4 Prozent (2020) auf 6,7 Prozent (2040).

**Abbildung 4-8: Strukturverschiebungen im Weltautomobilmärkten 2020 bis 2040**

Angaben in Prozent, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge



Quelle: eigene Darstellung

#### 4.2.4 Marktvolumina nach Systemen

Die Entwicklung der Marktvolumen lässt sich differenzierter darstellen. Im Folgenden sollen die Antriebsarten genauer analysiert werden. Danach folgt ein Blick auf die Systemebene, die insgesamt achtzehn unterschiedliche Teile unterscheidet. Die Tabelle 4-5 zeigt die Marktvolumen von 2020 bis 2040 in Fünfjahresschritten. Die nachfolgende Tabelle 4-6 gibt einen Überblick über die Veränderungen nach Zeiträumen in Milliarden Euro.

##### Antriebe

Mit Blick auf die Systeme, die zu den Antrieben gehören, ist festzuhalten:

- ▶ Das Marktvolumen für Verbrennungsmotoren fällt von 233 Milliarden Euro (2020) auf nur noch 87 Milliarden Euro (2040) dramatisch. Der Abbau verschärft sich im Zeitablauf.
- ▶ Eine ähnliche Entwicklung ist bei allen Systemen zu erwarten, die technologisch sehr eng mit dem Verbrennungsmotor verbunden sind. Dazu zählen Abgas- und Kraftstoffsysteme, Effizienztechnologien und Nebenaggregate. Die Marktvolumen dieser Systeme halbieren sich fast. Sie fallen von 148 Milliarden Euro (2020) auf knapp 85 Milliarden Euro (2040).
- ▶ Fallende Marktvolumina werden auch bei Getrieben erwartet, obwohl diese auch bei den Elektroantrieben benötigt werden – allerdings in weniger komplexer Ausgestaltung.
- ▶ Zunehmende Marktvolumina werden für das Thermomanagement und die Leistungselektronik geschätzt. Der Grund dafür liegt darin, dass diese Komponenten in modifizierter Form in allen Antriebssystemen benötigt werden.
- ▶ Stark steigende Marktvolumina sind bei allen Komponenten zu erwarten, die zur Elektromobilität zählen und in Fahrzeugen mit Verbrennerantrieben nicht benötigt werden. Dazu zählen Elektromotoren, Batterien, Brennstoffzellen und die Ladetechnik. Diese Systeme werden von 18 Milliarden Euro (2020) auf 271 Milliarden Euro (2040) zulegen. Das bedeutet ein Wachstum von 14,4 Prozent pro Jahr.

- Die Traktionsbatterie wird das mit Abstand wichtigste Einzelsystem. Das Marktvolumen wird mit 162 Milliarden Euro für 2040 geschätzt. Die Zuwächse flachen allerdings aufgrund von Preiseffekten ab 2035 ab.

**Tabelle 4-5: Marktvolumina nach Systemen**

Trendszenario; in Milliarden Euro, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Antriebe</b>					
Verbrennungsmotoren	232,6	255,2	205,1	142,9	87,0
Abgas	52,4	67,7	62,6	49,0	33,1
Effizienztechnologien	41,1	54,9	53,4	40,6	28,8
Kraftstoff	29,1	33,0	27,0	19,0	11,6
Nebenaggregate	25,0	28,2	23,5	17,3	11,2
Getriebe	76,9	88,9	78,4	63,5	49,2
Thermomanagement	32,8	41,0	43,1	44,6	44,8
Leistungselektronik	21,6	29,5	34,5	39,2	42,7
Elektrische Antriebe	5,7	15,9	27,1	37,0	45,0
Traktionsbatterien	10,2	38,0	87,6	135,9	162,2
Brennstoffzellen	0,0	0,0	7,2	13,6	25,8
Ladetechnik	2,6	11,7	22,0	31,5	38,3
<b>Gesamt</b>	<b>529,9</b>	<b>664,0</b>	<b>671,5</b>	<b>634,2</b>	<b>579,7</b>
<b>Automatisierung</b>					
Umfelderfassung	16,6	55,8	105,2	117,0	124,6
Datenverarbeitung	38,7	65,5	87,2	85,1	83,0
Aktorik	38,4	59,9	81,0	76,0	68,6
Ortung	1,8	7,6	9,3	8,1	4,2
<b>Gesamt</b>	<b>95,5</b>	<b>188,8</b>	<b>282,7</b>	<b>286,2</b>	<b>280,3</b>
<b>Vernetzung</b>					
Kommunikationssysteme	24,7	36,3	38,7	41,0	44,2
Informationssysteme	66,6	110,1	127,1	140,9	155,9
Connected Car Services	4,5	15,2	32,3	90,0	137,8
<b>Gesamt</b>	<b>95,7</b>	<b>161,7</b>	<b>198,2</b>	<b>272,0</b>	<b>337,9</b>
<b>Sonstige</b>	<b>1.364,1</b>	<b>1.771,0</b>	<b>1.947,5</b>	<b>2.146,2</b>	<b>2.374,7</b>
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>2.085,3</b>	<b>2.785,4</b>	<b>3.099,9</b>	<b>3.338,5</b>	<b>3.572,6</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

**Tabelle 4-6: Veränderung der Marktvolumina nach Systemen und Zeiträumen**

Trendszenario; in Milliarden Euro, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

	2020/2025	2025/2030	2030/2035	2035/2040	2020/2040
<b>Antriebe</b>					
Verbrennungsmotoren	22,6	-50,2	-62,2	-55,9	-145,6
Abgas	15,4	-5,2	-13,5	-16,0	-19,3
Effizienztechnologien	13,8	-1,6	-12,8	-11,7	-12,3
Kraftstoff	3,8	-5,9	-8,0	-7,4	-17,5
Nebenaggregate	3,1	-4,6	-6,2	-6,1	-13,9
Getriebe	11,9	-10,5	-14,9	-14,3	-27,7
Thermomanagement	8,3	2,1	1,5	0,1	12,0
Leistungselektronik	7,9	5,1	4,7	3,5	21,1
elektrische Antriebe	10,2	11,2	9,9	8,0	39,4
Traktionsbatterien	27,8	49,6	48,3	26,3	152,0
Brennstoffzellen	0,0	7,2	6,4	12,2	25,8
Ladetechnik	9,1	10,3	9,6	6,8	35,7
<b>Gesamt</b>	<b>134,1</b>	<b>7,5</b>	<b>-37,3</b>	<b>-54,5</b>	<b>49,8</b>
<b>Automatisierung</b>					
Umfelderfassung	35,6	47,7	11,4	7,3	101,9
Datenverarbeitung	20,8	20,9	-2,0	-2,1	37,6
Aktorik	15,7	20,4	-4,9	-7,1	24,1
Ortung	5,4	1,7	-1,2	-3,7	2,1
<b>Gesamt</b>	<b>77,5</b>	<b>90,6</b>	<b>3,3</b>	<b>-5,6</b>	<b>165,8</b>
<b>Vernetzung</b>					
Kommunikationssysteme	11,6	2,4	2,3	3,2	19,5
Informationssysteme	43,5	17,0	13,8	14,9	89,3
Connected Car Services	10,8	17,1	57,7	47,8	133,3
<b>Gesamt</b>	<b>65,9</b>	<b>36,5</b>	<b>73,8</b>	<b>65,9</b>	<b>242,1</b>
<b>Sonstige</b>	<b>406,8</b>	<b>176,5</b>	<b>198,7</b>	<b>228,5</b>	<b>1.010,5</b>
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>700,1</b>	<b>314,5</b>	<b>238,6</b>	<b>234,1</b>	<b>1.487,3</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Die Abbildung 4-9 fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen:

- ▶ Alle Systeme, die vorrangig am klassischen ICE-Motor<sup>7</sup> hängen, werden massiv an Marktvolumen verlieren.
- ▶ Die Kernsysteme der Elektromobilität, insbesondere Batterien, sind auf Wachstumskurs, können aber die Verluste aus den Verbrennerantrieben nicht vollständig kompensieren.

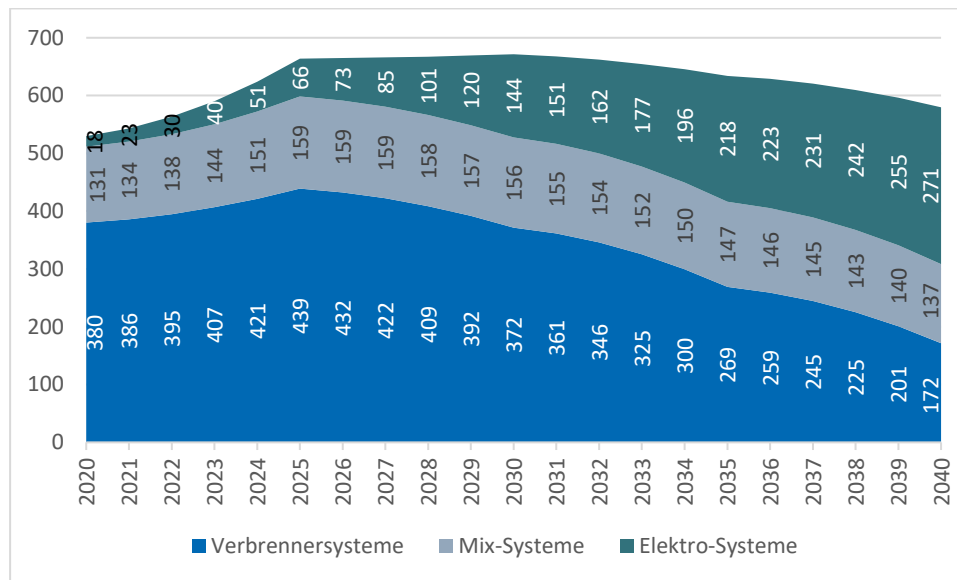
<sup>7</sup> Kleinere Teile des Marktvolumens werden auch in Hybrid-Fahrzeugen verbaut.



- Ein stabilisierender Faktor sind die Mix-Systeme, die in allen Jahren bis 2040 einen kaum schwankenden Anteil an den Marktvolumen bei den Antrieben haben. Dazu zählen Thermomanagement, die Getriebe und die Leistungselektronik. Diese Teile werden sowohl in Verbrennerantrieben als auch in rein elektrischen Antrieben benötigt.

### Abbildung 4-9: Marktentwicklung bei Systemen im Bereich Antriebe bis 2040

Angaben in Milliarden Euro, Pkw und leichte Nutzfahrzeuge



Verbrennersysteme: Verbrennungsmotoren, Abgas- und Kraftstoffsysteme, Effizienztechnologien und Nebenaggregate

Mix-Systeme: Getriebe, Thermomanagement und Leistungselektronik

Elektro-Systeme: Elektromotoren, Ladetechnik, Batterien und Brennstoffzellen

Quelle: eigene Darstellung

### Automatisierung

Im Bereich der Automatisierung ist die Umfelderkennung ein stark wachsendes Segment. Das Marktvolumen soll sich von 2020 bis 2040 mehr als versiebenfachen. Die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate beträgt fast 11 Prozent. Zu der Umfelderkennung gehören Kameras, Radar- oder Lidarsysteme. Auch die Marktvolumina im Bereich Datenverarbeitungs-, Aktorik- und Ortungssysteme wachsen bis 2030 und schrumpfen dann in unterschiedlichem Ausmaß. Verantwortlich dafür sind wiederum Preiseffekte. Insgesamt ist in diesen Feldern ein Wachstum von knapp 3,5 Prozent pro Jahr bis 2040 zu erwarten.

### Vernetzung

Im Bereich der Vernetzung haben die Fahrerinformationssysteme den größten Anteil bei den Vernetzungstechnologien. Im Jahr 2040 soll das Marktvolumen 156 Milliarden Euro betragen. Dabei wird mit einem kontinuierlichen Wachstum bis 2040 gerechnet. Die jahresdurchschnittliche Zuwachsrate wird in diesem Trendszenario mit 4,3 Prozent geschätzt. Auch die Marktvolumen der Kommunikationssysteme wachsen etwas weniger stark. Es wird 2040 mit einem Zuwachs von 3,0 Prozent pro Jahr gerechnet. Im Gegensatz dazu entwickeln sich die Connected Car Services sehr dynamisch. Das Marktvolumen steigt von 4,5 Milliarden Euro (2020) auf 138 Milliarden Euro (2040). Das bedeutet ein Zuwachs von

fast 19 Prozent pro Jahr. Vor allem im Zeitraum 2030 bis 2040 wird mit verstärktem Wachstum gerechnet. Bei den als Connected Car Services bezeichneten Volumen handelt es sich um Dienstleistungen, welche eine digitalbasierte und serviceorientierte Wertschöpfung generieren. Hierunter fallen beispielsweise kostenpflichtige Softwareupdates „Over-the-Air“, die Freischaltung weiterer Fahrzeugfunktionen auf Abruf oder für einen begrenzten Zeitraum und neuartige digitale Inhalte beispielsweise zu Unterhaltungszwecken.

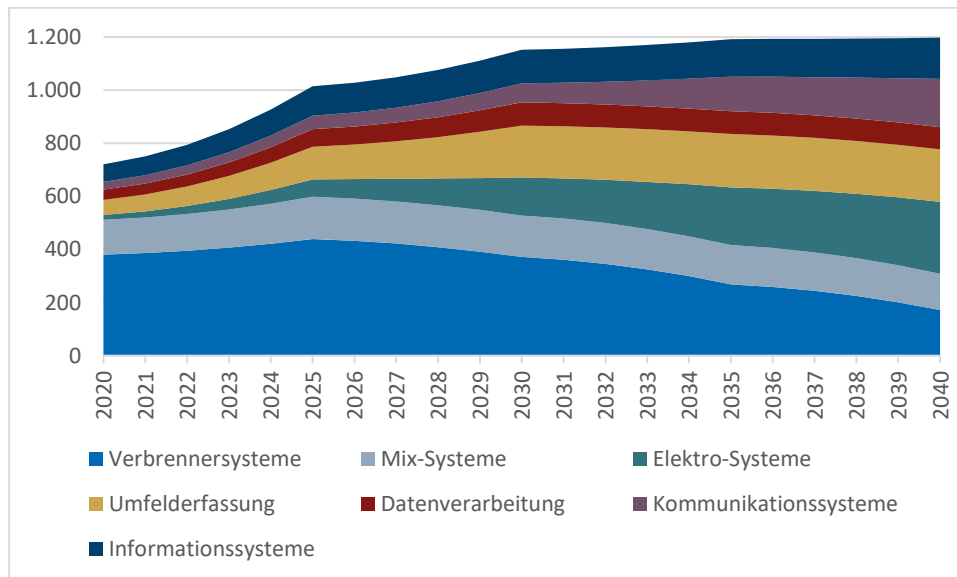
**Fazit**

Die Abbildung 4-10 zeigt nochmal im Überblick die Marktentwicklungen bei den betrachteten Systemen:

- ▶ Die Systeme rund um die Verbrennungsmotoren verlieren deutlich an Marktvolumen.
- ▶ Die Mix-Systeme, also Komponenten in allen Antriebsarten Verwendung finden, halten in etwa die Bedeutung.
- ▶ Systeme der Fahrzeugelektrifizierung wachsen sehr stark, können aber die Rückgänge bei den Verbrennungsantrieben nicht vollständig kompensieren.
- ▶ Informations- und Kommunikationssysteme gehören zu den Wachstumstreibern der Fahrzeuge der Zukunft. Dort wird ein überdurchschnittliches Wachstum erwartet.
- ▶ Die Entwicklungen erfahren ab 2030 nochmals eine Beschleunigung.

**Abbildung 4-10: Marktentwicklung nach Systemen bis 2040**

Angaben in Milliarden Euro, Leichtfahrzeuge nach Antrieben, Automatisierung und Vernetzung



Verbrennersysteme: Verbrennungsmotoren, Abgas- und Kraftstoffsysteme, Effizienztechnologien und Nebenaggregate

Mix-Systeme: Getriebe, Thermomanagement und Leistungselektronik

Elektro-Systeme: Elektromotoren, Ladetechnik, Batterien und Brennstoffzellen; Umfelderkennung einschließlich Aktorik und Ortung

Kommunikationssysteme einschließlich Connected Car Services

Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.2.5 Marktvolumina nach Referenzfahrzeugen

Die Szenarien in dieser Studie sind zur Hauptsache differenziert nach Referenzfahrzeugen aufgebaut. Das gilt insbesondere für die NRW-Szenarien in Kapitel 7. Im Mittelpunkt dabei stehen Antriebsarten, Automatisierungslevel und Vernetzungstechnologien. Tabelle 4-7 und Tabelle 4-8 zeigen die Ergebnisse. Dabei werden jeweils alle Komponenten berücksichtigt, die zu einer Antriebsart, einem Automatisierungslevel oder einem Vernetzungsgrad gehören. Die Ausführungen können knapp gehalten werden, weil die Fakten ähnlich wie in den beiden vorangegangenen Abschnitten ausgeprägt sind.

##### Antriebe

Die klassischen Verbrennerantriebe verlieren kontinuierlich an Marktvolumen. Es wird ein Rückgang von 498 Milliarden Euro (2020) auf 185 Milliarden Euro (2040) erwartet. Die Hybridantriebe bleiben eine Übergangstechnologie. Das Marktvolumen steigt bis 2030 auf 109 Milliarden (Euro) und fällt wieder stark auf nur 47 Milliarden Euro (2040) ab. Die batterieelektrischen Antriebe werden der Wachstumsmotor sein. Das Marktvolumen steigt deutlich von 11 Milliarden Euro (2020) auf 315 Milliarden Euro (2040) an. Ab 2035 ist aufgrund von Kosteneffekten hauptsächlich bei der Transaktionsbatterie eine Abflachung des Wachstums zu erwarten. Die Zuwächse bei den batterieelektrischen Antrieben können die Verluste bei den Verbrennerantrieben nicht vollständig kompensieren. Die Brennstoffzelle wird erst in den letzten fünf Jahren des Szenario-Zeitraumes nennenswerte Beiträge zum Marktvolumen leisten können. Im Jahr 2040 sollen es 33 Milliarden Euro sein.

##### Automatisierung

Das Marktvolumen der niedrigen Eingangsstufen der Automatisierung (Level 0 bis 2) wird bis 2040 sinken, weil diese Eingangsstufen mit der Zeit immer weniger genutzt werden. Es ist deshalb 2040 im Vergleich zu 2020 mit einem Rückgang von 42 Milliarden Euro zu rechnen. Die höchsten Zuwächse wird es bei dem Automatisierungslevel 3 geben. Das Marktvolumen steigt von 13 Milliarden Euro (2020) auf 130 Milliarden Euro (2040) an. Der Höhepunkt wird das Jahr 2030 mit einem geschätzten Marktvolumen von 136 Milliarden sein. Danach werden die Zuwachsraten deutlich niedriger. Dafür nimmt das Marktvolumen in den Automatisierungslevels 4 und 5 deutlich zu und wird im Jahr 2040 bei 111 Milliarden Euro liegen.

##### Vernetzung

Bei der Vernetzung werden die Embedded-Systeme wichtiger. Das Marktvolumen steigt stetig von 65 Milliarden Euro (2020) auf 270 Milliarden Euro (2040) an. Das entspricht einem Wachstum von 7,4 Prozent pro Jahr. Auch das Marktvolumen bei den Tethered-Systemen wird zunehmen. Allerdings sind Ausgangsniveau und jahresdurchschnittliche Wachstumsraten (4,1 Prozent bis 2040) deutlich niedriger. Gegen Ende des Betrachtungszeitraums in den Jahren 2035 bis 2040 wird mit keinem Zuwachs mehr gerechnet.

Nachrichtlich sind in den beiden nachstehenden Tabellen auch die Marktvolumen der Sonstige Bereiche abgetragen, wie schon im vorangegangenen Abschnitt dargestellt. Ihr nochmaliger Ausweis soll den Gesamtüberblick erleichtern.

**Tabelle 4-7: Marktvolumina nach Referenzfahrzeugen**

Trendszenario; in Milliarden Euro, Leichtfahrzeuge

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Antriebe</b>					
Klassischer Verbrenner	498,2	519,6	412,7	291,9	185,1
Hybrid	20,6	96,3	108,6	79,7	47,0
Batterieelektrisch	11,1	48,0	141,6	246,2	314,7
Brennstoffzelle	0,0	0,0	8,7	16,3	33,0
<b>Gesamt</b>	<b>529,9</b>	<b>664,0</b>	<b>671,5</b>	<b>634,2</b>	<b>579,7</b>
<b>Automatisierung</b>					
Level 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Level 1	66,7	36,0	25,3	13,9	8,8
Level 2	16,1	64,0	59,3	49,3	31,5
Level 3	12,8	80,8	135,5	128,2	129,4
Level 4	0,0	8,0	48,8	67,8	70,1
Level 5	0,0	0,0	13,9	26,9	40,6
<b>Gesamt</b>	<b>95,5</b>	<b>188,8</b>	<b>282,7</b>	<b>286,2</b>	<b>280,3</b>
<b>Vernetzung</b>					
Embedded	65,1	108,5	135,9	202,4	269,4
Tethered	30,6	53,2	62,3	69,6	68,5
<b>Gesamt</b>	<b>95,7</b>	<b>161,7</b>	<b>198,2</b>	<b>272,0</b>	<b>337,9</b>
Betrachtete Systeme	721,2	1.014,4	1.152,4	1.192,3	1.198,0
<b>Sonstige</b>	<b>1.364,1</b>	<b>1.771,0</b>	<b>1.947,5</b>	<b>2.146,2</b>	<b>2.374,7</b>
<b>Gesamt</b>	<b>2.085,3</b>	<b>2.785,4</b>	<b>3.099,9</b>	<b>3.338,5</b>	<b>3.572,6</b>

Klassischer Verbrenner inklusive Mild-Hybrid

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

**Tabelle 4-8: Veränderungen der Marktvolumina nach Referenzfahrzeugen**

Trendszenario; in Milliarden Euro, Leichtfahrzeuge

	2020/2025	2025/2030	2030/2035	2035/2040	2040/2020
<b>Antriebe</b>					
Klassischer Verbrenner	21,4	-107,0	-120,8	-106,8	-313,1
Hybrid	75,7	12,2	-28,8	-32,7	26,4
Batterieelektrisch	36,9	93,6	104,6	68,5	303,7
Brennstoffzelle	0,0	8,7	7,7	16,6	33,0
<b>Gesamt</b>	<b>134,1</b>	<b>7,5</b>	<b>-37,3</b>	<b>-54,5</b>	<b>49,8</b>
<b>Automatisierung</b>					
Level 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Level 1	-30,7	-10,7	-11,4	-5,2	-57,9
Level 2	47,9	-4,7	-9,9	-17,8	15,4
Level 3	68,1	54,7	-7,3	1,3	116,7
Level 4	8,0	40,8	19,0	2,3	70,1
Level 5	0,0	13,9	13,0	13,6	40,6
<b>Gesamt</b>	<b>93,2</b>	<b>93,9</b>	<b>3,4</b>	<b>-5,8</b>	<b>184,8</b>
<b>Vernetzung</b>					
Embedded	43,3	27,4	66,5	67,0	204,3
Tethered	22,6	9,1	7,3	-1,1	37,9
<b>Gesamt</b>	<b>65,9</b>	<b>36,5</b>	<b>73,8</b>	<b>65,9</b>	<b>242,1</b>
Betrachtete Systeme	293,3	138,0	39,9	5,6	476,8
<b>Sonstige</b>	<b>406,8</b>	<b>176,5</b>	<b>198,7</b>	<b>228,5</b>	<b>1.010,5</b>
<b>Gesamt</b>	<b>700,1</b>	<b>314,5</b>	<b>238,6</b>	<b>234,1</b>	<b>1.487,3</b>

Klassischer Verbrenner inklusive Mild-Hybrid

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

#### 4.2.6 Exkurs: Schwere Nutzfahrzeuge

In der Studie werden – wie in Abschnitt 4.1 beschrieben – nur Leichtfahrzeuge berücksichtigt. Das vorgelegte Trendszenario hat für diese Fahrzeugtypen zwei wesentliche Ableitungen:

- ▶ Batterieelektrische Antriebe werden eine stark steigende Bedeutung haben.
- ▶ Brennstoffzellenantriebe bleiben ein Nischenprodukt mit nur geringen Marktanteilen.

Das könnte zu der Schlussfolgerung verleiten, dass Wasserstoff als Energieträger für Fahrzeuge in Zukunft keine Rolle spielen wird. Das stimmt in dieser generalisierenden Aussage nicht, weil Wasserstoff- und Brennstoffzellenantriebe bei schweren Nutzfahrzeugen eine zunehmende Bedeutung haben werden. Das bedeutet, dass neben einer Ladesäuleninfrastruktur auch eine Infrastruktur für Wasserstoff-tankstellen aufgebaut werden muss. Wenn dieser Aufbau realisiert würde, hätten auch brennstoffzellenbetriebene Leichtfahrzeuge eine höhere Marktchance als im Trendszenario beschrieben. In Deutschland und in NRW müsste dann allerdings eine Doppelinfrastruktur aufgebaut werden. Schon allein diese Perspektive rechtfertigt an dieser Stelle einen Exkurs für die Formulierung eines Zukunftsszenarios für schwere Lkw.

Schwere Nutzfahrzeuge sind ein volumenmäßig sehr großer Markt. Im Jahr 2020 werden weltweit 3,9 Millionen Einheiten gebaut. Im Jahr 2040 sollen es 6,7 Millionen Fahrzeuge sein – ein Zuwachs von 2,8 Prozent jährlich. Das ist dynamischer als der Zuwachs bei Leichtfahrzeugen.

### Antriebe

Heute dominieren zu 99 Prozent noch die klassischen Verbrennerantriebe. Hauptsächlich sind das Diesellaggregate, aber auch Antriebe mit Erdgas. Die Batterie und die Brennstoffzelle spielen noch keine Rolle. Das ändert sich in den nächsten Jahren – zunächst langsam, aber dann beschleunigt:

- ▶ In zehn Jahren sollen 10 Prozent der Lkw batterieelektrisch und 9 Prozent mit der Brennstoffzelle angetrieben werden. Diese Anteilsgewinne gehen zu Lasten der Verbrennerantriebe, die im Jahr 2030 nur noch einen Marktanteil von 74 Prozent haben sollen.
- ▶ In den darauffolgenden zehn Jahren beschleunigt sich der Strukturwandel. Im Jahr 2040 sollen 43 Prozent der Lkw mit einer Brennstoffzelle fahren. 23 Prozent der Lkw werden in diesem Szenario einen batterieelektrischen Antrieb haben. Nur noch jedes vierte neuzugelassene Fahrzeug wird mit einem klassischen Verbrennerantrieb ausgerüstet sein.

**Tabelle 4-9: Weltweite Neuzulassungen: Schwere Nutzfahrzeuge nach Antriebsarten**

Trendszenario; Zulassungen in Millionen Einheiten, Verteilung in Prozent

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Neuzulassungen</b>					
Klassischer Antrieb	3,8	3,7	3,6	3,1	1,7
Hybridantrieb	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6
Batterieelektrisch	0,0	0,1	0,5	0,8	1,5
Brennstoffzelle	0,0	0,1	0,4	1,3	2,9
<b>Gesamt</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>	<b>5,7</b>	<b>6,7</b>
<b>Verteilung</b>					
Klassischer Antrieb	99,0	91,0	74,0	54,0	25,0
Hybridantrieb	1,0	4,0	7,0	8,0	9,0
Batterieelektrisch	0,0	3,0	10,0	15,0	23,0
Brennstoffzelle	0,0	2,0	9,0	23,0	43,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

### Automatisierung

Heute haben noch 37 Prozent der weltweit neuzugelassenen Lkw keine Assistenzsysteme (Level 0). Dieser Anteil wird rapide fallen und soll 2030 nur noch 3,2 Prozent betragen. Zehn Jahre später wird so gut wie kein Fahrzeug mit einem Automatisierungslevel 0 produziert. Dabei ist ein Trend zu höheren Automatisierungs-Leveln erkennbar. Im Jahr 2030 wird die knappe die Hälfte der schweren Nutzfahrzeuge das Level 3 oder höher erreichen. Im Jahr 2040 wird dieser Anteil bei 80 Prozent liegen. Dabei nehmen die Marktanteile der Level 4 und 5 deutlich zu. Im Jahr 2040 fahren 1,9 Millionen neu zugelassene Lkw vollautomatisiert (Marktanteil 28,4 Prozent) und bereits 1,1 Millionen autonom-fahrerlos. Der Marktanteil dieser High-end-Fahrzeuge soll dann 16 Prozent betragen.

**Tabelle 4-10: Weltweite Neuzulassungen: Schwere Nutzfahrzeuge nach Automatisierungslevel**

Trendszenario; Zulassungen in Millionen Einheiten, Verteilung in Prozent

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Zulassungen</b>					
Level 0	1,4	0,7	0,2	0,1	0,0
Level 1	1,9	1,1	0,5	0,2	0,1
Level 2	0,5	1,5	1,8	1,8	1,2
Level 3	0,1	0,7	1,5	1,7	2,4
Level 4	0,0	0,1	0,7	1,4	1,9
Level 5	0,0	0,0	0,1	0,5	1,1
<b>Gesamt</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>	<b>5,7</b>	<b>6,7</b>
<b>Verteilung</b>					
Level 0	37,0	16,3	3,2	2,1	0,7
Level 1	49,0	26,8	9,6	4,4	1,9
Level 2	12,0	36,6	38,4	31,3	17,3
Level 3	2,0	18,3	31,2	30,2	35,7
Level 4	0,0	2,0	14,6	24,0	28,4
Level 5	0,0	0,0	3,0	8,0	16,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

### Vernetzung

Im Jahr 2020 sind noch 18,5 Prozent der neuzugelassenen Lkw nicht vernetzt. Dieser Anteil wird bereits in den nächsten fünf Jahren sehr deutlich sinken und soll 2025 nur noch 3 Prozent betragen. Der Anteil nicht vernetzter Fahrzeuge fällt danach noch weiter auf nur noch ein Prozent. Überdurchschnittlich zulegen werden die Embedded-Systeme. Ihr Anteil steigt von knapp 50 Prozent (2020) auf 86 Prozent (2040). Die Tethered-Technologien verlieren dabei ab 2025 an Bedeutung. Ihr Marktanteil fällt dann von knapp 37 Prozent (2025) auf nur noch 13 Prozent (2040).

**Tabelle 4-11: Weltweite Neuzulassungen: Schwere Nutzfahrzeuge nach Vernetzungstechnologien**

Trendszenario; Zulassungen in Millionen Einheiten, Verteilung in Prozent

	2020	2025	2030	2040	2040
<b>Zulassungen</b>					
Embedded	1,9	2,5	3,3	4,3	5,7
Tethered	1,2	1,5	1,5	1,3	0,9
Nicht vernetzt	0,7	0,1	0,0	0,1	0,1
<b>Gesamt</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>	<b>5,7</b>	<b>6,7</b>
<b>Verteilung</b>					
Embedded	49,5	60,5	68,7	75,9	86,0
Tethered	32,0	36,5	30,3	23,1	13,0
Nicht vernetzt	18,5	3,0	1,0	1,0	1,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

**Vergleich mit Leichtfahrzeugen**

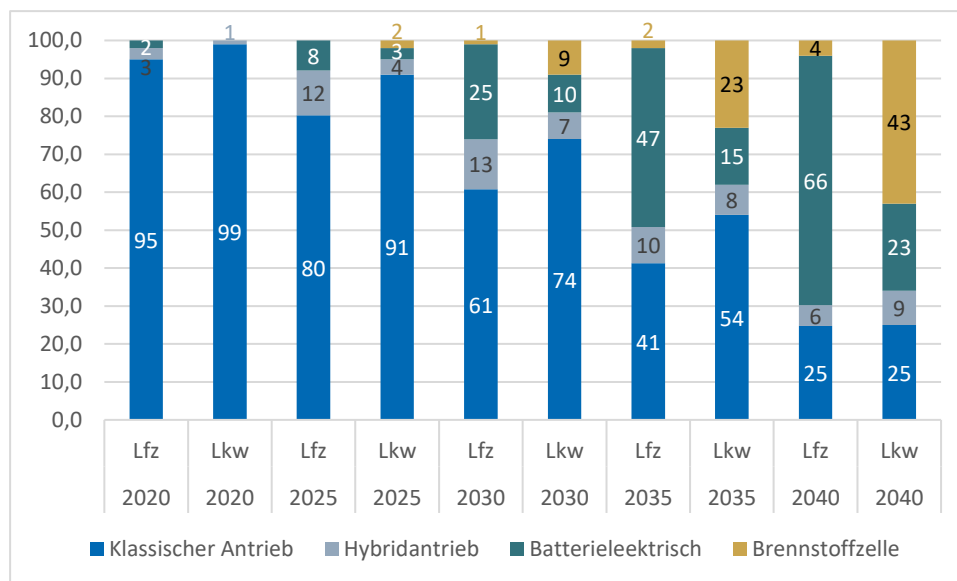
Insbesondere mit Blick auf die Antriebe und die Automatisierungslevel zeigt ein vergleichender Blick auf die Leichtfahrzeuge deutliche Unterschiede:

- ▶ Bis 2030 verläuft die Elektrifizierung der Antriebe bei den Leichtfahrzeugen schneller. Bereits 20 Prozent der Fahrzeuge werden in fünf Jahren Antriebe mit einer Elektrokomponente haben. Bei den schweren Lkw liegt dieser Anteil bei 9 Prozent. Im Jahr 2030 haben zwei Fünftel der Leichtfahrzeuge einen Elektro- oder Hybridantrieb – bei den schweren Lkw sind es nur 26 Prozent. Allerdings soll bereits im Jahr 2030 im Lkw-Markt die Brennstoffzelle einen signifikant hohen Marktanteil von 9 Prozent haben – im Pkw-Bereich wird es nur ein Prozent sein.
- ▶ In den Jahren zwischen 2030 und 2040 holen die Lkw bei der Elektrifizierung der Antriebe stark auf. Die Brennstoffzelle bekommt eine immer größer werdende Bedeutung. Im Jahr 2040 sollen 43 Prozent der neu zugelassenen schweren Nutzfahrzeuge mit dieser Antriebstechnologie ausgestattet sind. Bei den Leichtfahrzeugen sind es nur 4 Prozent. Dafür spielt die Batterie mit einem Marktanteil von 23 Prozent im Jahr 2040 im Lkw-Bereich eine deutlich geringere Rolle als bei den Leichtfahrzeugen (66 Prozent).



**Abbildung 4-11: Wandel der Antriebe bei Schwer- und Leichtfahrzeugen bis 2040**

Angaben in Prozent



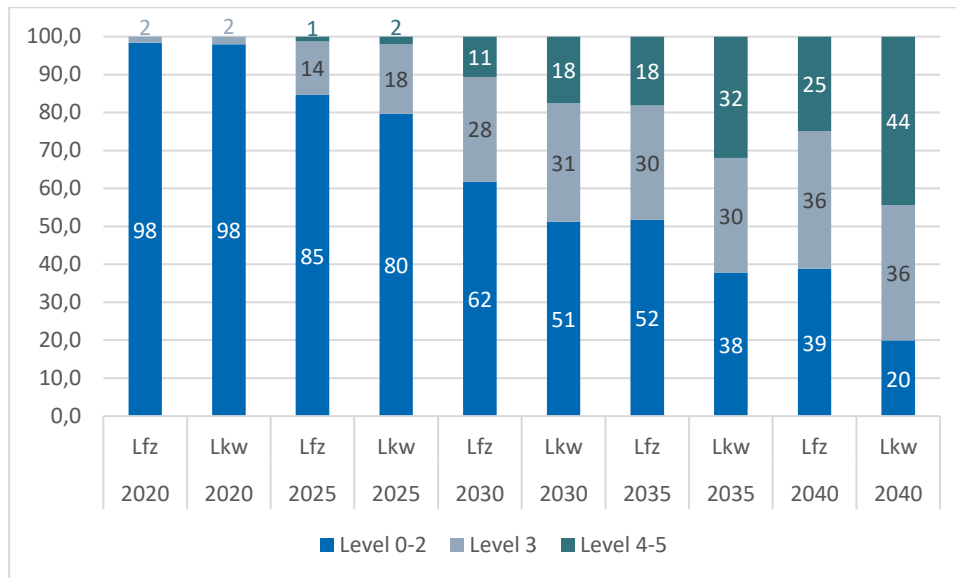
Klassischer Antrieb einschließlich Mild-Hybrid

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), eigene Darstellung

Bei der Automatisierung verlaufen die Entwicklungen bei den Leicht- und Schwerfahrzeugen ähnlich (Abbildung 4-12). Danach ist bei den Lkw ein deutlich stärkerer Trend hin zu höheren Automatisierungsgraden zu beobachten als bei den Leichtfahrzeugen. Im Jahr 2040 sollen über 44 Prozent der neu zugelassenen Lkw die Level 4 oder 5 erreicht haben – bei den Leichtfahrzeugen ist nur rund ein Viertel mit diesen Technologien ausgestattet. Auch bei der Automatisierung werden die Lkw immer mehr zum Treiber der Entwicklung.

## Abbildung 4-12: Wandel der Automatisierungslevels bei Schwer- und Leichtfahrzeugen 2040

Angaben in Prozent



Quelle: Fraunhofer IAO (2020), eigene Darstellung

Insgesamt zeigt der Exkurs zu den Nutzfahrzeugen, dass dieses Marktsegment zumindest ab 2030 immer stärker zum Motor der Entwicklung hin zu Brennstoffzellen und automatisiertem Fahren wird. Die Brennstoffzelle hat bei Lkw eine wesentlich höhere Bedeutung bei Pkw oder den leichten Nutzfahrzeugen.

Schwere Nutzfahrzeuge sind auch aus anderen Gründen ein sehr interessanter Markt. Die Stückzahlen wachsen schneller als die der Leichtfahrzeuge und die Preise pro Stück sind deutlich höher. Geht man bei einer vorsichtigen Schätzung davon aus, dass der weltweite Durchschnittspreis eines Lkw bei dem Doppelten eines Leichtfahrzeuges liegt, errechnet sich für 2020 ein Marktvolumen in Höhe von 231 Milliarden Euro (60.000 Euro mal 3,85 Millionen Einheiten). Bei einem Preisanstieg von 1,5 Prozent pro Jahr ergibt sich im Jahr 2040 ein Marktvolumen von 538 Milliarden Euro. Im Jahr 2020 beträgt der Anteil der Lkw am Marktvolumen rund 10,0 Prozent – 20 Jahre später werden es nach dieser Modellrechnung 13,1 Prozent. Im Lkw-Markt ist der Anteil der sonstigen Systeme höher als bei den Leichtfahrzeugen. Er kann bei den Lkw auf rund 80 Prozent geschätzt werden – bei den Pkw und den leichten Nutzfahrzeugen liegt er rund zwei Drittel niedriger.

### 4.2.7 Fazit

Sechs Ableitungen sind wichtig:

- ▶ Im Trendszenario kann nur mit einem schwachen Wachstum der Anzahl der neuzugelassenen Fahrzeuge bis 2040 gerechnet werden. Sie steigen von 74,3 Millionen Euro (2020) auf 96,0 Millionen Einheiten (2040).
- ▶ Dabei ist mit einem starken Strukturwandel hin zu elektrischen Antrieben zu rechnen. Der Anteil der Fahrzeuge mit klassischem ICE-Motor fällt von 95 Prozent (2020) auf nur noch rund 25 Prozent

(2040). Batterieelektrische Fahrzeuge erhöhen ihren Anteil in diesem Zeitraum 2 Prozent auf etwa 66 Prozent. Hybrid-Fahrzeuge bleiben eine Übergangslösung; ihr Anteil steigt von 3 Prozent (2020) auf 13 Prozent (2030) und fällt dann wieder auf 5,5 Prozent bis 2040 zurück. Die Brennstoffzelle bleibt im Bereich der Leichtfahrzeuge ein Nischenprodukt. Mit einer Markteinführung wird erst 2030 gerechnet. Der Anteil dieser Fahrzeuge soll 2040 bei etwa 4 Prozent liegen.

- ▶ Eine völlig andere Entwicklung ist bei den schweren Lkw zu erwarten. Dort wird die Brennstoffzelle eine wesentlich höhere Bedeutung als bei den Leichtfahrzeugen bekommen. Bereits 2030 sollen weltweit 9 Prozent der Lkw mit dieser Technologie angetrieben werden. Der Anteil steigt bis 2040 auf 43 Prozent und übersteigt deutlich den Anteil batterieelektrischer Lkw (23 Prozent). Das bedeutet für den Infrastrukturausbau eine doppelte Herausforderung. Es muss gleichzeitig ein Energieversorgungs- und ein Tankstellensystem für beide Antriebsarten aufgebaut werden.
- ▶ Insgesamt werden die Marktvolumina bis 2040 lediglich um 71 Prozent oder um knapp 2,7 Prozent pro Jahr wachsen. Der tiefgreifende Strukturwandel muss in einem wenig dynamischen Markt bewältigt werden.
- ▶ Es gibt bei der Entwicklung der Marktvolumina große Unterschiede zwischen den Systemen. Im Bereich der klassischen Antriebe fällt das Marktvolumen bis 2040 auf etwa 45 Prozent des Niveaus von 2020. Bei den Elektroantrieben ist mit einem Wachstum mit dem Faktor 15 zu rechnen. Das Volumen bei der Automatisierung wird mit dem Faktor 3 und die bei der Vernetzung mit dem Faktor 3,5 wachsen. Die Sonstigen Systeme verändern sich in etwa mit dem Gesamtmarkt – ihr Volumen soll 2040 um etwa drei Viertel über dem Niveau von 2020 liegen.

Die Sonstigen Systeme bleiben für die Automobilindustrie wichtig. Ihr Anteil an dem gesamten Marktvolumen ändert sich kaum. Er liegt über den gesamten Szenario-Zeitraum bei rund zwei Drittel.

### 4.3 Alternative Szenarien

In diesem Kapitel werden vier alternative Szenarien vorgestellt. Sie skizzieren mögliche Zukunftsentwicklungen, die zwar nicht so wahrscheinlich sind wie das Trendszenario, aber unter bestimmten Umfeldbedingungen eine Realisierungschance haben. Drei dieser Szenarien sind unmittelbar auf die Transformation bei der Fahrzeugelektrifizierung und -automatisierung bezogen. Das vierte Szenario beschäftigt sich mit der Abschätzung eines Entwicklungskorridors bei den Sonstigen Systemen, die im Trendszenario rund zwei Drittel des Marktvolumens ausmachen.

#### 4.3.1 Progressives Szenario

Hier wird ein schnellerer und intensiverer Wandel hin zu rein elektrischen Antrieben (Batterie und Brennstoffzelle) untersucht. Die Entwicklung der produzierten Fahrzeuge sowie die Automatisierungs- und Vernetzungsgrade bleibt gegenüber dem Trendszenario unverändert. Deshalb genügt ein Blick auf die veränderten Strukturen bei den Antrieben.

In diesem Szenario erfolgt der Wandel von den klassischen Verbrenner- hin zu den batterieelektrischen Antrieben deutlich schneller:

- ▶ Bereits in fünf Jahren werden nur noch 48 Prozent der neuzugelassenen Leichtfahrzeuge einen klassischen Verbrennungsmotor haben. Das bedeutet ein Rückgang der Marktanteile bis 2025 um

32 Prozentpunkte gegenüber dem Trendszenario. 2040 werden rund 80 Prozent der Fahrzeuge batterieelektrisch betrieben; im Trendszenario waren es nur 66 Prozent.

- ▶ Gewinner sind mit einem Zuwachs an Marktanteilen von 16,5 Prozentpunkten die Hybridantriebe und mit 15,8 Prozentpunkten die batterieelektrischen Antriebe (bis 2025 im Vergleich zu Trend).
- ▶ In den Jahren zwischen 2025 und 2030 ändert sich das Muster des Wandels. Hybridantriebe verlieren Marktanteile in etwa in dem Ausmaß wie im Trendszenario. Hybridfahrzeuge bleiben damit auch in dem progressiven Szenario eine Übergangstechnologie. Die batterieelektrischen Antriebe bleiben auf dem Vormarsch. Der Anteil beträgt im Jahr 2030 rund 51 Prozent. Das sind 26 Prozentpunkte mehr als im Trendszenario.
- ▶ Im Jahr 2040 sollen nur 12 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge einen klassischen Verbrennerantrieb haben. Hybridantriebe spielen mit einem Marktanteil von nur 3,5 Prozent kaum noch eine Rolle. Knapp 80 Prozent der neu zugelassenen Fahrzeuge werden einen batterieelektrischen Antrieb haben.
- ▶ Die Brennstoffzelle bleibt auch in diesem Szenario ein Nischenprodukt mit einem Marktanteil von unter 5 Prozent. Er soll aber im Jahr 2040 um 0,7 Prozentpunkte höher sein als im Trendszenario.

**Tabelle 4-12: Veränderungen der Struktur der Antriebe im progressiven Szenario**

Vergleich mit Trendszenario; Angaben in Prozent, Abweichung in Prozentpunkten

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Progressiv</b>					
Klassisch	95,0	48,0	33,3	20,3	12,0
Hybrid	3,0	28,2	13,6	7,6	3,5
Batterieelektrisch	2,0	23,8	51,0	69,4	79,8
Brennstoffzelle	0,0	0,0	2,0	2,7	4,7
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Trend</b>					
Klassisch	95,0	80,3	60,8	41,3	24,7
Hybrid	3,0	11,8	13,1	9,5	5,5
Batterieelektrisch	2,0	7,9	25,1	47,2	65,8
Brennstoffzelle	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Abweichung</b>					
Klassisch	0,0	-32,3	-27,5	-21,0	-12,7
Hybrid	0,0	16,5	0,5	-1,9	-2,0
Batterieelektrisch	0,0	15,8	26,0	22,2	14,0
Brennstoffzelle	0,0	0,0	1,0	0,7	0,7
<b>Gesamt</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Zahl der Fahrzeuge</b>	<b>74,3</b>	<b>89,5</b>	<b>91,4</b>	<b>93,5</b>	<b>96,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Die Änderung der Antriebsstruktur hat Einfluss auf die Entwicklung der Marktvolumen. Der zunehmende Anteil der Batterieantriebe wird ab 2025 zu sinkenden Marktvolumen führen. Der Grund dafür sind stark fallende Preise für den batterieelektrischen Antriebsstrang. Die Preise sollen 2040 gegenüber 2020 um etwa ein Drittel fallen, während die Preise für ein klassisches Antriebsaggregat im Durchschnitt um 10 Prozent steigen sollen. Die Preise für einen Batterieantrieb werden in 20 Jahren knapp

40 Prozent niedriger sein als für einen Verbrennerantrieb. Das hat zwei Gründe: Zum einen den technologischen Fortschritt bei der Entwicklung von elektrischen Antrieben und zum anderen Skaleneffekte bei der Produktion von Komponenten für elektrifizierte Antriebe. Diese Preiseffekte sind in der Entwicklung der Marktvolumen deutlich sichtbar:

- ▶ Im progressiven Szenario steigt das Marktvolumen von 530 Milliarden Euro (2020) auf 687 Milliarden Euro (2025). Es liegt dann 23 Milliarden Euro über dem Niveau des Trendszenarios. Der Grund dafür sind die hohen Marktanteile der relativ teuren Hybridantriebe.
- ▶ Nach 2025 fällt das Marktvolumen ständig und erreicht im Jahr 2040 nur noch ein Volumen von 541 Milliarden Euro. Das sind 39,1 Milliarden Euro weniger als im Trendszenario.

**Tabelle 4-13: Veränderungen des Marktvolumens bei Antrieben im progressiven Szenario**

Vergleich mit Trendszenario; Angaben in Milliarden Euro, Anzahl Fahrzeuge in Millionen Einheiten

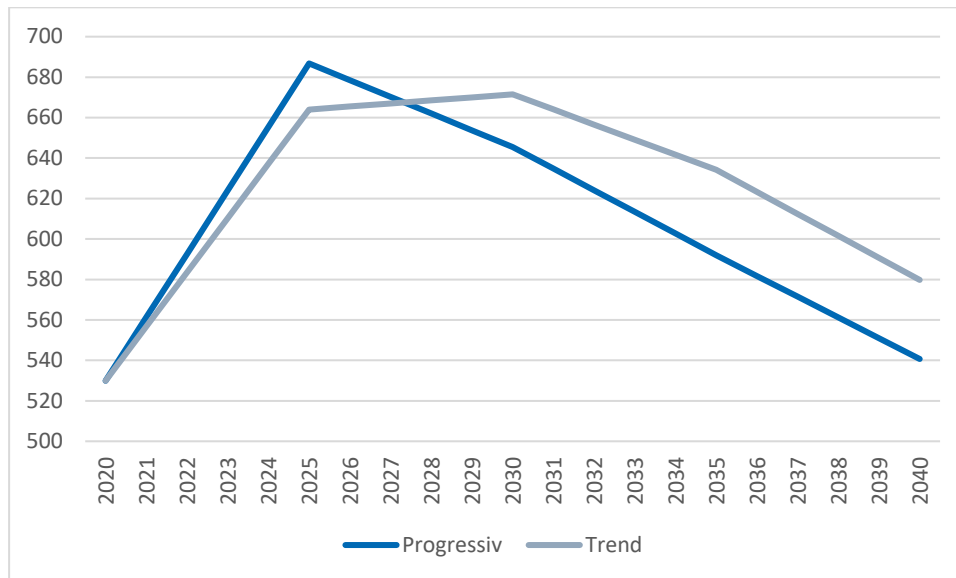
	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Progressiv</b>					
Klassisch	498,2	310,8	226,1	143,7	90,1
Hybrid	20,6	231,2	112,7	64,0	30,0
Batterieelektrisch	11,1	144,7	288,9	362,1	382,0
Brennstoffzelle	0,0	0,0	17,8	22,2	38,6
<b>Gesamt</b>	<b>529,9</b>	<b>686,8</b>	<b>645,5</b>	<b>592,0</b>	<b>540,6</b>
<b>Trend</b>					
Klassisch	498,2	519,6	412,7	291,9	185,1
Hybrid	20,6	96,3	108,6	79,7	47,0
Batterieelektrisch	11,1	48,0	141,6	246,2	314,7
Brennstoffzelle	0,0	0,0	8,7	16,3	33,0
<b>Gesamt</b>	<b>529,9</b>	<b>664,0</b>	<b>671,5</b>	<b>634,2</b>	<b>579,7</b>
<b>Abweichung</b>					
Klassisch	0,0	-208,8	-186,6	-148,2	-95,0
Hybrid	0,0	134,9	4,2	-15,8	-17,0
Batterieelektrisch	0,0	96,7	147,2	115,9	67,2
Brennstoffzelle	0,0	0,0	9,1	5,9	5,6
<b>Gesamt</b>	<b>0,0</b>	<b>22,8</b>	<b>-26,0</b>	<b>-42,2</b>	<b>-39,1</b>
<b>Zahl der Fahrzeuge</b>	<b>74,3</b>	<b>89,5</b>	<b>91,4</b>	<b>93,5</b>	<b>96,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Die Abbildung 4-13 zeigt nochmals deutlich, dass ab etwa dem Jahr 2027 das Marktvolumen im progressiven Szenario niedriger sein wird als im Trendszenario. Über den Analysezeitraum von 20 Jahre addieren sich die Unterschiede auf 345 Milliarden Euro oder 2,6 Prozent des kumulierten Gesamtvolumens.

### Abbildung 4-13: Entwicklung des Marktvolumens für Antriebe: Progressiv und Trendszenario

Angaben Milliarden Euro



Quelle: Fraunhofer IAO (2020), eigene Darstellung

Es gibt sieben wesentliche Faktoren, die bestimmen, ob das progressive Szenario die zukünftige Entwicklung besser beschreiben kann als das Trendszenario:

**Regulierung:** Der Umstieg auf elektrische Fahrzeuge wird weltweit durch Umweltauflagen und Regulierungen verstärkt, mit denen der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Fahrzeuge und des gesamten Mobilitätssektors reduziert werden sollen. Aktuell setzen etliche Ländern Zulassungsverbote von Verbrenner in den nächsten 20 Jahren durch, wie beispielsweise Kalifornien. Weitere geplante Verbote werden diskutiert in Großbritannien (2035), Frankreich (2040), Norwegen (2025), Indien (2030), Schweden (2030) und einer Reihe weiterer Länder.<sup>8</sup> Damit einhergehend plant die EU CO<sub>2</sub>-Emissionsziele im Rahmen der 55-Prozent-Ziel-Debatte weiter zu verschärfen. Dies hätte zur Folge, dass in der EU 2030 insgesamt zwischen 60 und 88 Prozent batterieelektrische Fahrzeuge erforderlich sein würden.

**Subventionen:** Bereits heute werden auf der einen Seite CO<sub>2</sub>-sparsame Fahrzeuge durch Kaufprämien subventioniert. Auf der anderen Seite werden aktuell staatliche Programme in Deutschland und anderen Ländern, um die Unternehmen beim automobilen Wandel zu unterstützen. Die Förderungen und Unterstützungen bevorzugen häufig die elektrischen Antriebssysteme und fördern bewusst die Abkehr von dem Verbrennungsmotor. Je stärker und verbreiteter diese Förderungen werden, umso wahrscheinlicher wird das progressive Szenario.

**Technologie:** Ein entscheidendes Hemmnis bei der Verbreitung elektrischer Antriebe ist derzeit die Reichweite der Fahrzeuge und damit eng verbunden die Leistungsfähigkeit der Batterien. In unterschiedlichsten Forschungsprojekten wird an höheren Energiedichten und alternativen Zellchemien geforscht. Dortige Fortschritte tragen bei einer Serienreife perspektivisch zu einer größeren Fahrzeug-

<sup>8</sup> China setzt aktuell darauf, die Zulassung von Autos mit Verbrennungsmotor erst 2060 zu verbieten.

reichweite bei. So wird beispielsweise aktuell an einer neuartigen Akkutechnologie mit der Bezeichnung „Spatial Atom Layer Deposition“ (SALD) in einem Verbundprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft und der Niederländischen Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (TNO) geforscht. Die Entwicklung soll Reichweiten von 1.000 bis 2.000 km ermöglichen. Diese Batteriezellen können zudem fünfmal so schnell geladen werden wie heutige Batteriezellen.

**Ladesäuleninfrastruktur:** Voraussetzung für den Übergang zu einer batterieelektrischen Mobilität ist der Ausbau der Ladeinfrastruktur. Das gilt nicht nur innerhalb Deutschlands, sondern weltweit. Davon hängt die Akzeptanz der Nachfrager entscheidend ab.

**Versorgung mit Energie:** Der Wandel von Verbrennerantrieben hin zu batterieelektrischen Fahrzeugen bedeutet einen Wechsel der Energieträger von Rohöl zu Strom. 2019 wurden von einem neu zugelassenen Pkw 157 Gramm CO<sub>2</sub> je Kilometer emittiert. Dies ist deutlich mehr als in den letzten Jahren. Zwischen den Jahren 2014 und 2018 pendelte sich der Wert um rund 130 Gramm CO<sub>2</sub> je Kilometer ein.

Ein Umstieg auf die Elektromobilität ist aus Umweltgründen (CO<sub>2</sub>-Reduzierung) insbesondere dann sinnvoll, wenn die benötigte Menge an zusätzlichem Strom aus regenerativen Energiequellen stammt. Das ist noch nicht sichergestellt. Heutzutage fallen die positiven ökologischen Wirkungen aufgrund des aktuellen Strommixes geringer aus. Gleichwohl sind in der Gesamtheit der Klimawirkungen auch heute schon Elektroautos gegenüber Verbrennern im Vorteil. Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien wird sich dieser Vorteil bei der CO<sub>2</sub>-Reduzierung in den nächsten Jahren weiter vergrößern (BMU, 2019b).

**Versorgung mit Rohstoffen:** Die Herstellung von Batterien ist sehr rohstoffintensiv. Einige davon zählen zu den kritischen Rohstoffen (Kobalt, Lithium, Graphit, Nickel), die entweder knapp sind oder nur regional konzentriert vorkommen (IW Consult, 2020). Ohne technologischen Fortschritt (z. B. Rohstoffsubstitute, Feststoffzellenbatterie, Effizienzverbesserungen) ist der Ausbau der Elektromobilität gefährdet. Die bekannten Kobaltvorräte betragen weltweit 7 Millionen Tonnen. Sie reichen bei gleicher Produktion, Nachfrage und Wiederverwertungsquote wie heute noch 37 Jahre. Die Elektromobilität verkürzt diese Zeitspanne (ohne entsprechende neuer Förderquellen oder technischen Fortschritt) entscheidend. Prognosen gehen davon aus, dass sich die Kobalt-Nachfrage für Autobatterien bis 2030 verdoppeln wird. Sie überstiege dann die gesamte heutige Kobalt-Produktion um rund 50 Prozent. Ähnliche Relationen gelten für Lithium. Hier reichen die heute bekannten Vorräte noch 34 Jahre. Die erwartete Nachfragesteigerung ist indes noch größer als bei Kobalt. Im Jahr 2030 könnte jährlich die sechsfache Menge an Lithium verglichen mit 2018 für die Produktion von Autobatterien benötigt werden. Dies entspräche etwa der dreifachen heutigen Jahresproduktion.

**Alternative Technologien:** Eines der wesentlichen Hindernisse für die Zunahme der Bedeutung der batterieelektrischen Antriebe, wie sie im progressiven Szenario beschrieben ist, ist die Wettbewerbsfähigkeit der alternativen Technologien. Das sind insbesondere die Brennstoffzelle, E-Fuels und – wenn die Regulierung zulässt – auch moderne Benzin- oder Dieselantriebe.

Bei den Brennstoffzellen wäre ein paralleler Infrastrukturausbau notwendig, der aufgrund der hohen Anforderungen an die Speicher- und Leitungsmedien wegen der Flüchtigkeit von Wasserstoff teuer ist. Die Herstellung von E-Fuels benötigt aktuell noch sehr viel Energie und ist deshalb vergleichsweise teuer. Durch den hohen Energieaufwand ergibt sich ein schlechterer Gesamtwirkungsgrad im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen. Moderne Benzin- und Dieselmotoren scheinen nach aktuellem Wissensstand technisch weitgehend ausgereizt zu sein und können dementsprechend nur noch geringe Entwicklungspotenziale beisteuern, um zukünftige Umweltregulierungen zu erfüllen.

### 4.3.2 E-Fuels-Szenario

In diesem Szenario wird unterstellt, dass eine maßgebliche Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von E-Fuels gelingt. E-Fuels können in herkömmlichen oder entsprechend modifizierten Verbrennungsmotoren eingesetzt werden und stabilisieren die Nachfrage nach diesen Fahrzeugen. Der Wandel hin zu elektrifizierten Antrieben wird dann wesentlich weniger dynamisch ausfallen.

Bei diesem Szenario wird unterstellt, dass ab 2025 synthetische Kraftstoffe in hinreichender Menge und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen und deshalb nach 2025 deutlich mehr Fahrzeuge mit einem klassischen Verbrennerantrieb weltweit produziert werden als im Trend-Szenario:

- ▶ Im Jahr 2030 werden 11,9 Millionen Fahrzeuge mit klassischem Verbrennerantrieb mehr gebaut als im Trendszenario unter Berücksichtigung der Annahmen des Fraunhofer IAO. Fünf Jahre später sind es 18,2 Millionen Einheiten und im Jahr 2040 sogar 26,7 Millionen Fahrzeuge mehr. Der Marktanteil der Verbrenner halbiert sich zwar auch in diesem Szenario, ist aber im Jahr 2040 mit 52,5 Prozent in etwa doppelt so hoch wie im Trendszenario (24,7 Prozent).
- ▶ In dem E-Fuels-Szenario entwickeln sich batterieelektrischen Antriebe deutlich weniger dynamisch als im Trendszenario. Der Marktanteil beträgt 2040 rund 38 Prozent – im Trendszenario sind es fast 66 Prozent.
- ▶ Die Brennstoffzelle hat im E-Fuels-Szenario höhere Marktanteile – im Jahr 2040 sollen es acht Prozent anstatt vier Prozent wie im Trendszenario sein.

**Tabelle 4-14: Veränderungen der Struktur der Antriebe im E-Fuels-Szenario**

Vergleich mit Trendszenario; Angaben in Prozent, Abweichung in Prozentpunkten

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>E-Fuels</b>					
Klassisch	95,0	80,3	73,8	60,8	52,5
Hybrid	3,0	11,7	5,1	3,5	1,6
Batterieelektrisch	2,0	8,0	19,1	31,7	37,9
Brennstoffzelle	0,0	0,0	2,0	4,0	8,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Trend</b>					
Klassisch	95,0	80,3	60,8	41,3	24,7
Hybrid	3,0	11,8	13,1	9,5	5,5
Batterieelektrisch	2,0	7,9	25,1	47,2	65,8
Brennstoffzelle	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0
<b>Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Abweichung</b>					
Klassisch	0,0	0,0	13,0	19,5	27,8
Hybrid	0,0	0,0	-8,0	-6,0	-3,9
Batterieelektrisch	0,0	0,0	-6,0	-15,5	-27,9
Brennstoffzelle	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0
<b>Gesamt</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Fahrzeuge</b>	<b>74,3</b>	<b>89,5</b>	<b>91,4</b>	<b>93,5</b>	<b>96,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)



Die Tabelle 4-15 und die Abbildung 4-14 zeigen die Entwicklung der Marktvolumen im E-Fuels-Szenario im Vergleich zu dem Trendszenario. Sie sind insbesondere in den Jahren ab 2030 höher, weil die Kosten eines Verbrennerantriebs höher sind als die eines batterieelektrischen Aggregats. Da bei diesem Vergleich die Verbrennerantriebe die batterieelektrischen Antriebe ersetzen, sind steigende Marktvolumen eine Folge dieser Preisunterschiede. Im E-Fuels-Szenario stabilisiert sich das Marktvolumen bei den Antrieben ab 2035 auf einem Niveau von etwas über 650 Milliarden Euro.

**Tabelle 4-15: Veränderungen des Marktvolumens bei Antrieben im E-Fuels-Szenario**

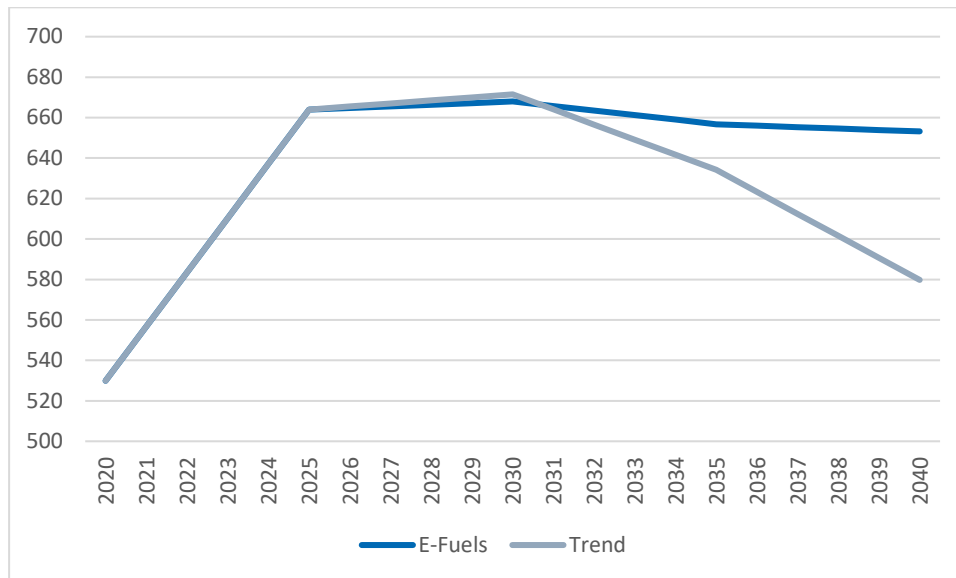
Vergleich mit Trendszenario; Angaben in Milliarden Euro; Anzahl Fahrzeuge in Millionen Einheiten

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>E-Fuels</b>					
Klassisch	498,2	519,6	500,7	429,5	392,4
Hybrid	20,6	96,3	42,3	29,4	13,7
Batterie- elektrisch	11,1	48,0	107,7	165,2	181,1
Brennstoffzelle	0,0	0,0	17,3	32,7	65,9
<b>Gesamt</b>	<b>529,9</b>	<b>664,0</b>	<b>668,0</b>	<b>656,7</b>	<b>653,1</b>
<b>Trend</b>					
Klassisch	498,2	519,6	412,7	291,9	185,1
Hybrid	20,6	96,3	108,6	79,7	47,0
Batterie- elektrisch	11,1	48,0	141,6	246,2	314,7
Brennstoffzelle	0,0	0,0	8,7	16,3	33,0
<b>Gesamt</b>	<b>529,9</b>	<b>664,0</b>	<b>671,5</b>	<b>634,2</b>	<b>579,7</b>
<b>Abweichung</b>					
Klassisch	0,0	0,0	88,0	137,6	207,4
Hybrid	0,0	0,0	-66,2	-50,3	-33,3
Batterie- elektrisch	0,0	0,0	-33,9	-81,0	-133,6
Brennstoffzelle	0,0	0,0	8,7	16,3	33,0
<b>Gesamt</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-3,5</b>	<b>22,5</b>	<b>73,4</b>
<b>Fahrzeuge</b>	<b>74,3</b>	<b>89,5</b>	<b>91,4</b>	<b>93,5</b>	<b>96,0</b>

Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

### Abbildung 4-14: Entwicklung des Marktvolumens für Antriebe: E-Fuels-Szenario und Trendszenario

Angaben Milliarden Euro



Quelle: Fraunhofer IAO (2020), eigene Darstellung

#### 4.3.3 Sharing-Szenario

Der technologische Fortschritt und die Marktdiffusion der jeweiligen automobilen Megatrends führen zu vielschichtigen Wechselwirkungen in der Automobilindustrie. Durch die Verbreitung von innovativen Mobilitätsangeboten, wie Carsharing oder Ridehailing, können sich Effekte auf die Entwicklung der Fahrzeugneuzulassungen ergeben. Basierend auf diesen Entwicklungen werden in dem vorliegenden Alternativszenario die Effekte einer extremen Durchdringung von Mobility as a Service (MaaS) auf die globalen Umsatzpotenziale bis zum Jahr 2040 aufgezeigt. Es wird unterstellt, dass neue Mobilitätskonzepte die weltweite Nachfrage nach Pkw reduzieren und gleichzeitig die Automatisierungsgrade zunehmen. Die Produktion von leichten Nutzfahrzeugen, die Strukturen bei den Antrieben sowie bei den Vernetzungsgraden bleiben unverändert. Die Tabelle 4-16 zeigt die Ergebnisse:

- ▶ Die Zahl der neu zugelassenen Fahrzeuge ist deutlich niedriger als im Trendszenario. In Jahr 2025 sind es bereits 1,3 Millionen weniger. Diese Differenz erhöht sich bis 2040 auf 11,3 Millionen Fahrzeuge. Über den gesamten Zeitraum zwischen 2020 und 2040 werden weltweit rund 5,2 Millionen Leichtfahrzeuge pro Jahr im Sharing-Szenario weniger produziert als Trendszenario. Insgesamt würde das einen Rückgang um 104 Millionen Leichtfahrzeuge über den gesamten Zeitraum bedeuten.
- ▶ Gleichzeitig nimmt der Anteil der stark automatisierten Fahrzeuge (Level 5) zu. Im Vergleich zum Trendszenario steigt der Level-5-Anteil um 15 Prozent auf 8,7 Prozent in 2040. Dann sollen im Sharing-Szenario 7,36 Millionen Fahrzeuge mit dem Level 5 ausgestattet sein – im Trendszenario sind es mit 7,24 Millionen zwar nur rund 120.000 Fahrzeuge weniger, aber die Neuzulassungen liegen um 11,3 Millionen Pkw höher. Die größeren Anteile höherer Automatisierungsgrade können Umsatzrückgänge in diesem Bereich nicht verhindern.

**Tabelle 4-16: Veränderungen im Sharing-Szenario**

Vergleich mit Trendszenario; Angaben in Prozent oder Prozentpunkten; Leichtfahrzeuge in Millionen Einheiten

	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Sharing</b>					
Fahrzeuge	74,3	88,2	86,7	85,5	84,7
Automatisierung					
Level 0-2	98,4	84,7	61,5	51,2	37,5
Level 3	1,6	14,1	27,6	30,0	36,1
Level 4-5	0,0	1,2	10,9	18,9	26,3
<b>Trend</b>					
Fahrzeuge	74,3	89,5	91,4	93,5	96,0
Automatisierung					
Level 0-2	98,4	84,7	61,8	51,8	38,8
Level 3	1,6	14,1	27,6	30,0	36,3
Level 4-5	0,0	1,2	10,6	18,2	24,9
<b>Differenz</b>					
Fahrzeuge	0,0	-1,3	-4,7	-8,0	-11,3
Automatisierung					
Level 0-2	0,0	0,0	-0,3	-0,6	-1,3
Level 3	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,2
Level 4-5	0,0	0,0	0,3	0,7	1,5

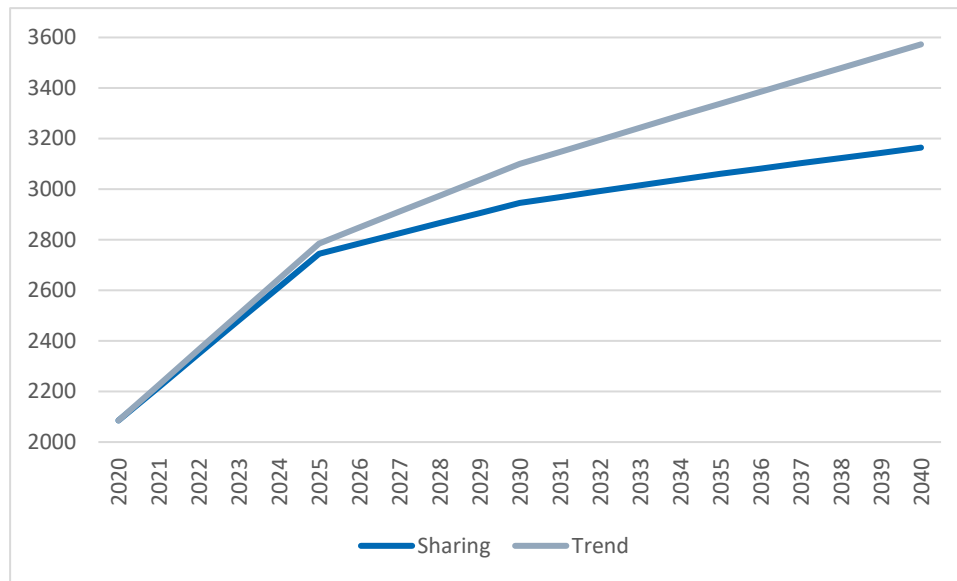
Quelle: Fraunhofer IAO (2020)

Insgesamt ist das globale Marktvolumen im Sharing-Szenario deutlich niedriger als im Trendszenario (Abbildung 4-15):

- ▶ Im Trendszenario errechnet sich über die Zeitspanne von 2020 bis 2040 ein kumuliertes Marktvolumen von gut 63.000 Milliarden Euro.
- ▶ In dem Sharing-Szenario sind es nur 59.500 Milliarden Euro. Das sind 5,7 Prozent oder pro Jahr 179 Milliarden Euro weniger.

**Abbildung 4-15: Entwicklung des Marktvolumens: Sharing-Szenario und Trendszenario**

Angaben Milliarden Euro



Quelle: Fraunhofer IAO (2020), eigene Darstellung

Möglich Hemmnisse für das Sharing-Szenario lauten:

- ▶ Langfristiger Rückgang der Nutzerbereitschaft für Sharing-Fahrzeuge z. B. aufgrund von Hygienebefürchtungen aufgrund der Covid-19-Pandemie.
- ▶ Langfristig können keine rentablen Sharing-Geschäftsmodelle etabliert werden, dadurch käme es zu einer Konsolidierung im Markt und einem Rückgang des Angebots.

Mögliche Beschleuniger sind:

- ▶ Steigender Raumdruck in urbanen Gebieten und Verringerung der Parkflächen für Privatnutzer („Laternenparker“) könnte zu zunehmendem Verzicht auf eigenen Fahrzeugbesitz führen.
- ▶ Steigendes ökologisches Mindset und Bewusstsein der Endnutzer könnte zu zunehmendem Verzicht auf eigenen Fahrzeugbesitz führen.

#### 4.3.4 Entwicklung der Sonstigen Systeme

Die Analyse des Trendszenarios (Kapitel 4.2) hat gezeigt, dass die Sonstigen Systeme mit einem Anteil von fast zwei Drittel im Startjahr eine hohe Bedeutung haben. In diesem Szenario wurde unterstellt, dass die Preise für die Sonstigen Systeme pro Jahr um 1,5 Prozent steigen. Damit errechnet sich über die gesamte Laufzeit von 2020 bis 2040 ein Marktvolumen von kumuliert 40,5 Billionen Euro oder 2.027 Milliarden Euro pro Jahr. Die Expertenworkshops haben gezeigt, dass die Annahme einer Preissteigerung von 1,5 Prozent pro Jahr durchaus realistisch ist. Trotzdem ist die Einschätzung mit einer großen Unsicherheit verbunden. Es ist einerseits zu erwarten, dass einzelne Komponenten der Fahrzeuge insbesondere durch die Elektrifizierung und die Automatisierung hochwertiger werden. Dazu zählen zum Beispiel das Interieur oder die Fahrwerke. Das könnte höhere Preispfade rechtfertigen.

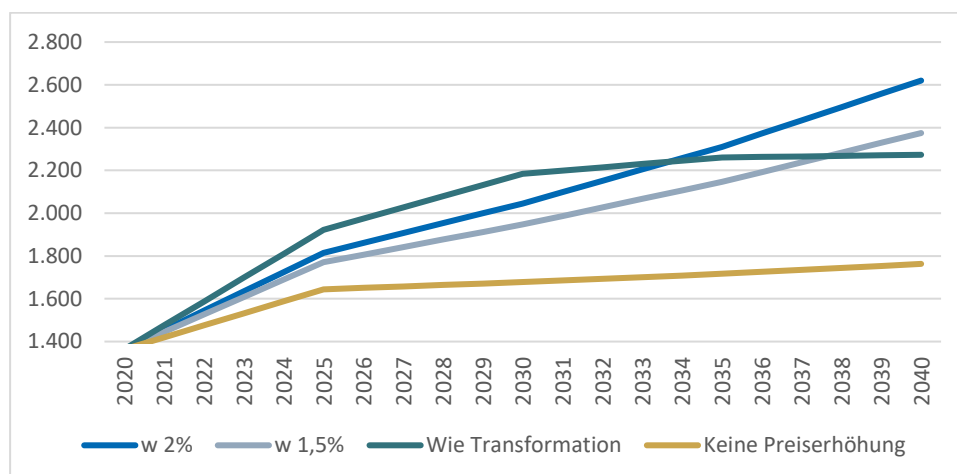
Andererseits erwarten die Experten einen noch stärkeren internationalen Wettbewerb in der Automobilindustrie. Das würde insbesondere die Zulieferer treffen, die einem hohen Kostenausdruck ausgesetzt sein könnten. Um die Spanne der Möglichkeiten abzugreifen, werden drei Szenarien gerechnet:

- ▶ Grundeinschätzung: Die Preise der Fahrzeuge steigen pro Jahr um 1,5 Prozent.
- ▶ Fahrzeuge werden hochwertiger: Die Preise für die Sonstigen Systeme steigen pro Jahr um 2 Prozent.
- ▶ Kostendruck: Der internationale Preiswettbewerb lässt keine Preiserhöhungen zu.
- ▶ Gleichlauf mit der Transformation: Zusätzlich wird noch ein Szenario berücksichtigt, bei dem sich die Preise für die Sonstigen Systeme wie die der Transformationssysteme entwickeln. Das bedeutet, dass der Anteil der Sonstigen System am Gesamtmarkt von 2020 bis 2040 unverändert bleibt.

Die Abbildung 4-16 zeigt die Verläufe der Marktvolumen. In dem Szenario mit der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit mit einer Preiserhöhung von durchschnittlich 1,5 Prozent pro Jahr ergibt sich ein kumuliertes Marktvolumen von 40,5 Billionen Euro. In der etwas optimistischeren Variante mit einem Preisanstieg von 2 Prozent pro Jahr ergäbe sich ein Marktvolumen von 42,8 Billionen Euro. In dem Preisdruck-Szenario (keine Preiserhöhungen über 20 Jahre) reduziert sich das Marktvolumen auf 34,6 Billionen Euro. Der Korridor zwischen 34,6 Billionen Euro und 42,8 Billionen Euro beschreibt den realistischen Entwicklungsraum.

**Abbildung 4-16: Alternative Entwicklungen des Marktvolumens: Sonstige Systeme**

Angaben Milliarden Euro



Quelle: Fraunhofer IAO (2020), eigene Darstellung

#### 4.4 Vergleich der Szenarien

Die Tabelle 4-17 zeigt die Kernergebnisse der vier untersuchten globalen Szenarien im Überblick. Verzeichnet sind die Startwerte für das Jahr 2020 und die Endwerte für das Jahr 2040. Drei Ergebnisse sind hervorzuheben:

- ▶ Das Wachstum der Marktvolumen unterscheidet sich kaum, außer im Sharing-Szenario. Der Zuwachs von 2020 bis 2040 liegt zwischen 69 Prozent und 75 Prozent.
- ▶ Im Sharing-Szenario ist mit einem deutlich niedrigeren Wachstum (+52 Prozent) wegen der geringeren Anzahl der neu produzierten Fahrzeuge zu rechnen.

- Die Herausforderung der Branche liegt insbesondere in der Bewältigung der Elektrifizierung der Antriebe. Der Verbrennungsmotor verliert in allen Szenarien sehr deutlich. Der Wachstumstreiber ist die Elektromobilität. Eine Chance auf einen weniger starken Abbau ihrer Marktanteile haben ICE-Motoren nur im E-Fuels-Szenario.

**Tabelle 4-17: Überblick über alternative Szenarien**

Anzahl der Fahrzeuge in Millionen Einheiten, Anteile und Entwicklung in Prozent, 2020=100

	Status quo	Trend	Progressiv	E-Fuels	Sharing
	2020	2040	2040	2040	2040
<b>Fahrzeuge</b>					
<b>Anzahl</b>	74,3	96,0	96,0	96,0	84,7
<b>Antriebe 2020</b>					
Klassisch	95,0	24,7	12,0	52,5	24,6
Hybrid	3,0	5,5	3,5	1,6	5,5
Elektro	2,0	65,8	79,8	37,9	65,9
Brennstoffzelle	0,0	4,0	4,7	8,0	4,0
<b>Automatisierung</b>					
Level '0-2	98,4	38,8	38,8	38,8	37,5
Level '3	1,6	36,3	36,3	36,3	36,1
Level'4+5	0,0	24,9	24,9	24,9	26,3
<b>Vernetzung</b>					
Embedded	35,6	68,5	68,5	68,5	68,5
Tethered	21,2	26,5	26,5	26,5	26,5
nicht vernetzt	17,4	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>Entwicklung Volumina</b>					
Klassische Antriebe	100	37	18	79	33
Elektroantriebe	100	1245	1421	823	1093
Automatisierung	100	293	293	293	264
Vernetzung	100	353	353	353	312
Sonstige Systeme	100	174	174	174	154
<b>Gesamt</b>	<b>100</b>	<b>171</b>	<b>169</b>	<b>175</b>	<b>152</b>
<b>Gesamt (in Mrd. Euro)</b>	<b>2.085</b>	<b>3.573</b>	<b>3.533</b>	<b>3.646</b>	<b>3.164</b>

Quelle: Fraunhofer IAO, IW Consult (2020)

# 5 Die Automobilwirtschaft in NRW

Nachdem die globalen Szenarien als Analyserahmen vorgestellt wurden, erfolgt nun der Wechsel zur Automobilwirtschaft in NRW. Im Folgenden wird die Bedeutung der Automobilwirtschaft NRW im Sinne von Erwerbstätigen, Wertschöpfung und Produktionswerten berechnet – erstens für NRW gesamt und zweitens für sechs Regionen in NRW:

- ▶ Bergisches Städtedreieck
- ▶ Münsterland
- ▶ Ostwestfalen-Lippe
- ▶ Rheinland
- ▶ Ruhrgebiet
- ▶ Südwestfalen

Dabei erfolgt eine Aufteilung in die Produktionsbereiche inklusive produktionsorientierte Dienstleistungen wie die Logistik und in Sales- und After-Sales-Bereiche wie den Kfz-Handel und Werkstätten. Nach der Logik der IOT (Input-Output-Tabellen) bilden erstere die direkten und indirekten Effekte und letztere die katalytischen Effekte ab.

Diese beiden empirischen Säulen – die Globalszenarien und die Ermittlung der Bedeutung der Automobilwirtschaft – werden dazu benötigt, in Kapitel 7 spezifische Szenarien für NRW bis 2040 zu entwerfen.

## 5.1 Die Methoden

### 5.1.1 Methoden zur Nutzung von Individualdaten

Bei der Identifizierung von der Automobilwirtschaft geprägter Regionen werden neue methodische Wege beschritten. Dies liegt in der Herausforderung begründet, dass Teilregionen NRWs analysiert werden sollen. Hauptsächlich aus vier Gründen werden Individualdaten zur Identifizierung von Regionen mit automobilprägt genutzt und nicht die Daten auf der NUTS-3-Ebene (Ebene der Kreise und kreisfreien Städte) der öffentlichen Statistik.

- ▶ Es gibt Zuordnungsprobleme bei Branchen in der öffentlichen Statistik. Viele Unternehmen, die beispielsweise im WZ 25 (Herstellung von Metallerzeugnissen) verortet sind, sind reine Automobilzulieferer, weil sie komplett in der Wertschöpfungskette Auto tätig sind. Diese Problematik besteht auch für andere Branchen, wenngleich nicht in diesem ausgeprägten Maße. Bleiben die Unternehmen im WZ 25 verortet, geht nur ein kleiner Teil ihrer Beschäftigung auf Basis der Zulieferverflechtungen mit in die Berechnungen der Automobilwirtschaft ein. Werden diese Unternehmen manuell dem WZ 29 (Herstellung von Kfz und -teilen) zugerechnet, können die Beschäftigten

in voller Anzahl berücksichtigt werden. Dies kann vor allem auf regionaler Ebene zu großen Unterschieden führen, wenn in Regionen zufällig mehrere große Automobilzulieferer beheimatet sind, die im WZ 25 gezählt werden. Ein Beispiel hierfür ist der Kreis Olpe (s. weitere Ausführungen).

- ▶ Es gibt Zuordnungsprobleme bei Werken großer Unternehmen. Wenn einzelne Werke keine eigene Rechtsform haben, sondern direkt zum Mutterkonzern gehören, können die Beschäftigten dieser Werke zum Hauptstandort des Unternehmens gezählt werden, auch wenn Werk und Hauptstandort räumlich getrennt sind. Große Werke machen oftmals einen entscheidenden Anteil der gesamten Beschäftigung in der Automobilwirtschaft einer Region aus. In etlichen Werken von Unternehmen wie Daimler, Continental oder Schaeffler sind mehrere tausend Beschäftigte tätig.
- ▶ Die öffentliche Statistik hat mittlerweile hohe Anforderung an Geheimhaltungsvorschriften. So werden etwa in Wolfsburg die Beschäftigten im WZ 29 nicht ausgewiesen, weil Volkswagen ein dominierendes Unternehmen ist, auf dessen Beschäftigung ansonsten geschlossen werden könnte. Damit gibt es für die besonders bedeutenden Automobilregionen keine offiziellen vollständigen Zahlen.
- ▶ Es werden Produktportfolios recherchiert. Um die Unternehmen in die Bereiche klassische Antriebstechnik, Elektromobilität, Fahrzeugautomatisierung und Fahrzeugvernetzung einzuteilen, werden die Produktportfolios der Unternehmen über eine Webrecherche ermittelt.

Mit Individualdaten können also präzisere Aussagen zur Bedeutung des automobilen Wandels und der regionalen Betroffenheit getroffen werden. Zum Einsatz kommt ein Kaleidoskop an Quellen, die miteinander verschränkt und harmonisiert werden. Als Basis dient die Unternehmensdatenbank von beDirect, einem Tochterunternehmen von Creditreform und Bertelsmann. Diese Datenbank beinhaltet eine Vollerhebung aller rund 3,5 Millionen Unternehmen in Deutschland. Die Kontaktdaten der Unternehmen werden nach Möglichkeit ergänzt um ihre Branche, die Mitarbeiterzahl und einige weitere Informationen wie das Gründungsdatum.

Aus dieser Grundgesamtheit wurden alle Unternehmen identifiziert, die relevant für die Automobilwirtschaft sind (s. Abbildung 5-1). Dabei wurden zwei Teilmengen gebildet: Die erste Teilmenge beinhaltet alle Unternehmen im Produktionsbereich, also im Verarbeitenden Gewerbe. Die zweite Teilmenge beinhaltet alle Unternehmen im Dienstleistungsbereich. Die Aufteilung ermöglicht die Differenzierung zwischen Produktion, Sales und After-Sales und würdigt den Umstand, dass insbesondere im Bereich der Produktion räumliche Clusterungen von Unternehmen im Rahmen von Produktionsverbänden und engen Zulieferbeziehungen auftreten. Kfz-Dienstleistungsunternehmen sind in der Regel nicht durch regionale Häufungen gekennzeichnet.

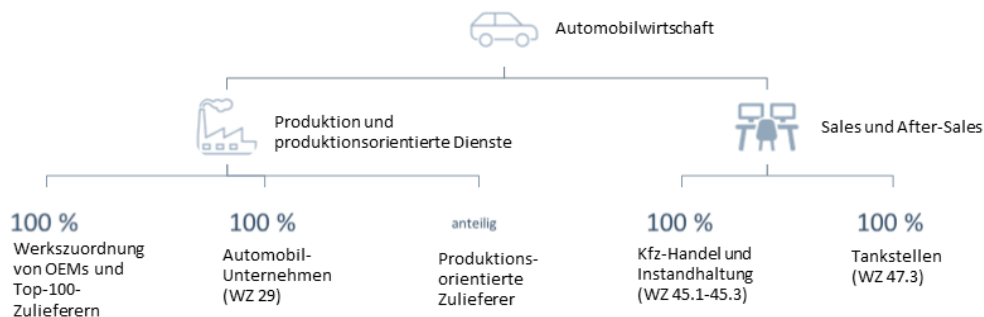
Die erste Teilmenge setzt sich aus allen Unternehmen im WZ 29 und den Unternehmen in den anderen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes zusammen, die an den WZ 29 liefern. Die zweite Teilmenge setzt sich aus dem Handel, den Reparaturwerkstätten und weiteren Dienstleistungen (z. B. Entwicklung durch spezialisierte Ingenieurbüros) zusammen. Der Kfz-Handel findet dabei vollständig Eingang in die Arrondierung der Automobilwirtschaft, die anderen Branchen analog zum Verarbeitenden Gewerbe nach ihren Lieferanteilen an den WZ 29.

In der Regel werden die Zulieferbranchen über die Input-Output-Tabellen (IOT) der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ermittelt (vgl. bspw. BMWi, 2019, Automobile Wertschöpfung 2030/2050). Über die darin enthaltenen Lieferverflechtungen zwischen allen Güterklassen kann anteilig berechnet werden, wie stark die Branchenverflechtungen sind. So kann ermittelt werden, wieviel Wertschöpfung beispielsweise vom Maschinenbau an die Herstellung von Kfz und -teilen geliefert wird. Diese Anteile werden der Automobilwirtschaft in NRW zugerechnet. Allerdings sind diese Informationen nur für



Deutschland und nicht in disaggregierter Form verfügbar. Die Lieferverflechtungen auf Kreisebene weichen von der Durchschnittsbetrachtung ab.

### Abbildung 5-1: Zusammensetzung der Automobilwirtschaft



Direkte Zuordnung von Branchen mit 100 Prozent, anteilige Zuordnung von Zulieferern über IOT-Anteile

Quelle: Eigene Darstellung

Die relevanten Unternehmen wurden identifiziert, indem die Webseiten aller Unternehmen nach bestimmten automobilaffinen Begriffswolken durchsucht wurden. Diese Begriffswolken beinhalten wichtige Komponenten der Automobilproduktion entlang von fünf Bereichen:

- ▶ Klassischer Antriebsstrang (Motor, Getriebe, Abgasbehandlung etc.)
- ▶ Elektrifizierung (Batteriezellen, Ladetechnik etc.)
- ▶ Fahrzeugautomatisierung (Aktorik, Ortung etc.)
- ▶ Fahrzeugvernetzung (Kommunikation, Multimedia etc.)
- ▶ Weitere Komponenten, die nicht direkt dem Wandel unterliegen (Reifen, Interieur, Exterieur, Karosserie etc.)

Die Komponentenlisten wurden vom Fraunhofer IAO erarbeitet und umfassen mehrere hundert Begriffe. Zusätzlich wurden alle Unternehmen des WZ 29 (Herstellung von Kfz, -teilen) berücksichtigt, da diese die Kernelemente der Automobilwirtschaft in NRW ausmachen. Allein im Produktionsbereich wurden so rund 10.000 Unternehmen in NRW identifiziert.

Um Unschärfen bei diesen über einen Algorithmus identifizierten Unternehmen möglichst zu vermeiden, wurden die Daten auf zwei Weisen validiert:

- ▶ Erstens wurden die Werke der OEMs, der Top-100-Zulieferer und weiterer großer Zulieferer mit mehreren Produktionsstätten in Deutschland über manuelle Webrecherchen ermittelt, regional zugeordnet und nach Möglichkeit um Beschäftigtenzahlen ergänzt.
- ▶ Zweitens wurden alle Unternehmen mit mehr als 100 Beschäftigten manuell überprüft, ob sie wirklich in der Automobilwirtschaft und damit wertschöpfend an der Herstellung eines Autos tätig sind. Hierfür wurden die Webseiten der Unternehmen nach ihren Tätigkeitsfeldern ausgewertet. Im Rahmen dieser Arbeit konnten die Unternehmen auch den oben genannten fünf Bereichen zugeordnet werden. Es wurden dementsprechend mehrere tausend Webseiten geprüft. Die Unternehmen mit mehr als 100 Beschäftigten stehen laut Unternehmensregister im WZ 29 für 95 Prozent der Beschäftigten und 98 Prozent der Umsätze in Deutschland (vgl. Statistisches Bun-

desamt, 2020). Diese Verhältnisse können mit den Individualdaten nahezu exakt abgebildet werden – die Unternehmen im WZ 29 mit mehr als 100 Beschäftigten repräsentieren 96 Prozent aller Beschäftigten.

- ▶ Die Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten fließen nach dem gängigen statistischen Ansatz in die Berechnungen mit ein: Die Unternehmen im WZ 29 mit der vollständigen Beschäftigungsangabe, die Unternehmen in den Zulieferbranchen und mit jeweiligem Lieferanteil der Branche gemessen an den IOT-Verflechtungen.

Durch die regionalen Zuordnungen entstehen auf Kreisebene in einigen Regionen deutliche Unterschiede bei der Bewertung der Automobilwirtschaft im Vergleich zur öffentlichen Statistik. Im Kreis Olpe sind beispielsweise nach offiziellen Zahlen der Bundesagentur für Arbeit 2.217 Beschäftigte im WZ 29 tätig (vgl. Bundesagentur für Arbeit, 2020). Daraus ergibt sich, dass sich etwa 2,8 Prozent der Erwerbstätigen der Automobilwirtschaft im Kreis Olpe zuordnen lassen. Unternehmen wie Kirchhoff Automotive oder Muhr und Bender (Mubea) werden bei dieser Vorgehensweise allerdings nicht berücksichtigt, weil diese Unternehmen nicht dem WZ 29, sondern anderen Branchen zugeordnet sind (Kirchhoff und Mubea: WZ 25). Beide Unternehmen müssten aber aufgrund ihrer Produktprogramme vollständig dem Automobilssektor zugeordnet werden. Werden die betroffenen Unternehmen in der Automobilwirtschaft in Olpe vollständig (und nicht nur die Unternehmen des WZ 29) berücksichtigt, steigt die Bedeutung der Automobilwirtschaft im Kreis Olpe von 2,8 Prozent auf 9,9 Prozent.

Neben der präzisieren regionalen Zuordnung hat die individualdatenorientierte Vorgehensweise einen weiteren bedeutenden Vorteil: Diese Daten finden Eingang in die regionalen IOTs und verbessern damit die Berechnung der regionalen Impacts. Durch die Identifizierung der zuliefernden Unternehmen je Kreis können die regionalen Anteile variiert werden.

Eine große Herausforderung besteht in der Klassifizierung von Unternehmen nach ihrer Betroffenheit im automobilen Wandel. Dabei wird von einer eher negativen Betroffenheit ausgegangen, sofern sich das Produktportfolio eines Unternehmens primär auf den traditionellen Antriebsstrang konzentriert und beispielsweise Verbrennungsmotoren, Getriebe oder die Abgasanlage herstellt. Eine eher positive Betroffenheit ist dann gegeben, wenn sich im Produktportfolio eines Unternehmens Komponenten der transformatorischen Bereiche (Elektrifizierung, Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung) befinden. Für diese Bereiche werden hohe Wachstumsraten prognostiziert.

Zunächst müssen Unternehmen danach klassifiziert werden, ob sie in einem den automobilen Wandel betreffenden Teilbereich arbeiten. Dabei werden zwei Wege eingeschlagen:

1. Der Fokus liegt auf den großen und damit besonders relevanten Unternehmen. Hier werden die notwendigen Informationen manuell über eine Webrecherche auf den jeweiligen Webauftritten der Unternehmen erhoben. Wenn ein Unternehmen in mehreren Bereichen tätig ist – aktuell entwickeln sich viele Automobilunternehmen, die sich ursprünglich auf den traditionellen Antriebsstrang konzentriert haben, weiter in Richtung Elektromobilität – wird dies vermerkt, um eine Aufteilung der Beschäftigten ermöglichen zu können. Hierbei wird auch zwischen Werken der großen Unternehmen unterschieden. Unter anderem werden die Werke von OEMs, in denen Verbrennungsmotoren produziert werden, dem traditionellen Antrieb zugewiesen.
2. Die kleinen Unternehmen werden über eine automatisierte Analyse den einzelnen Kategorien zugeordnet. Dabei werden die oben genannten spezifischen Wortwolken zu den Bereichen klassischer Antriebsstrang, Elektrifizierung, Fahrzeugautomatisierung und Vernetzung. Unternehmen, die etwa auf ihrer Webseite Begriffe zu Komponenten aus dem Bereich klassischer Antriebsstrang vermerken, werden dieser Gruppe zugeordnet.

Die manuelle Vorgehensweise bei den großen Unternehmen soll möglichst präzise Ergebnisse sicherstellen. Gleichwohl existieren Unschärfen, weil die Beschäftigtenanteile je Bereich innerhalb der Unternehmen in der Regel anhand des Produktportfolios und weiteren Informationen auf den Webseiten der Unternehmen geschätzt werden müssen. Die Beschäftigtenangaben wurden nicht von den jeweiligen Unternehmen validiert.

### 5.1.2 Methoden zur Erstellung regionaler Input-Output-Tabellen

Die zentrale Datenbasis für die Berechnungen der Bedeutung der Automobilindustrie bildet, ähnlich wie bei Fritsch und Puls (2020), die aktuelle multiregionale Input-Output Tabelle der OECD Inter-Country Input Output Tables (ICIO). Diese hat gegenüber den nationalen Input-Output-Tabellen zwei zentrale Vorteile: So liegen die Daten erstens in einer wirtschaftszweigspezifischen Abgrenzung vor, die mit den Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung direkt vergleichbar ist. So können die Vorleistungsverflechtungen branchenspezifisch exakt ermittelt werden. Zweitens können durch die multinationale Datenbasis der ICIO auch die Exporte deutscher Automobilzulieferer an ausländische Fahrzeugbauer berücksichtigt werden. Bei Betrachtung rein nationaler Input-Output-Tabellen würden diese Lieferungen in der allgemeinen Kategorie „Exporte“ einer Branche untergehen.

Die aktuellen Tabellen der ICIO geben dabei die wirtschaftlichen Verflechtungen zwischen insgesamt 36 Wirtschaftsabschnitten wieder. Diese sind entweder auf Zweistellerebene der Wirtschaftszweige (wie der WZ 29 – Herstellung von Kfz und -teilen) oder als Aggregat mehrerer Wirtschaftszweige (wie die Wirtschaftszweige 69 bis 82 – Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen, Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen) aufgeführt. Um Ergebnisse für die insgesamt 63 Wirtschaftszweige der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu erlangen, wurden die Ergebnisse der ICIO mit Daten aus der nationalen Input-Output Tabelle des statistischen Bundesamtes kombiniert. Hierbei wurden die direkten Lieferungen an den WZ 29 als Gewichte genutzt.

So konnte in Deutschland für jeden Wirtschaftszweig ermittelt werden, wieviel Produktionswert, Wertschöpfung und Erwerbstätige direkt als Teil der Automobilwirtschaft in NRW (WZ 29 und direkte Zuliefererbetriebe und Dienstleister) und indirekt (als Teil der vorgelagerten Wertschöpfungskette) auf der weltweiten Produktion von Automobilen basieren.

Ergänzend wurden sogenannte katalytische Effekte definiert. Diese umfassen Wirtschaftsbereiche, die nicht direkt Teil der vorgelagerten Wertschöpfungskette der Produktion von Automobilen sind, jedoch zentral auf dem Produkt Auto basieren. Hierzu zählt etwa der Kfz-Handel, Autowerkstätten, Waschanlagen und Tankstellen. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurden für diese Branchen, die vollständig im katalytischen Effekt enthalten sind, mögliche statistische Effekte im direkten und indirekten Effekt gleich Null gesetzt.

Die Daten der Input-Output Tabellen besitzen eine höhere zeitliche Verzögerung als die Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie lagen IOT-Daten für die Jahre 2015 (OECD) und 2016 (Destatis) vor. Um die Bedeutung in aktuellen Kennzahlen wiedergeben zu können, wurde mit der Annahme von konstanten Vorleistungsverflechtungen gearbeitet. Dies bedeutet, dass wenn die Produktion einer Branche im Jahr 2016 zu x Prozent auf der Nachfrage des weltweiten Automobilsektors basiert, diese x Prozent auch 2019 Bestand haben. Die in der IOT ermittelten Quoten wurden entsprechend mit den Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für das Jahr 2019 multipliziert, um die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Automobilindustrie zu berechnen.

Zur Regionalisierung der Ergebnisse wurden verschiedene Makrodaten mit den in Abschnitt 5.1.1 beschriebenen Mikrodaten kombiniert. So wurden die Kennzahlen der Wirtschaftszweige auf Bundesebene und die Daten der VGR der Länder auf Wirtschaftsabschnittsebene mit Zahlen der Industriestatistik sowie den Mikrodaten kombiniert, um für jeden der 401 Kreise in Deutschland je Wirtschaftszweig die Zahl der Erwerbstätigen, die Wertschöpfung und den Produktionswert zu ermitteln. Bei der Ermittlung der Wertschöpfung und Produktionswerte wurden zudem Daten der Kostenstrukturerhebung des Verarbeitenden Gewerbes sowie Daten zu den Bruttoverdiensten je Vollzeiteinheit der Arbeitskostenerhebung genutzt. Damit wird die unterschiedliche Produktivität zwischen den jeweiligen Größenklassen einer Branche berücksichtigt. Da Erfassungskonzept und Stichtag der Mikro- und Makrodaten im Einzelfall nicht komplett deckungsgleich sind, wurden die Daten zudem harmonisiert. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die erzeugten regionalen Branchendaten mit den aggregierten Kennzahlen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung übereinstimmen.

Um die regionale Bedeutung der Automobilwirtschaft exakt zu beschreiben, wurde die gleiche Vorgehensweise wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben gewählt. Während also reine Automobilzulieferer vollständig Teil der Automobilwirtschaft sind, gehen Unternehmen mit Mischgeschäft nur mit einem Anteil ihrer Beschäftigten und Umsätze ein.

Bei der Berechnung der indirekten Effekte (also der vorgelagerten Wertschöpfungskette der Automobilzulieferer) liegen keine Mikrodaten vor. Entsprechend werden diese Effekte gleichmäßig über alle Unternehmen eines Wirtschaftszweiges verteilt, die noch nicht Teil der Automobilwirtschaft sind. Eine Ausnahme bilden hier die Mischunternehmen. Diese können sowohl direkter als auch indirekter Zulieferer der Automobilindustrie sein und werden für die Berechnung beider Effekte berücksichtigt.

Die Berechnung der katalytischen Effekte erfolgt rein über die Zuordnung der Wirtschaftszweige eines Unternehmens, da jeweils ein Wirtschaftszweig zu 100 Prozent gezählt wird. Bei der Definition der Branchen, die im katalytischen Effekt einbezogen werden, handelt es sich um eine kleinteilige Abgrenzung auf Dreistellerebene. Für diese kleinteiligen Branchen liegen keine amtlichen Zahlen zu Erwerbstätigen oder Wertschöpfung vor. Diese Zahlen werden deshalb auf Basis von Beschäftigtenzahlen (SVB und GB) der Bundesagentur für Arbeit hergeleitet. In Kombination mit den vorliegenden Mikrodaten können so die regionalen katalytischen Effekte bestimmt werden.

## 5.2 Die Produktionsbereiche

### 5.2.1 Größe und Struktur

In diesem Kapitel wird dargelegt, wie groß die Automobilwirtschaft in NRW ist und welche Struktur sie aufweist. Dabei werden die recherchierten Unternehmensdaten verwendet, wie sie in 5.1 beschrieben sind. Diese Daten werden so kalibriert, dass sie mit den Informationen der amtlichen Statistik Nordrhein-Westfalens zusammenpassen (siehe dazu Abschnitt 5.1.2).

Ermittelt werden der Produktionswert, die Bruttowertschöpfung und die Beschäftigten der Automobilwirtschaft in NRW. Dazu zählt die Kernbranche Herstellung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugteilen sowie die Zulieferungen aus anderen Branchen. Dabei werden diese Leistungen der Branchen berücksichtigt, die zur Herstellung eines Fahrzeuges notwendig sind. Dabei wird in Anlehnung an das

in Kapitel 4.2 eingeführte Marktmodell all das einbezogen, was im Verkaufspreis eines Fahrzeuges enthalten ist. Auf Basis dieser Überlegung werden fast vollständig das Verarbeitende Gewerbe<sup>9</sup> und Teile der Dienstleistungssektors (Logistik sowie ausgewählte unternehmensnahe Dienstleistungen) berücksichtigt. Die Tabelle 5-1 zeigt das Ergebnis für 2019. Die Automobilwirtschaft NRW umfasst

- ▶ 195.000 Erwerbstätige (2,0 Prozent),
- ▶ eine Bruttowertschöpfung von 19,9 Milliarden Euro (3,1 Prozent) und
- ▶ einen Produktionswert von 57,9 Milliarden Euro (4,5 Prozent).

Die Automobilwirtschaft ist ein volkswirtschaftlich wichtiger Sektor. Dort finden in der direkten Betrachtung gut 2 Prozent aller Erwerbstätigen in NRW ihren Arbeitsplatz. Sie erwirtschaften knapp 3,1 Prozent der Bruttowertschöpfung und 4,5 Prozent des Produktionswertes des Landes. Die im Vergleich zu dem Beschäftigtenanteil höherer Wertschöpfungsquote zeigt an, dass die Automobilwirtschaft überdurchschnittlich produktive Arbeitsplätze bereitstellt. Im Durchschnitt beträgt die Produktivität in der Autowirtschaft mit Blick auf die direkten Effekte (Wertschöpfung je Erwerbstätigen) rund 102.200 Euro; im NRW-Durchschnitt sind es nur 67.300 Euro. Der im Vergleich zur Wertschöpfungsquote höhere Anteil am Produktionswert hat seine Ursache in den höheren Vorleistungsquoten in der Automobilwirtschaft in NRW. Die Unternehmen kaufen mehr Güter oder Dienstleistungen bei anderen ein als der Durchschnitt aller Unternehmen des Landes. Im Automobilbereich beträgt die Vorleistungsquote 65,6 Prozent – in der Gesamtwirtschaft sind es nur 49,9 Prozent. Durch diese hohe Vorleistungsintensität hat die Automobilwirtschaft in NRW eine hohe Bedeutung als Absatzmarkt von Vorprodukten für andere Branchen. Die Ausführungen in Kapitel 5.2.3 greifen diesen Punkt nochmal auf und verdeutlichen die Bedeutung für den gesamten Wirtschaftskreislauf in NRW.

Die Automobilwirtschaft in Nordrhein-Westfalen hat eine hohe Bedeutung und ist insbesondere für industrielle Wettbewerbsfähigkeit des Landes wichtig. Ein Vergleich mit dem bundesdeutschen Durchschnitt zeigt allerdings, dass die Anteile an den Arbeitsplätzen, der Wertschöpfung oder der Produktionswerte geringer sind als im Durchschnitt. Bundesweit betragen die Anteile der Automobilwirtschaft

- ▶ bei der Beschäftigung 3,0 Prozent,
- ▶ bei der Bruttowertschöpfung 5,6 Prozent und
- ▶ beim Produktionswert 8,0 Prozent.

Noch deutlicher sind die Unterschiede im Vergleich der Autoländer Bremen, Saarland oder Baden-Württemberg, die bei der Bruttowertschöpfung Anteile der Automobilwirtschaft in NRW von 10 Prozent oder knapp darunter erreichen. Insgesamt erwirtschaftet NRW rund 11,5 Prozent der Wertschöpfung<sup>10</sup> der bundesdeutschen Automobilwirtschaft. Die Beiträge von Baden-Württemberg liegen mit je rund 25 Prozent deutlich höher, obwohl die Einwohnerzahl und absolute Wirtschaftskraft geringer liegen. Bei den Arbeitsplätzen beträgt der Anteil Nordrhein-Westfalens an der bundesdeutschen Automobilwirtschaft 14,4 Prozent ist damit höher als bei der Wertschöpfung oder den Produktionswerten. Daraus folgt, dass die Automobilwirtschaft in NRW beschäftigungsintensiver und weniger produktiv ist.

---

<sup>9</sup> Nicht berücksichtigt sind die Nahrungsmittel- und die Pharmaindustrie.

<sup>10</sup> Beim Produktionswert ist dieser Anteil 11,4 Prozent ähnlich hoch.

**Tabelle 5-1: Größe und Branchenstruktur der Automobilwirtschaft NRW**

Anzahl der Erwerbstätigen; Bruttowertschöpfung und Produktionswerte in Millionen Euro, 2019

<b>Branchen</b>	<b>Erwerbstätige</b>	<b>Bruttowertschöpfung</b>	<b>Produktionswert</b>
Chemie	3.409	435	1.279
Gummi- und Kunststoff	14.554	1.161	3.270
Metalle	36.071	3.351	11.048
Maschinenbau	11.898	1.149	3.000
Elektroindustrie	8.164	1.010	2.392
Sonstige Industrie	4.896	460	1.401
Logistik	10.173	575	1.440
Unternehmensnahe Dienstleistungen	20.786	813	1.233
Kraftwagen und Kraftwagenteile	85.138	10.980	32.814
<b>Automobilwirtschaft insgesamt</b>	<b>195.090</b>	<b>19.934</b>	<b>57.878</b>
<b>NRW gesamt</b>	<b>9.633.778</b>	<b>647.962</b>	<b>1.293.588</b>
<b>Anteile in Prozent</b>	<b>2,0</b>	<b>3,1</b>	<b>4,5</b>

Quelle: Statistisches Bundesamt (2020), VGRdL (2020), beDirect (2020), Bundesagentur für Arbeit (2020), eigene Recherche und Berechnung IW Consult

Innerhalb der Automobilwirtschaft nimmt die Automobilindustrie (Herstellung von Kfz und -teilen) die dominierende Rolle ein. Rund 44 Prozent der Arbeitsplätze, 55 Prozent der Wertschöpfung sowie fast 57 Prozent der Produktionswerte entfallen auf diese Kernbranche. Die industriellen Zulieferer tragen rund zwei Fünftel zu den Arbeitsplätzen, der Wertschöpfung und der Produktion bei. Innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes hat die Metallindustrie mit Abstand das größte Gewicht. Bei der Wertschöpfung liegt der Anteil bei 16,8 Prozent. Das ist etwa dreimal so viel wie die Quoten des Maschinenbaus, der Elektroindustrie oder der Gummi- und Kunststoffindustrie. Mit einem Anteil der von knapp 16 Prozent bei den Erwerbstätigen sind die einbezogenen Dienstleistungsbranchen ein wichtiger Arbeitgeber. Ihre Anteile an der Wertschöpfung (7 Prozent) und der Produktion (4,6 Prozent) sind deutlich geringer<sup>11</sup>.

Auch bei dieser Betrachtung zeigen Vergleiche mit anderen Bundesländern, dass der Beitrag der Automobilindustrie (WZ 29) in NRW zur Automobilwirtschaft als Ganzes zwar hoch ist, aber die Branche nicht das Gewicht wie in Bayern oder Baden-Württemberg hat. Bundesweit liegt der Beitrag der Automobilindustrie an der Automobilwirtschaft bei der Bruttowertschöpfung bei 78 Prozent – 22 Prozentstammen von Zulieferern außerhalb des WZ 29. In NRW stammen dagegen mit 45 Prozent doppelt so viel der Wertschöpfung der Automobilwirtschaft von Zulieferern außerhalb des WZ 29. NRW ist also „Autozulieferer-Land“. Diese Funktion hat allerdings auch ihre Kehrseite. Die Automobilindustrie hat in allen Bundesländern eine höhere Produktivität als die Zulieferer aus anderen Branchen. Das ist der wesentliche Grund dafür, dass NRW mit einer Wertschöpfung von 102.000 Euro je Erwerbstätigen eine geringere Produktivität in der Automobilwirtschaft aufweist als der bundesweite Durchschnitt (128.000 Euro).

<sup>11</sup> Die Höhe dieser Anteile hängen von dem Modell ab, in dem festgelegt ist, welche Dienstleistungsbranchen direkt zur Automobilwirtschaft in NRW zählen.

Die Automobilwirtschaft in NRW ist stärker geprägt von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) als andere Bundesländer wie Bayern und Baden-Württemberg. Während in NRW nur gut 6 Prozent aller Unternehmen im WZ 29 mehr als 250 Beschäftigte haben, liegt der Wert in Bayern bei gut 10 Prozent und in Baden-Württemberg bei 12 Prozent (vgl. Unternehmensregister der einzelnen Statistischen Landesämter). Insbesondere bei den kleinen Unternehmen bis 9 Beschäftigte hat NRW einen höheren Anteil als andere Bundesländer. Mit 64 Prozent liegt er fast 8 Prozentpunkte höher als in Bayern. Dies hat Implikationen für die strategischen Optionen NRWs, weil kleine Unternehmen in der Regel weniger Ressourcen und damit Investitionsspielräume zur Bewältigung eines fundamentalen Wandels haben als große Unternehmen, möglicherweise aber flexibler agieren können.

Innerhalb Nordrhein-Westfalens ist die Automobilwirtschaft unterschiedlich stark vertreten. Tabelle 5-2 beinhaltet eine kreisscharfe Abgrenzung des Anteils der Erwerbstätigen in der Automobilwirtschaft. Mit dem Kreis Olpe (9,9 Prozent) und dem Märkischen Kreis (7,4 Prozent) liegen zwei Kreise aus der Region Südwestfalen an der Spitze. Die geringste Bedeutung hat die Automobilwirtschaft hingegen im Ruhrgebiet (1,0 Prozent). Werden die indirekten Erwerbstätigen berücksichtigt, arbeiten im Kreis Olpe sogar 13,4 Prozent und im Märkischen Kreis 10,3 Prozent aller Erwerbstätigen in der Automobilwirtschaft. In ganz Deutschland zeigt sich ebenfalls eine große Heterogenität. Wolfsburg steht mit einem Anteil von 46,2 Prozent an der Spitze der Verteilung, danach folgen Ingolstadt mit 42,8 Prozent und Dingolfing-Landau mit 41,8 Prozent. Im Durchschnitt liegt die Bedeutung der Automobilwirtschaft in Deutschland bei 2,7 Prozent aller Erwerbstätigen.

Die Automobilwirtschaft in NRW ist geprägt von der Herstellung von Fahrzeugkomponenten. Viele Zulieferer in NRW bauen Karosserieteile, Lichtkomponenten oder decken Bereiche in Interieur oder Exterieur ab. Dies zeigt die Analyse der individuellen Unternehmen. Diese Komponenten sind nur zum Teil direkt vom automobilen Wandel betroffen – und dann in der Regel eher positiv wie Fahrwerkkomponenten, die bei zunehmendem autonomem Fahren viel anspruchsvolleren Anforderungen genügen müssen.

**Tabelle 5-2: Regionale Bedeutung der Automobilwirtschaft NRW (NUTS-3-Ebene)**

Stand 2020

Rang	Erwerbstätigenanteil in Prozent	Kreis/kreisfreie Stadt
1	9,9	Kreis Olpe
2	7,4	Märkischer Kreis
3	6,8	Oberbergischer Kreis
4	6,4	Kreis Soest
5	5,2	Solingen
6	3,9	Rheinisch-Bergischer Kreis
7	3,7	Kreis Lippe
8	3,4	Ennepe-Ruhr-Kreis
9	3,1	Kreis Paderborn
10	3,1	Kreis Mettmann
11	3,0	Köln
12	2,7	Wuppertal
13	2,7	Hamm
14	2,6	Remscheid
15	2,5	Kreis Siegen-Wittgenstein
16	2,5	Kreis Steinfurt
17	2,5	Kreis Höxter
18	2,0	Kreis Minden-Lübbecke
19	2,0	Düsseldorf
20	2,0	Kreis Rhein-Kreis Neuss
21	2,0	Kreis Gütersloh
22	1,7	Hagen
23	1,6	Kreis Städteregion Aachen
24	1,5	Rhein-Sieg-Kreis
25	1,5	Kreis Warendorf
26	1,4	Kreis Euskirchen
27	1,4	Hochsauerlandkreis
28	1,4	Mülheim an der Ruhr
29	1,4	Leverkusen
30	1,2	Kreis Borken
31	1,2	Kreis Düren
32	1,1	Bonn
33	1,0	Krefeld
34	1,0	Dortmund
35	0,9	Kreis Viersen
36	0,9	Bielefeld
37	0,9	Kreis Unna
38	0,9	Mönchengladbach
39	0,8	Kreis Kleve
40	0,8	Oberhausen
41	0,8	Gelsenkirchen
42	0,7	Duisburg
43	0,7	Kreis Wesel
44	0,7	Rhein-Erft-Kreis
45	0,7	Bochum
46	0,7	Kreis Herford
47	0,6	Kreis Coesfeld
48	0,6	Münster
49	0,5	Kreis Heinsberg
50	0,5	Essen
51	0,5	Kreis Recklinghausen
52	0,4	Herne
53	0,3	Bottrop
	<b>2,0</b>	<b>Durchschnitt NRW</b>

Quelle: Eigene Berechnungen



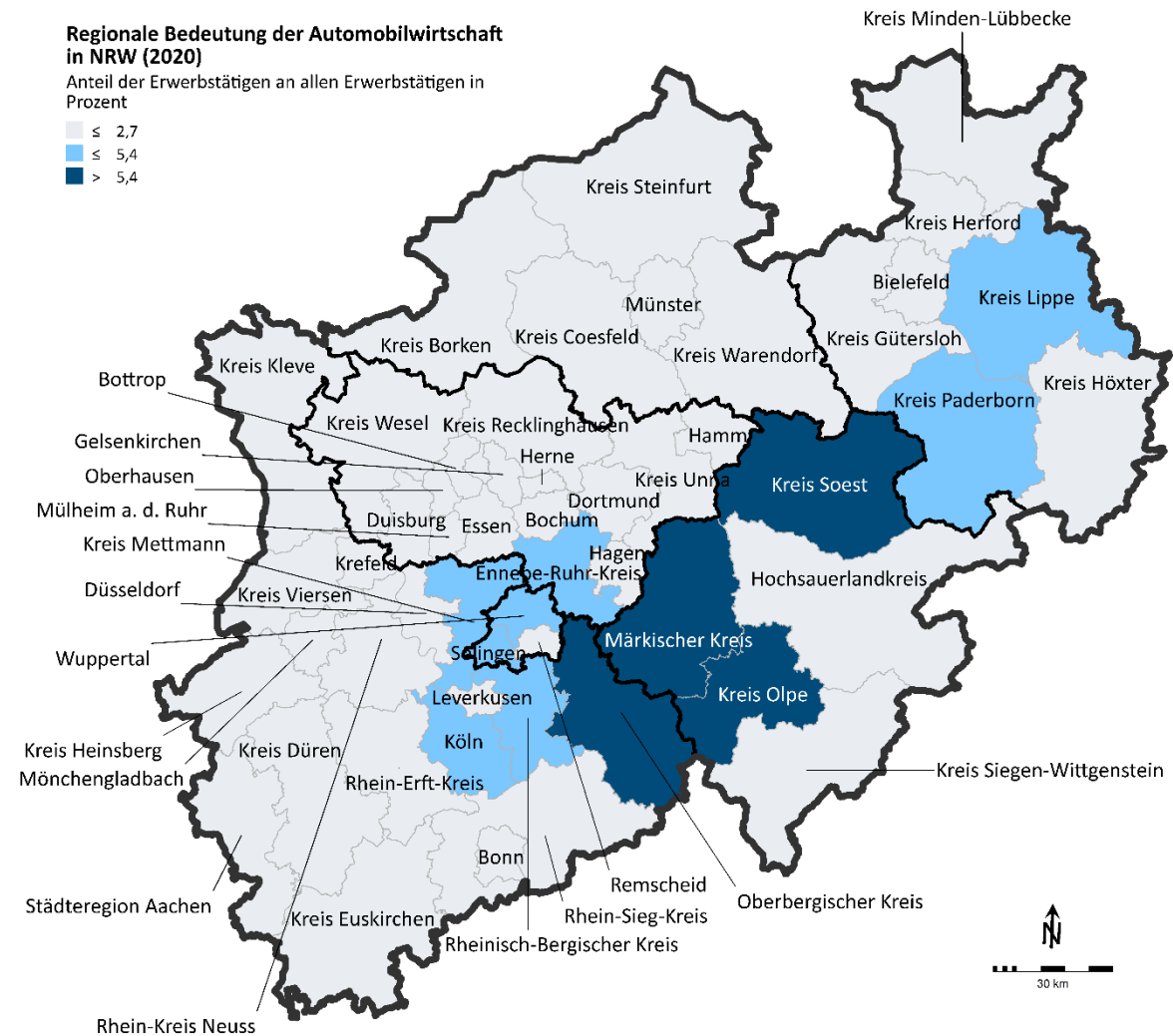
Abbildung 5-2 visualisiert die regionale Bedeutung der Automobilwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Die Analysen zeigen eine sehr heterogene Verteilung der Automobilwirtschaft in NRW. Während in vielen Kreisen und kreisfreien Städten die Erwerbstätigenzahlen in der Automobilwirtschaft sehr gering ausfallen, liegen sie in anderen – vor allem ländlich geprägten – Regionen mit fast 10 Prozent aller Erwerbstätigen hoch.

Auffällig ist eine geografische Clusterung rund um den Kreis Olpe, den Märkischen Kreis und den Oberbergischen Kreis. Im angrenzende Bergischen Städtedreieck weist Solingen eine erhöhte Bedeutung auf. Solingen ist die kreisfreie Stadt mit dem höchsten Anteil in NRW. In Ostwestfalen haben insbesondere die Kreise Lippe, Paderborn und Höxter einen hohen Anteil an Erwerbstätigen in der Automobilwirtschaft. Im Münsterland ist der Kreis Steinfurt die am stärksten von der Automobilwirtschaft geprägte Region.

In vielen Großstädten des Ruhrgebiets ist die Bedeutung der Automobilwirtschaft eher gering. Dazu zählen beispielsweise Essen, Bottrop, Bochum und Herne. Großstädte haben gemeinhin einen höheren Dienstleistungsfokus außerhalb der Automobilwirtschaft, weswegen der Erwerbstätigenanteil niedriger ausfällt. Neben Solingen bildet auch Köln im NRW-Vergleich eine Ausnahme. In Köln ist Ford Europe als Großunternehmen der Automobilwirtschaft ansässig.

**Abbildung 5-2: Regionale Bedeutung der Automobilwirtschaft NRW**

Stand 2020



Die durchschnittliche Bedeutung der Automobilwirtschaft liegt in Deutschland bei 2,7 Prozent.

Quelle: Eigene Darstellung

Neben der Bedeutung der Automobilwirtschaft ist es auch wichtig zu wissen, welche Regionen besonders stark vom traditionellen Antrieb abhängen. Diese Regionen werden im automobilen Wandel der nächsten Jahre besonderen Transformationsanforderungen ausgesetzt sein. In NRW sind 0,4 Prozent aller Erwerbstätigen in Unternehmen beschäftigt, die Komponenten des traditionellen Antriebsstrangs herstellen. Das entspricht gut 40.000 Erwerbstätigen. In Bayern liegt der Anteil bei 0,7 Prozent (gut 56.000 Erwerbstätige), in Baden-Württemberg bei 1,1 Prozent (gut 70.000 Erwerbstätige).

**Tabelle 5-3: Regionale Betroffenheit der Automobilwirtschaft NRW (NUTS-3-Ebene)**

Stand 2020

Rang	Erwerbstätigenanteil in Prozent	Kreis/kreisfreie Stadt
1	2,4	Kreis Olpe
2	2,4	Märkischer Kreis
3	1,7	Rheinisch-Bergischer Kreis
4	1,6	Oberbergischer Kreis
5	1,5	Ennepe-Ruhr-Kreis
6	1,5	Remscheid
7	0,9	Kreis Paderborn
8	0,8	Kreis Euskirchen
9	0,7	Kreis Rhein-Kreis Neuss
10	0,7	Kreis Warendorf
11	0,7	Krefeld
12	0,6	Kreis Mettmann
13	0,6	Solingen
14	0,5	Hochsauerlandkreis
15	0,5	Köln
16	0,5	Leverkusen
17	0,5	Wuppertal
18	0,5	Kreis Soest
19	0,5	Kreis Düren
20	0,4	Kreis Gütersloh
21	0,4	Hagen
22	0,4	Kreis Lippe
23	0,4	Rhein-Sieg-Kreis
24	0,4	Kreis Höxter
25	0,3	Dortmund
26	0,3	Kreis Siegen-Wittgenstein
27	0,3	Kreis Minden-Lübbecke
28	0,3	Kreis Städteregion Aachen
29	0,3	Kreis Viersen
30	0,3	Mülheim an der Ruhr
31	0,2	Bonn
32	0,2	Kreis Borken
33	0,2	Herne
34	0,2	Bielefeld
35	0,2	Kreis Heinsberg
36	0,2	Kreis Steinfurt
37	0,2	Kreis Unna
38	0,1	Kreis Wesel
39	0,1	Kreis Herford
40	0,1	Rhein-Erft-Kreis
41	0,1	Münster
42	0,1	Bochum
43	0,1	Kreis Coesfeld
44	0,1	Kreis Kleve
45	0,1	Kreis Recklinghausen
46	0,1	Düsseldorf
47	0,0	Oberhausen
48	0,0	Mönchengladbach
49	0,0	Duisburg
50	0,0	Gelsenkirchen
51	0,0	Hamm
52	0,0	Bottrop
53	0,0	Essen
	<b>0,4</b>	<b>Durchschnitt NRW</b>

Quelle: Eigene Berechnungen

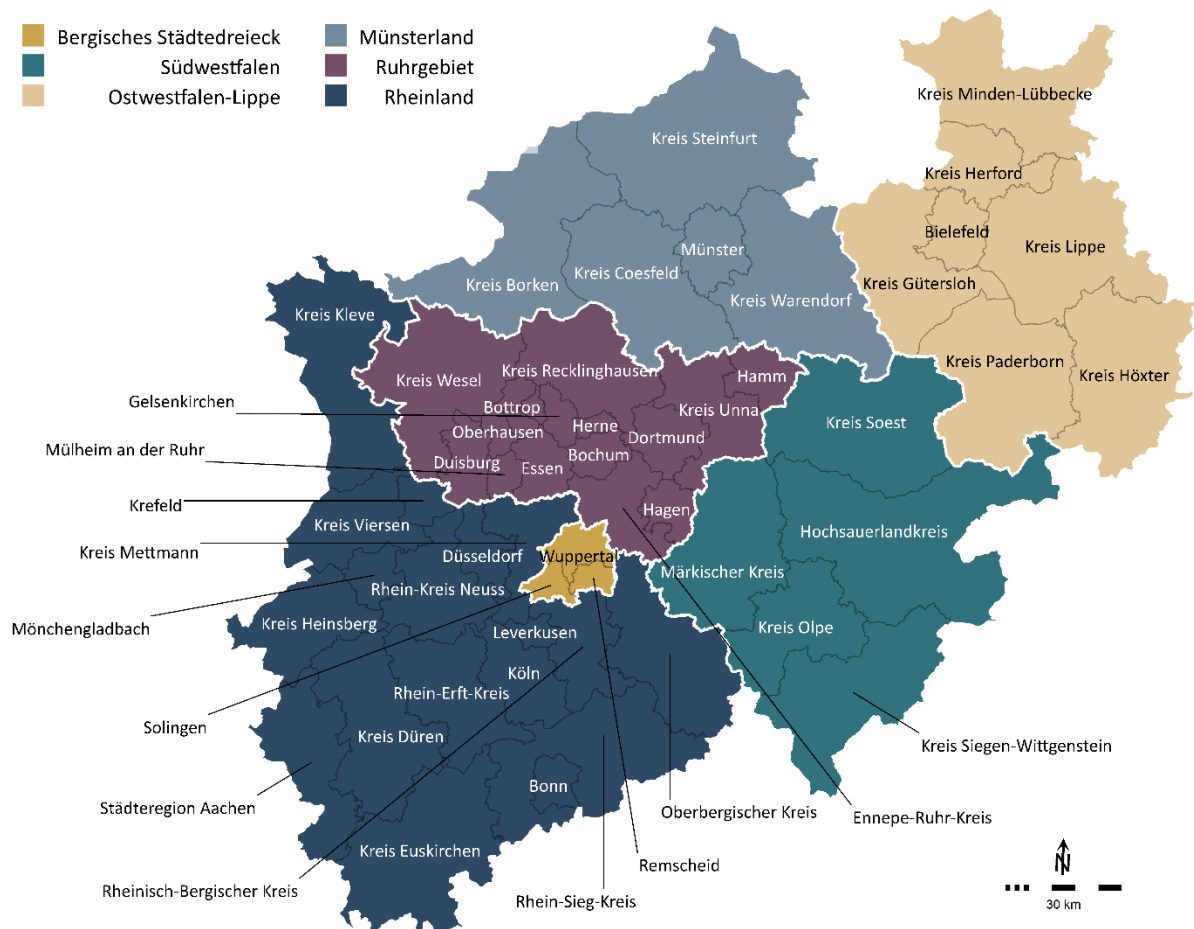


## 5.2.2 Regionalisierung der Automobilwirtschaft

Die Größe und Struktur der Automobilwirtschaft in NRW kann auch auf der regionalen Ebene von kreisfreien Städten oder Landkreisen dargestellt werden. Das ist der Vorteil des zugrundeliegenden bottom-up-Ansatzes, der mit Mikrodaten auf der Unternehmensebene arbeitet. Die nachfolgende Analyse ist nach sechs Automobilregionen in NRW differenziert. Die Abbildung 5-4 zeigt die Definition dieser Regionen. Alle verwendeten Daten liegen auch auf der Ebene von Kreisen oder kreisfreien Städten vor.

**Abbildung 5-4: Definition der Automobilregionen in NRW**

Kreisscharfe Zuordnung



Quelle: Eigene Darstellung

Die Tabelle 5-4 zeigt die Erwerbstätigen, die Wertschöpfung und die Produktionswerte, die in diesen sechs Regionen der Automobilwirtschaft in NRW zugerechnet werden können:

- ▶ Absolut betrachtet ist das Rheinland die größte Automobilregion innerhalb des Landes. Gut zwei Fünftel der Arbeitsplätze und knapp die Hälfte der Wertschöpfung sowie des Produktionswertes der Automobilwirtschaft in NRW entfällt auf diese Region. Der Grund dafür ist das hohe Gewicht von Ford in Köln. Der einzige große OEM mit Hauptsitz in Nordrhein-Westfalen trägt maßgeblich dazu bei.

- ▶ In dem Größenranking folgt Südwestfalen auf Platz zwei. Rund ein Fünftel der Automobilwirtschaft in NRW ist dort zu verorten.
- ▶ Dahinter folgen Ostwestfalen-Lippe und das Ruhrgebiet mit Anteilen je nach Indikator zwischen 10 und knapp 13 Prozent.
- ▶ Wesentlich kleiner mit Anteilen zwischen fünf und sechs Prozent sind das Bergische Städtedreieck und das Münsterland.

Analytisch aufschlussreicher als diese Anteile ist die Bedeutung der Autowirtschaft innerhalb der einzelnen Regionen – also der Betrag zur Beschäftigung, Wertschöpfung oder Produktion in ihrer Region:

- ▶ Südwestfalen ist mit Abstand die Region, die am stärksten durch die Automobilindustrie geprägt wird. Dort sind es 5,3 Prozent der Arbeitsplätze der Automobilwirtschaft in NRW zuzurechnen. Landesweit sind es nur 2,0 Prozent. Bei der Wertschöpfung beträgt diese Quote 8,1 Prozent und bei der Produktion sind es sogar fast 11 Prozent. Auch diese Werte liegen weit über den NRW-Durchschnittswerten.
- ▶ Bei dieser Betrachtung der Bedeutung der Automobilwirtschaft folgt das Bergische Städtedreieck auf Rang zwei. Auch sind die betrachteten Anteile weit überdurchschnittlich.
- ▶ Durchschnittswerte werden im Rheinland erreicht. Dahinter steckt aber auch ein statistischer Effekt, den die Region bestimmt allein durch ihre Größe den NRW-Durchschnitt maßgeblich.
- ▶ Eine unterdurchschnittliche Bedeutung hat die Automobilwirtschaft in NRW im Münsterland und im Ruhrgebiet.

**Tabelle 5-4: Größe der Automobilwirtschaft NRW nach Regionen**

Stand 2019

	<b>Erwerbstätige</b>	<b>Wertschöpfung</b>	<b>Produktionswert</b>
<b>Absolute Werte</b>	Anzahl	Millionen Euro	Millionen Euro
Bergisches Städtedreieck	10.331	1.035	2.969
Münsterland	12.218	1.035	2.891
Ostwestfalen-Lippe	24.386	2.348	6.658
Rheinland	83.049	9.586	28.150
Ruhrgebiet	24.577	2.033	5.720
Südwestfalen	40.529	3.896	11.489
<b>Gesamt NRW</b>	<b>195.090</b>	<b>19.934</b>	<b>57.878</b>
<b>Bedeutung in der Region</b>	Prozent	Prozent	Prozent
Bergisches Städtedreieck	3,3	5,1	7,3
Münsterland	1,3	1,8	2,6
Ostwestfalen-Lippe	2,1	3,2	4,5
Rheinland	2,1	3,3	4,9
Ruhrgebiet	1,0	1,3	1,8
Südwestfalen	5,3	8,1	10,9
<b>Gesamt NRW</b>	<b>2,0</b>	<b>3,1</b>	<b>4,5</b>
<b>Anteile in NRW</b>	Prozent	Prozent	Prozent
Bergisches Städtedreieck	5,3	5,2	5,1
Münsterland	6,3	5,2	5,0
Ostwestfalen-Lippe	12,5	11,8	11,5
Rheinland	42,6	48,1	48,6
Ruhrgebiet	12,6	10,2	9,9
Südwestfalen	20,8	19,5	19,9
<b>Gesamt NRW</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Quelle: Eigene Berechnungen

### 5.2.3 Bedeutung im Wirtschaftskreislauf

Bisher wurde die Größe der Autowirtschaft nur durch ihre direkten Beiträge der einzelnen Branchen zur Beschäftigung, Wertschöpfung und Produktion dargestellt. Dabei wurden die relevanten Branchen so abgegrenzt, inwieweit bei der Herstellung der Fahrzeuge Leistungen erbracht werden, die in den Verkaufspreisen enthalten sind. Unberücksichtigt sind bisher die indirekten Effekte, die durch Vorleistungskäufe in anderen Branchen entstehen. Dabei werden alle Branchen einbezogen und die gesamte mehrstufige Lieferkette berücksichtigt. Mögliche Zuordnungsfehler bei der Definition der zugehörigen Branchen der Automobilwirtschaft in NRW werden jetzt durch die Berücksichtigung von direkten Effekten (die Beiträge der Unternehmen der Automobilwirtschaft in NRW) und indirekten Effekten (Bedeutung ihrer Zuliefererkette außerhalb der Automobilwirtschaft in NRW) eliminiert. Die Berücksichtigung von direkten und indirekten Effekten bedeutet konzeptionell ein breiteres Messkonzept zur Messung der Bedeutung der Automobilwirtschaft in NRW.

Die Tabelle 5-5 zeigt die Ergebnisse, wobei der Gesamteffekt die Addition des direkten und des indirekten Effektes ist. Die Höhe des Gesamtwertes gibt den Beitrag der gesamten Wertschöpfungskette der Automobilwirtschaft zur Beschäftigung, der Wertschöpfung oder der Produktion in der Region an. Er kann auch anders interpretiert werden. Der Gesamteffekt zeigt an, um wieviel Prozent sich ein Indikator (z. B. Wertschöpfung) in der Region verändert, wenn sich die weltweite Nachfrage nach Fahrzeugen um ein Prozent verändert und die regionalen und sektoralen Strukturen dabei unverändert bleiben. Der Gesamteffekt ist deshalb ein Abhängigkeitsmaß. In Nordrhein-Westfalen hängen direkt oder indirekt

- ▶ 420.500 Arbeitsplätze (4,4 Prozent)
- ▶ 35,4 Milliarden Euro Bruttowertschöpfung (5,5 Prozent) und
- ▶ 91,2 Milliarden Euro Produktionswert (7,1 Prozent)

am Auto. Die indirekten Effekte (also die mehrstufigen Zulieferernetzwerke) haben daran einen hohen Anteil. Gemessen als Anteil an dem Gesamteffekt beträgt der indirekte Effekt

- ▶ bei der Beschäftigung 53,6 Prozent,
- ▶ bei der Wertschöpfung 43,7 Prozent und
- ▶ beim Produktionswert 36,6 Prozent.

Diese hohen Quoten belegen, dass bei einer aussagekräftigen Beurteilung der Bedeutung der Automobilwirtschaft nicht nur die direkt beteiligten Unternehmen einzubeziehen sind, sondern das gesamte Zulieferernetzwerk berücksichtigt werden muss.

Auch bei einer Gesamtsicht der direkten und indirekten Effekte ist die Automobilwirtschaft in NRW kleiner als im bundesweiten Durchschnitt. Bei den Arbeitsplätzen beträgt der Autoanteil in Deutschland 5,2 Prozent, bei der Wertschöpfung sind es 7,8 Prozent und beim Produktionswert 10,3 Prozent. Der gesamte Produktionswert der Automobilwirtschaft in NRW in Deutschland beträgt 648,4 Milliarden Euro, wovon 506 Milliarden Euro den direkten und 142,4 Milliarden Euro den indirekten Effekten zuzurechnen sind. Nordrhein-Westfalen hat daran einen Anteil von 14,1 Prozent. Diese Quote ist damit höher als die bei den direkten Effekten (11,4 Prozent). Das ist wiederum ein Hinweis, dass die Automobilwirtschaft in NRW stärker mit anderen Branchen vernetzt ist und die Zulieferer aus Bereichen außerhalb der WZ 29 wichtiger sind.

In den einzelnen Regionen Nordrhein-Westfalens gibt es mit Blick auf die Bedeutung der Automobilwirtschaft in NRW im Wirtschaftskreislauf Unterschiede. Diese regionalen Differenzen sind aber hauptsächlich auf Unterschiede bei den direkten Effekten zurückzuführen. Die indirekten Effekte sind in allen sechs betrachteten Regionen und bei allen Indikatoren ähnlich. Hervorzuheben ist lediglich, dass die indirekten Effekte in Südwestfalen durchweg etwas höher sind als in den anderen Regionen.



**Tabelle 5-5: Direkte und indirekte Effekte der Automobilwirtschaft nach Regionen**

Stand 2019; Hebelwirkungen

	<b>direkt</b>	<b>indirekt</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Erwerbstätige</b>			
Bergisches Städtedreieck	3,3	2,5	5,8
Münsterland	1,3	2,2	3,5
Ostwestfalen-Lippe	2,1	2,3	4,5
Rheinland	2,1	2,3	4,4
Ruhrgebiet	1,0	2,3	3,3
Südwestfalen	5,3	2,5	7,8
<b>Gesamt NRW</b>	<b>2,0</b>	<b>2,3</b>	<b>4,4</b>
<b>Wertschöpfung</b>			
Bergisches Städtedreieck	5,1	2,5	7,6
Münsterland	1,8	2,2	4,1
Ostwestfalen-Lippe	3,2	2,4	5,6
Rheinland	3,3	2,4	5,6
Ruhrgebiet	1,3	2,4	3,7
Südwestfalen	8,1	2,6	10,6
<b>Gesamt NRW</b>	<b>3,1</b>	<b>2,4</b>	<b>5,5</b>
<b>Produktion</b>			
Bergisches Städtedreieck	7,3	2,7	10,0
Münsterland	2,6	2,4	5,0
Ostwestfalen-Lippe	4,5	2,5	7,0
Rheinland	4,9	2,5	7,4
Ruhrgebiet	1,8	2,7	4,5
Südwestfalen	10,9	2,9	13,9
<b>Gesamt NRW</b>	<b>4,5</b>	<b>2,6</b>	<b>7,1</b>

Quelle: Eigene Berechnungen

### 5.3 Die Sales- und After-Market-Bereiche

In der bisherigen Betrachtung sind die dem Produktionsbereich nachgeordneten Bereiche nicht berücksichtigt. Das sind die Branchen, die über sogenannten katalytische Effekte mit der Automobilwirtschaft verbunden sind. Sie erbringen Leistungen, die zwar nicht direkt mit der Herstellung von Fahrzeugen zu tun haben, aber nur deshalb existieren, weil es Fahrzeuge gibt. In dieser Studie wird dafür eine enge Abgrenzung verwendet. Einbezogen werden die Branchen

- ▶ Autohandel und Reparatur (WZ 45.1-3) und
- ▶ Tankstellen (WZ 47.3).

Das entspricht der Vorgehensweise der Literatur (u. a. BMWi, 2019). Natürlich könnte diese Liste verlängert werden. Viele Unternehmen und Arbeitsplätze sind ohne Fahrzeuge nicht denkbar – beispielsweise das Taxigewerbe. Konsequenterweise wäre die gesamte Wirtschaft katalytisch mit der

Automobilwirtschaft verbunden<sup>12</sup>. Die vorgeschlagene Beschränkung verhindert dies und fokussiert auf die wesentlichen Teile. Die Tabelle 5-6 zeigt die Ergebnisse:

- ▶ Etwa 2,1 Prozent der Beschäftigten können über katalytische Effekte der Automobilwirtschaft zugerechnet werden. Im Münsterland ist dieser Effekt mit 2,7 Prozent am höchsten und in Ostwestfalen-Lippe und dem Bergischen Städtedreieck mit 1,9 Prozent am niedrigsten. Der Bereich Handel und Reparatur ist insgesamt deutlich größer als die Tankstellen.
- ▶ Bei der Wertschöpfung gibt es ähnliche Relationen. Der Beitrag der katalytischen Effekte zu der Wertschöpfung in NRW beträgt 1,8 Prozent. Davon entfallen 1,6 Prozentpunkte auf den Handel und die Reparatur. Wiederum ist der Anteil in Ostwestfalen-Lippe niedriger als in den anderen Regionen.
- ▶ Beim Produktionswert sind die Anteile kleiner. Die Quote beträgt 1,5 Prozent. Die Spanne reicht von 1,2 Prozent (Ostwestfalen-Lippe) bis 1,7 Prozent (Münsterland).

In NRW sind einige ausländische OEMs mit ihren Deutschlandzentralen ansässig, die von dort aus ihre Vertriebsaktivitäten steuern. Dazu zählen beispielsweise Toyota, Renault und Volvo. Diese Effekte sind in der IOT aufgrund ihres regionalisierten Charakters berücksichtigt und wurden über die Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit sowie die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder kalibriert. Die Erwerbstätigen in den Zentralen fallen aber im Vergleich zu der relativ großen Branche des Kfz-Handels sowie der Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (WZ 45 ohne Motorradhandel) nicht maßgeblich ins Gewicht. In NRW sind allein gut 170.000 Erwerbstätige in diesen Branchen tätig.

---

<sup>12</sup> Es ist daran zu erinnern, dass es bei dieser Abgrenzung nur um ein Zuordnungsproblem zu direkten, indirekten oder katalytischen Effekten handelt. In der Gesamtbetrachtung (Kapitel 5.4) geht keine Branche mit ihrem Impact verloren.

**Tabelle 5-6: Katalytische Effekte der Automobilwirtschaft nach Regionen**

Stand 2019; Angaben in Prozent der Gesamtwerte in den Regionen

	Kfz-Handel und Reparatur	Tankstellen	Gesamt
<b>Beschäftigung</b>			
Bergisches Städtedreieck	1,7	0,2	1,9
Münsterland	2,0	0,7	2,7
Ostwestfalen-Lippe	1,6	0,3	1,9
Rheinland	1,8	0,3	2,0
Ruhrgebiet	1,8	0,3	2,0
Südwestfalen	1,8	0,2	2,1
<b>Gesamt NRW</b>	<b>1,8</b>	<b>0,3</b>	<b>2,1</b>
<b>Wertschöpfung</b>			
Bergisches Städtedreieck	1,7	0,2	1,9
Münsterland	1,6	0,5	2,1
Ostwestfalen-Lippe	1,3	0,2	1,5
Rheinland	1,6	0,2	1,8
Ruhrgebiet	1,7	0,2	1,9
Südwestfalen	1,6	0,2	1,8
<b>Gesamt NRW</b>	<b>1,6</b>	<b>0,2</b>	<b>1,8</b>
<b>Produktionswert</b>			
Bergisches Städtedreieck	1,4	0,2	1,5
Münsterland	1,3	0,5	1,7
Ostwestfalen-Lippe	1,0	0,2	1,2
Rheinland	1,3	0,1	1,5
Ruhrgebiet	1,4	0,2	1,6
Südwestfalen	1,2	0,1	1,3
<b>Gesamt NRW</b>	<b>1,3</b>	<b>0,2</b>	<b>1,5</b>

Quelle: Eigene Berechnungen

Ein Vergleich mit bundesdeutschen Durchschnittswerten zeigt ähnliche Ergebnisse. Bei der Beschäftigung liegt die Quote auf dem gleichen Niveau (2,1 Prozent). Bei der Wertschöpfung (1,7 Prozent) und der Produktion (1,3 Prozent) sind die Effekte in NRW etwas höher.

Die katalytischen Effekte sind aber nicht wegen ihrer heutigen Beiträge zur Beschäftigung, Wertschöpfung oder Produktion interessant, sondern weil in Zukunft im Zuge der Etablierung neuer Mobilitätskonzepte neue Märkte entstehen. Das ist ein wesentliches Ergebnis der Expertenworkshops, die im Rahmen des Projektes durchgeführt wurden.

Die einzelnen Märkte (z. B. Ladesäulen, Mobilitätsdienstleistungen, Datenanalysen, Sicherheit) werden in Kapitel 3.4 ausführlich dargestellt. Wichtig ist die Abschätzung der Dynamik in diesen Bereichen.

Die Experten rechnen damit, dass diese weit überdurchschnittlich wachsen werden. Eine Dimensionierung dieser Effekte wurde auf Basis der folgenden Überlegung abgeleitet. Heute tragen die Dienstleistungsbranchen je einem Euro Produktionswert der bundesweiten Automobilwirtschaft direkt oder indirekt 15,2 Cent bei. Bundesweit addieren sich die direkten und indirekten Produktionswerte der Automobilwirtschaft für das Jahr 2020 damit auf 584 Milliarden Euro<sup>13</sup>. Unter der Annahme, dass die direkten und die im Zulieferernetzen indirekt erwirtschafteten Produktionswerte bis 2040 jeweils um 51 Prozent<sup>14</sup> wachsen, ergibt sich ein Gesamtproduktionswert (direkt und indirekt) der deutschen Automobilwirtschaft im Jahr 2040 von 902 Milliarden Euro. Darunter sind 126 Milliarden Euro Dienstleistungen enthalten. Die Experten schätzen, dass in Zukunft je einen Euro direktem und indirektem Produktionswert nicht 15,2 Cent Dienstleistungen enthalten sind, sondern insgesamt 32 Cent. Die Differenz zwischen 32 Cent und 15 Cent ist den neu entstehenden After-Sales- oder katalytischen Märkten zuzurechnen. Das sind in dieser Überschlagsrechnung knapp 100 Milliarden Euro. Das würde eine Erhöhung der direkten und indirekt erwirtschafteten Marktvolumina um 11 Prozent bedeuten.

Für NRW ist für 2040 – bei Zugrundelegung der Wachstumsrate von 51 Prozent – ein Produktionswert (direkt und indirekt) von 124 Milliarden Euro zu erwarten<sup>15</sup>. Gerechnet auf dieser Basis kann mit zusätzlichen katalytischen Dienstleistungen in Höhe von 11 Prozent dieses Wertes oder rund 13 Milliarden Euro gerechnet werden.

## 5.4 Die Gesamtbetrachtung

Die Tabelle 5-7 zeigt die drei Effekte (direkt, indirekt und katalytisch) im Überblick. Von der Automobilwirtschaft in NRW hängen

- ▶ 6,5 Prozent der Beschäftigung,
- ▶ 7,3 Prozent der Bruttowertschöpfung und
- ▶ 8,5 Prozent der Produktion

in Nordrhein-Westfalen ab. Dabei gibt es große regionale Unterschiede. Besonders hoch ist die Abhängigkeit vom Auto in Südwestfalen und im Bergischen Städtedreieck. Am geringsten sind die Quoten im Münsterland und im Ruhrgebiet. In Südwestfalen beispielsweise hängt jeder zehnte Arbeitsplatz, jeder achte Euro Wertschöpfung und jeder siebte Euro Produktionswert am Auto.

---

<sup>13</sup> In Kapitel 5.2 werden die direkten und indirekten Produktionswerte der Automobilwirtschaft in NRW und in Deutschland für das Jahr 2019 gerechnet. Im Jahr 2020 ist mit einem Einbruch zu rechnen, der auf 10 Prozent geschätzt wird. Siehe dazu auch das nachfolgende Kapitel 7.

<sup>14</sup> Die Wachstumsrate von 51,2 Prozent für den Zeitraum 2020 bis 2040 entspricht der des globalen Trendszenarios aus dem Kapitel Trendszenario (4.2).

<sup>15</sup> Der direkte und indirekte Produktionswert lag 2019 bei 91,2 Milliarden Euro. Für das Jahr 2020 wird mit einem Rückgang um 10 Prozent auf 82,1 Milliarden Euro als Ausgangspunkt gerechnet.

**Tabelle 5-7: Gesamteffekt der Automobilwirtschaft nach Regionen**

Stand 2019; Angaben in Prozent der Gesamtwerte in den Regionen

	Direkt	Indirekt	Katalytisch	Gesamt
<b>Erwerbstätige</b>				
Bergisches Städtedreieck	3,3	2,5	1,9	7,7
Münsterland	1,3	2,2	2,7	6,3
Ostwestfalen-Lippe	2,1	2,3	1,9	6,4
Rheinland	2,1	2,3	2,0	6,4
Ruhrgebiet	1,0	2,3	2,0	5,4
Südwestfalen	5,3	2,5	2,1	9,8
<b>Gesamt NRW</b>	<b>2,0</b>	<b>2,3</b>	<b>2,1</b>	<b>6,5</b>
<b>Wertschöpfung</b>				
Bergisches Städtedreieck	5,1	2,5	1,9	9,5
Münsterland	1,8	2,2	2,1	6,1
Ostwestfalen-Lippe	3,2	2,4	1,5	7,1
Rheinland	3,3	2,4	1,8	7,4
Ruhrgebiet	1,3	2,4	1,9	5,7
Südwestfalen	8,1	2,6	1,8	12,4
<b>Gesamt NRW</b>	<b>3,1</b>	<b>2,4</b>	<b>1,8</b>	<b>7,3</b>
<b>Produktion</b>				
Bergisches Städtedreieck	7,3	2,7	1,5	11,5
Münsterland	2,6	2,4	1,7	6,7
Ostwestfalen-Lippe	4,5	2,5	1,2	8,3
Rheinland	4,9	2,5	1,5	8,8
Ruhrgebiet	1,8	2,7	1,6	6,1
Südwestfalen	10,9	2,9	1,3	15,2
<b>Gesamt NRW</b>	<b>4,5</b>	<b>2,6</b>	<b>1,5</b>	<b>8,5</b>

Quelle: Eigene Berechnungen

## 6 Risiko- und Potenzialanalyse

Die Größe, die Wettbewerbsfähigkeit und der Erfolg der Automobilwirtschaft in NRW werden auch davon bestimmt, welche Voraussetzungen und Kompetenzen in einer Region gegeben sind. Deshalb wird in einem ersten Schritt beleuchtet, wie der Status quo in NRW und seinen Regionen im Vergleich zu Deutschland insgesamt und anderen ausgewählten Bundesländern ist.

Zur Analyse des Status quo der Standortbedingungen in NRW wurden sechs Bereiche betrachtet:

- ▶ Infrastruktur
- ▶ Fachkräfte
- ▶ Forschung und Entwicklung inkl. Patentaktivitäten auf Unternehmensebene
- ▶ Wissenslandschaft
- ▶ sozio-kulturelles Umfeld
- ▶ wirtschaftsfreundliches Umfeld

19 automobilrelevante Indikatoren wurden für diese sechs Bereiche ausgewählt.<sup>16</sup> Die Indikatoren beziehen sich teilweise direkt auf Rahmenbedingungen, die durch staatliches Handeln geschaffen werden, wie z. B. die Verkehrsinfrastruktur, die Gewerbesteuern oder die Gestaltung der Wissenslandschaft. Diese Rahmenbedingungen unterliegen direkt der staatlichen Kontrolle. Teilweise, wie z. B. beim FuE-Personal und den Patentanmeldungen, resultieren sie aus unternehmerischen Entscheidungen. Sie reflektieren das regionale Innovationspotenzial und können nur indirekt durch die Politik beeinflusst werden, etwa durch eine aktive Forschungsförderung. Die Auswahl der Indikatoren erfolgt mit dem Ziel, die Risiken und Potenziale für die Automobilindustrie in NRW in einer Gesamtbetrachtung umfassend darzustellen.

Die Indikatoren werden in einem regionalen Vergleich dargestellt. Die Vergleichsregionen sind NRW, sechs ausgewählte Regionen innerhalb NRWs, drei ausgewählte Bundesländer sowie Deutschland insgesamt. Niedersachsen, Baden-Württemberg und Bayern wurden als Vergleichsländer ausgewählt, da es sich um größere Flächenländer mit einer starken Automobilindustrie handelt. Aus dieser Darstellung lässt sich ein Profil der Stärken und Schwächen NRWs als Wirtschafts- und Industriestandort ableiten.

Zusätzlich zur statistisch fundierten Analyse mittels der ausgewählten Indikatoren wurden die Standortbedingungen auch in den Unternehmensinterviews und Workshops von Unternehmensvertretern aus den jeweiligen Regionen bewertet. Die Analyse der Wissenslandschaft wurde zudem durch eine Patentanalyse auf Basis der IW-Patentdatenbank erweitert. Die Patente stellen einen wichtige Outputindikator für den Erfolg der FuE-Aktivitäten der Automobilindustrie dar.

In Tabelle 6-1 sind einige zentrale Kennziffern zur Charakterisierung der Vergleichsregionen zusammengefasst. NRW ist das bevölkerungsreichste Bundesland in Deutschland und weist gleichzeitig

---

<sup>16</sup> Die Auswahl der Indikatoren erfolgte auf Basis der Experteninterviews, die im Rahmen dieser Studie durchgeführt.

eine deutlich höhere Bevölkerungsdichte auf als die anderen Flächenländer im Vergleich. Bei Wohlstand – hier als Bruttoinlandsprodukt je Einwohner gemessen – und Produktivität – hier durch das Bruttoinlandsprodukt je Erwerbstätigen gemessen – liegt es etwa gleich auf mit dem benachbarten Niedersachsen. Die beiden südlichen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg weisen aber bei beiden Größen deutliche höhere Werte auf. Die Wirtschaftskraft im Süden der Bundesrepublik liegt pro Kopf deutlich höher. Dies reflektieren auch die Arbeitslosenquoten in den Bundesländern im Vergleich. Bayern und Baden-Württemberg liegen mit rund 3 Prozent deutlich unter dem deutschen Durchschnitt von 5,0 Prozent. Die Arbeitslosenquote in NRW ist mit 6,5 Prozent merklich höher.

Die Regionen in NRW weisen deutlich unterschiedlichen Strukturmerkmale auf. Das Rheinland (7,1 Millionen Einwohner) und das Ruhrgebiet (5,1 Millionen Einwohner) sind mit Abstand die bevölkerungsreichsten Regionen. Das Bergische Städtedreieck weist die geringste Bevölkerungszahl auf. Allerdings ist hier die Bevölkerungsdichte am größten (1.877 Einwohner je Quadratkilometer) – die Region besteht nur aus kreisfreien Städte. Deutlich höhere Bevölkerungsdichten als NRW insgesamt weisen aber auch die beiden großen Regionen – das Rheinland und das Ruhrgebiet – auf.

Wohlstand (rund 44.200 Euro je Einwohner) und Produktivität (rund 78.800 Euro je Erwerbstätigen) liegen nur im Rheinland über dem NRW-Durchschnitt. In beiden Größen liegt das Rheinland näher an den Werten der Südländer Bayern und Baden-Württemberg als am NRW-Durchschnitt und jeweils über dem Bundesdurchschnitt. Der Wohlstand ist im Ruhrgebiet am geringsten, die Produktivität im Münsterland. Das Münsterland weist hingegen die kleinste Arbeitslosenquote (3,9 Prozent) in NRW auf, gefolgt von Südwestfalen (4,9 Prozent). In den stark städtisch geprägten Regionen Bergisches Städtedreieck (7,6 Prozent) und Ruhrgebiet (8,8 Prozent) liegt dieser Wert deutlich höher als im Landesdurchschnitt.

**Tabelle 6-1: Kenngrößen der Regionen im Vergleich**

2019

	Bevölkerung	Bevölkerungsdichte	Wohlstand	Produktivität	Arbeitsmarkt
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	17.922	525	38.769	72.757	6,5
<b>Niedersachsen</b>	7.973	167	37.290	72.343	5,0
<b>Baden-Württemberg</b>	11.046	310	46.480	80.981	3,2
<b>Bayern</b>	13.037	185	47.302	80.609	2,8
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	624	1.877	35.202	70.861	7,6
<b>Münsterland</b>	1.628	274	37.165	66.869	3,9
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	2.055	315	38.172	69.227	5,2
<b>Rheinland</b>	7.114	667	44.179	78.824	6,3
<b>Ruhrgebiet</b>	5.113	1.152	32.642	68.131	8,8
<b>Südwestfalen</b>	1.388	224	37.981	68.917	4,9
<b>Deutschland</b>	82.906	232	40.339	74.561	5,0

Bevölkerung: Einwohner in 1.000; Bevölkerungsdichte: Einwohner je Quadratkilometer; Wohlstand: BIP je Einwohner (in Euro); Produktivität: BIP je Erwerbstätigen (in Euro); Arbeitsmarkt: Arbeitslosenquote

Quelle: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnungen IW Consult

## 6.1 Infrastruktur

Bei zwei zentralen Kennziffern der Infrastruktur – der Erreichbarkeit von Autobahnanschlussstellen und der Breitbandversorgung – erzielt NRW bessere Ergebnisse als im Bundesdurchschnitt und der drei ausgewählten Vergleichsländer (Tabelle 6-2).

- ▶ Die Pkw-Fahrzeit zur nächsten Anschlussstelle einer Bundesautobahn beträgt in NRW durchschnittlich knapp 7 Minuten. Im Bundesdurchschnitt sind es rund 11 Minuten. In den anderen größeren Flächenländern betragen die Vergleichswerte zwischen rund 11 und 14 Minuten. Das Straßenverkehrsnetz in NRW zeigt sich somit als besonders dicht, wenngleich zwischen den Regionen erhebliche Unterschiede bestehen. Ist das Autobahnnetz im Ruhrgebiet besonders dicht, gibt es in Westfalen teilweise noch Lücken. Insgesamt ist NRW exzellent an das überregionale Autobahnnetz angeschlossen und hat eine attraktive Lage im Zentrum Europas.
- ▶ Die Autobahndichte berücksichtigt allerdings nicht die Auslastung der Verkehrsinfrastruktur. Sie ist in NRW besonders hoch, wie sich beispielsweise an den Staukilometern auf Autobahnen zeigt. Mit 201 Staukilometern je Kilometer Autobahn im Jahr 2019 ist der Wert für NRW fast doppelt so hoch wie im Bundesdurchschnitt.
- ▶ Die Breitbandversorgung – gemessen am Anteil der Haushalte mit einer Versorgung mit mind. 200 Mbit/s – ist in NRW überdurchschnittlich. 81,9 Prozent der Haushalte verfügen über solche Anschlüsse gegenüber 75,3 Prozent im Bundesdurchschnitt. In den ausgewählten Vergleichsländern liegen die Anteile zwischen 72,3 Prozent (Niedersachsen) und 77,9 Prozent (Baden-Württemberg).

**Tabelle 6-2: Qualität der Infrastruktur**

NRW, ausgewählte Bundesländer, Auto-Regionen in NRW und Deutschland insgesamt

	Erreichbarkeit <sup>1)</sup>	Staukilometer <sup>2)</sup>	Breitbandversorgung <sup>3)</sup>
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	6,8	201	81,9
<b>Niedersachsen</b>	13,2	94	72,3
<b>Baden-Württemberg</b>	13,7	182	77,9
<b>Bayern</b>	10,5	106	73,0
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	5,0	-	85,0
<b>Münsterland</b>	9,2	-	77,2
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	12,0	-	72,2
<b>Rheinland</b>	5,7	-	80,1
<b>Ruhrgebiet</b>	3,9	-	85,2
<b>Südwestfalen</b>	13,0	-	73,0
<b>Deutschland</b>	10,6	108	75,3

<sup>1)</sup> Pkw-Fahrzeit zur nächsten BAB-Anschlussstelle in Minuten, 2018

<sup>2)</sup> Staukilometer pro Jahr je Kilometer Autobahn, 2019

<sup>3)</sup> Anteil der Haushalte mit mind. 200 Mbits/s, 2019

Quellen: Inkar, ADAC, Breitbandatlas; eigene Berechnungen IW Consult



- ▶ Innerhalb Nordrhein-Westfalens haben die dichter besiedelten Regionen Bergisches Städtedreieck, Rheinland und Ruhrgebiet Vorteile bei der Infrastruktur gegenüber den anderen Regionen Nordrhein-Westfalens. Dies gilt hinsichtlich der deutlich kürzeren Fahrzeiten zu Autobahnen genauso wie für die bessere Breitbandversorgung. Die anderen Regionen – Münsterland, Ostwestfalen-Lippe und Südwestfalen – weisen aber bei Fahrzeiten und Breitbandversorgung vergleichbare Werte auf wie die anderen großen Flächenländer.

Die relativ hohe Bevölkerungsdichte und die Siedlungsstruktur in Regionen wie dem Ruhrgebiet und dem Rheinland begünstigen die Anbindung großer Bevölkerungsteile in NRW an die Infrastruktur. Allerdings ist die Infrastruktur in NRW auch stark ausge- und vielfach überlastet.

## 6.2 Fachkräfte

Die Indikatoren zur Fachkräfteversorgung zeigen an, wie gut die Unternehmen ihren Fachkräftebedarf vor Ort befriedigen können. Für NRW zeigen sich bei den ausgewählten Kennziffern folgende Befunde (Tabelle 6-3):

- ▶ Der Anteil Hochqualifizierter an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB) in NRW liegt mit 15,6 Prozent etwas unter dem Bundesdurchschnitt (16,8 Prozent). Auch Bayern und Baden-Württemberg erreichen höhere Werte. In Niedersachsen sind die Anteile geringer.
- ▶ Innerhalb NRWs ist der Anteil Hochqualifizierter an der Beschäftigung nur im Rheinland (19,3 Prozent) höher als im Landesdurchschnitt.
- ▶ Die Ausbildungsquote als Hinweis auf die zukünftige Entwicklung der Fachkräfteversorgung liegt in NRW mit 43,7 Auszubildenden je 1.000 Beschäftigte über dem Bundesdurchschnitt (40,5 Auszubildende je 1.000 Beschäftigte). In Niedersachsen und Baden-Württemberg ist der Anteil etwas höher, in Bayern etwas geringer.
- ▶ Innerhalb NRWs liegt die Ausbildungsquote nur im Rheinland (39,9 Auszubildende je 1.000 Beschäftigte) unter dem Landesdurchschnitt. In den anderen Regionen ist sie teils deutlich höher – mit 51,5 Auszubildenden je 1.000 Beschäftigten im Münsterland am höchsten.
- ▶ Die Ingenieursquote in NRW liegt mit 2,4 Ingenieuren je 100 SVB niedriger als im Bundesdurchschnitt (2,9 Ingenieure je 100 SVB). Auch in den Vergleichsländern sind mehr Ingenieure je 100 SVB tätig. Besonders hoch sind die Ingenieursanteile in Bayern (3,6 Ingenieure je 100 SVB) und Baden-Württemberg (3,8 Ingenieure je 100 SVB).
- ▶ Unter den NRW-Regionen liegt der Ingenieursanteil wiederum im Rheinland über dem Landesdurchschnitt, in Südwestfalen entspricht er dem Landesdurchschnitt. Die anderen Regionen liegen unter dem Landesdurchschnitt.
- ▶ NRW weist einen höheren Anteil an Beschäftigten in wissensintensiven Dienstleistungen (21,5 Prozent) auf als im Bundesdurchschnitt (21,0 Prozent). In Baden-Württemberg und Niedersachsen ist der Anteil der Beschäftigten in wissensintensiven Dienstleistungen geringer als in NRW, in Bayern höher.
- ▶ In den Regionen NRWs übertrifft auch hier nur das Rheinland den Landes- und Bundesdurchschnitt. In den anderen Regionen ist der Anteil der Beschäftigten in wissensintensiven Dienstleistungen teilweise deutlich geringer.
- ▶ NRW weist einen negativen Binnenwanderungssaldo auf. Die Zahl der Fortzüge überstieg die Zahl der Zuzüge innerhalb Deutschlands im Jahr 2019 um rund 5.700. Bezogen auf die Bevölkerung entspricht dies einem Anteil von 0,3 Personen je 1.000 Einwohner. Auch in Niedersachsen (- 0,8 Personen je 1.000 Einwohner) und Baden-Württemberg (-0,4 Personen je 1.000 Einwohner) ist dieser Wanderungssaldo leicht negativ. Bayern weist einen positiven Binnenwanderungssaldo auf (0,25 Personen je 1.000 Einwohner).

- Zwischen den Regionen in NRW fallen diese Unterschiede größer aus. Das Bergische Städtedreieck weist den größten positiven Saldo (2,2 Personen je 1.000 Einwohner) auf, Ostwestfalen-Lippe den größten negativen Saldo (-1,8 Personen je 1.000 Einwohner).

**Tabelle 6-3: Fachkräfteversorgung**

NRW im Vergleich mit ausgewählten Bundesländern und Deutschland insgesamt

	Hochqualifizierte Beschäftigte <sup>1)</sup>	Ausbildungsquote <sup>2)</sup>	Ingenieursquote <sup>3)</sup>	Beschäftigte in wissensintensiven Dienstleistungen <sup>4)</sup>	Wanderungssaldo <sup>5)</sup>
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	15,6	43,7	2,4	21,5	-0,3
<b>Niedersachsen</b>	13,1	44,2	2,8	18,3	-0,4
<b>Baden-Württemberg</b>	18,1	46,2	3,8	21,0	-0,8
<b>Bayern</b>	17,5	42,6	3,6	21,9	0,3
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	14,0	42,9	2,3	18,5	2,2
<b>Münsterland</b>	13,1	51,5	1,9	19,9	1,0
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	12,6	45,2	2,2	16,5	-1,8
<b>Rheinland</b>	19,3	39,9	2,8	25,6	-0,1
<b>Ruhrgebiet</b>	13,8	45,5	2,2	20,7	-0,4
<b>Südwestfalen</b>	10,4	47,0	2,4	13,7	-1,6
<b>Deutschland</b>	16,8	40,5	2,9	21,0	0,0

<sup>1)</sup> Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss an allen SVBs, 2019

<sup>2)</sup> Auszubildende je 1.000 SVB, 2019

<sup>3)</sup> Ingenieure (zum 31.12.) je 100 SVB (AO), 2019

<sup>4)</sup> Anteil der SVB in wissensintensiven DL an allen SVB (Arbeitsort, 2019)

<sup>5)</sup> Saldo aus Zuzügen und Fortzügen pro 1.000 Einwohner über Kreisgrenzen hinweg innerhalb Deutschlands (2019)

Quellen: Bundesagentur für Arbeit, Inkar; eigene Berechnungen IW Consult

Insgesamt ergibt sich aus dieser Betrachtung ein ambivalentes Bild der Fachkräfteversorgung in NRW. Die Qualifikationsstruktur und die Ingenieursquote sind im Vergleich eher schwach und weisen auf begrenzte Kompetenzen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich hin. Die im Vergleich guten Quoten für Ausbildung und Beschäftigte in wissensintensiven Dienstleistungen zeichnen ein positiveres Bild. Es zeigen sich darin – sofern die passenden Ausbildungen erfolgen – das Potenzial für eine relative Verbesserung der Fachkräfteversorgung sowie ein gutes Angebot von hochwertigen Dienstleistungen. Der Wanderungssaldo zeigt an, wie gut es der jeweiligen Region gelingt, Fachkräfte vor Ort anzuziehen und zu halten. Unter den ausgewählten Bundesländern weist nur Bayern einen positiven Wanderungssaldo auf.

Innerhalb NRWs unterscheidet sich das Rheinland am deutlichsten von den anderen Regionen. Hier gibt es mehr hochqualifizierte Beschäftigte, mehr Ingenieure und mehr Beschäftigte in wissensintensiven Dienstleistungen, aber auch eine geringere Ausbildungsquote als in den anderen

Regionen. Die Wanderungssalden zeigen, dass es insbesondere für Südwestfalen und Ostwestfalen-Lippe schwierig ist, Fachkräfte zu attrahieren und in der Region zu halten. Im Bergischen Städtedreieck und im Münsterland übertrifft dagegen die Zuwanderung die Abwanderung.

### 6.3 Forschung und Entwicklung auf Unternehmensebene

Die Verbreitung von Forschung und Entwicklung auf Unternehmensebene gibt Aufschluss darüber, wie innovativ die Unternehmen agieren und reagieren können. Forschung und Entwicklung (FuE) hilft den Unternehmen, neue Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Sie können sich so leichter auf neue Herausforderungen einstellen. Patentanmeldungen zeigen Resultate der FuE-Aktivitäten an und stellen gleichzeitig eine Investition in mögliche zukünftige Produkte dar. Ein aktives Gründungsgeschehen im High-Tech-Bereich ist zudem ein Hinweis auf eine günstige Entwicklung der Unternehmensstruktur und fördert die Fähigkeit einer Region neue und zukunftssträchtige Arbeitsplätze zu generieren (Tabelle 6-4).

Im Bereich von FuE auf Unternehmensebene zeigt sich für NRW ein Aufholbedarf gegenüber dem Durchschnitt in Deutschland und besonders gegenüber den Vorreitern aus Baden-Württemberg und Bayern. Das gilt vor allem für die Forschung in Unternehmen, die Patentanmeldungen und die High-Tech-Gründungen. Bei der Industrie-4.0-Readiness liegt NRW gleichauf mit Bayern und Baden-Württemberg über dem deutschen Durchschnitt:

- ▶ NRW weist nur einen unterdurchschnittlichen Anteil von FuE-Personal an den Erwerbstätigen auf. Mit 6,3 Vollzeitäquivalenten je 1.000 Erwerbstätige liegt der Anteil hier unter dem Bundesdurchschnitt (9,9). Besonders groß ist der Unterschied zu Baden-Württemberg (21,1).
- ▶ Zwischen den Regionen NRWs zeigen sich deutliche Unterschiede. Das Bergische Städtedreieck ragt hier mit 14,4 Vollzeitäquivalenten je 1.000 Erwerbstätige im NRW-Vergleich deutlich heraus. Das liegt unter anderem an der Bayer AG (Forschungszentrum) und dem Zulieferer Aptiv (Teststrecke für autonomes Fahren) in Wuppertal. In Remscheid entwickelt die AVL Schrick GmbH Motorkomponenten. Aber auch Ostwestfalen-Lippe (8,9), Südwestfalen (8,1) und das Rheinland (6,7) weisen demnach höhere FuE-Aktivitäten als im Landesdurchschnitt auf.
- ▶ Ein weiterer Indikator für die FuE-Aktivität der Unternehmen sind Patentanmeldungen. Bezogen auf die Beschäftigtenzahl sind die Patentanmeldungen im Kfz-Bereich in NRW (10,3 je 1.000 SVB) deutlich niedriger als in Bayern (23,1 je 1.000 SVB), Baden-Württemberg (33,3 je 1.000 SVB) oder im Bundesdurchschnitt (18,1 je 1.000 SVB). Eine vertiefte Analyse der Struktur der Patentanmeldungen folgt in Kapitel 0.
- ▶ Innerhalb NRWs zeigt sich eine große Spreizung der Werte bei den Patentanmeldungen. Als besonders patentstark erweist sich Südwestfalen. Mit 22,0 Patentanmeldungen je 1.000 SVB erreichte die Region einen zu Bayern vergleichbaren Wert. Auch im Rheinland und in Ostwestfalen Lippe (12,3 bzw. 11,7 Patentanmeldungen je 1.000 SVB) ist die Patentaktivität noch höher als im Landesdurchschnitt.
- ▶ Im Bereich der High-Tech-Gründungen liegt NRW (1,9 High-Tech-Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige) wie auch Niedersachsen (1,3) unter dem Bundesdurchschnitt (2,2). In Bayern (2,6) und Baden-Württemberg (2,3) ist das Gründungsgeschehen deutlich aktiver.
- ▶ Innerhalb NRWs ist die Gründungsaktivität im Rheinland (2,4 High-Tech-Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige) und im Münsterland (2,1) größer als im Landesdurchschnitt.
- ▶ Im Bereich Industrie-4.0-Readiness befindet sich NRW auf ähnlichem Niveau wie Bayern und Baden-Württemberg: zwischen 10,0 Prozent (NRW) und 10,2 Prozent (Baden-Württemberg) der Unternehmen werden als I-4.0-ready eingestuft. Höhere Werte weisen in Deutschland nur die Stadtstaaten Berlin (12,0 Prozent), Hamburg (12,8 Prozent) und Bremen (11,6 Prozent) sowie

Hessen (10,8 Prozent) auf. In Deutschland insgesamt sind es 9,6 Prozent. Die Industrie-4.0-Readiness wurde ermittelt, indem per Webcrawling auf allen Unternehmenswebseiten in NRW Industrie-4.0-relevante Begriffe auf Basis einer Wortwolke gesucht wurden. Wenn mindestens zwei dieser Begriffe identifiziert werden konnten, erfolgte eine Zuordnung des Unternehmens zur Industrie-4.0-Readiness.

- ▶ Unter den Regionen NRWs liegt das Rheinland (10,7 Prozent) über dem Landesdurchschnitt. Die anderen Regionen liegen entweder gleichauf mit dem Landesdurchschnitt (Südwestfalen, Bergisches-Städtedreieck) oder darunter.

**Tabelle 6-4: Forschung und Entwicklung auf Unternehmensebene**

NRW im Vergleich mit ausgewählten Bundesländern und Deutschland insgesamt

	FuE-Personal <sup>1)</sup>	Patente <sup>2)</sup>	High-Tech-Gründungen <sup>3)</sup>	Industrie-4.0-Readiness <sup>4)</sup>
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	6,3	10,3	1,9	10,0
<b>Niedersachsen</b>	8,2	13,6	1,3	8,2
<b>Baden-Württemberg</b>	21,1	33,3	2,3	10,2
<b>Bayern</b>	12,5	23,1	2,6	10,1
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	14,4	9,5	1,9	9,6
<b>Münsterland</b>	3,3	3,3	2,1	9,1
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	8,9	11,7	1,7	9,4
<b>Rheinland</b>	6,7	12,3	2,4	10,7
<b>Ruhrgebiet</b>	4,1	2,5	1,4	9,4
<b>Südwestfalen</b>	8,1	22,0	1,5	9,6
<b>Deutschland</b>	9,9	18,1	2,2	9,6

<sup>1)</sup> FuE-Personal (Vollzeitäquivalente) je 1.000 Erwerbstätige, 2017

<sup>2)</sup> Patentanmeldungen je 1.000 SVB, 2017

<sup>3)</sup> High-Tech-Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige, 2019

<sup>4)</sup> Anteil der Industrie-4.0-affinen Unternehmen an allen Unternehmen, 2020

Quellen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Mannheimer Unternehmenspanel (ZEW); eigene Berechnungen IW Consult

### Patentanalyse im Kfz-Bereich

Die Patentanalyse beruht auf einer Auswertung der IW-Patentdatenbank und orientiert sich am Vorgehen in Koppel et al. (2019)<sup>17</sup>. Der Analyse liegen die Patentanmeldungen in Deutschland zu Grunde. Kfz-Patente werden nach Sitz und Branchenzugehörigkeit des Anmelders sowie Technologieklassifikation der Patentanmeldung identifiziert.

Über die Angaben in den Patentschriften können die Patente regional detailliert zugeordnet werden. Die Unternehmensinformationen ermöglichen eine Zuordnung des Patents zu verschiedenen Untergruppen der Branchen, wie z. B. Zulieferer oder OEMs. Zudem erlauben die Technologieklassen eine Differenzierung nach technologischen Schwerpunkten der Patenttätigkeit, wie z. B. Fahrzeugkomponenten oder konventioneller Antriebsstrang und mechanische Kraftübertragung. Diese Informationen werden für die vorliegende Patentanalyse für die Automobilwirtschaft in NRW genutzt.

### Kfz-Patente in NRW im Ländervergleich

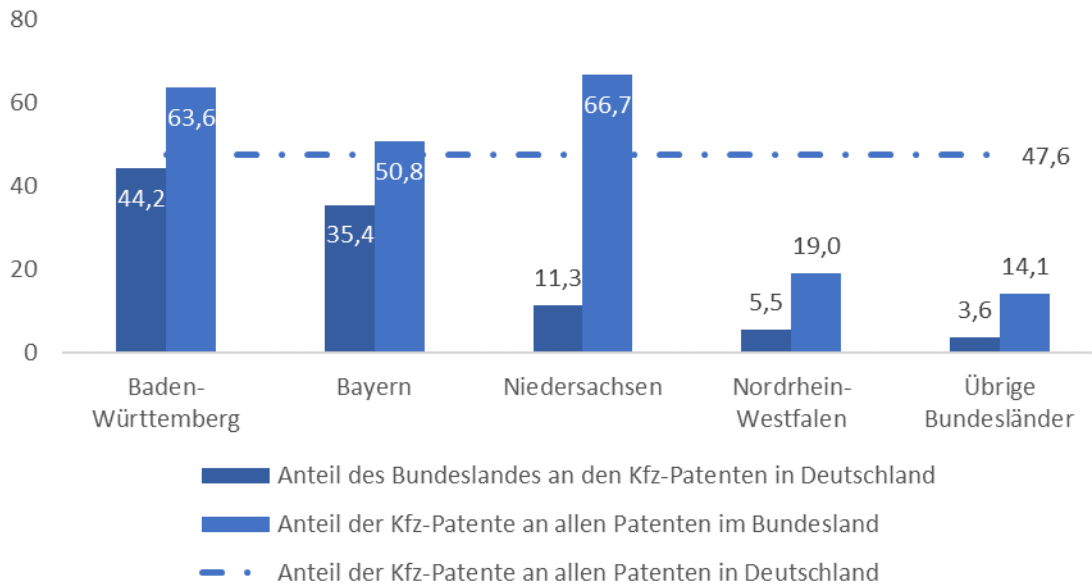
In NRW wurden im Jahr 2017 rund 940 Kfz-Patente angemeldet – rund 5,5 Prozent aller Kfz-Patente in Deutschland (Abbildung 6-1). Damit liegt NRW bei den Kfz-Patentanmeldungen im Jahr 2017 an vierter Stelle der Bundesländer hinter Baden-Württemberg (44,2 Prozent), Bayern (35,4 Prozent) und Niedersachsen (11,3 Prozent). Diese Bundesländer beheimaten jeweils mehrere große deutsche OEMs und Top-Zulieferer-Unternehmen. Ihre im Vergleich zu NRW stärkere Spezialisierung auf den Automotive-Sektor zeigt sich auch am Anteil der Kfz-Patente an den Patentanmeldungen der Unternehmen (Abbildung 6-1). In Baden-Württemberg (63,6 Prozent), Bayern (50,8 Prozent) und Niedersachsen (66,7 Prozent) liegt dieser Patentanteil deutlich höher als in Deutschland insgesamt (47,6 Prozent) und NRW (19,0 Prozent).

---

<sup>17</sup> Koppel, Oliver / Puls, Thomas / Röben, Enno, 2019, Innovationstreiber Kfz-Unternehmen, Eine Analyse der Patentanmeldungen in Deutschland für die Jahre 2005 bis 2016, IW-Analysen 132, Köln.

**Abbildung 6-1: Anteil der Kfz-Patente an den Patentanmeldungen**

Angaben in Prozent



Quelle: IW-Patentdatenbank (2020), eigene Darstellung

## Der Ford-Effekt in Nordrhein-Westfalen

Die bei Ford in Köln entwickelten Patente werden in der Regel nicht für die Ford Deutschland GmbH angemeldet, sondern für die Konzernmutter über Ford Global Technologies oder Ford Motor Company in Dearborn/USA. Darunter finden sich rund 460 Patente, bei denen mindestens ein Erfinder mit Wohnsitz in Deutschland beteiligt war. Zählte man diese Patente zu den NRW-Patenten, stiege die Patentleistung um fast die Hälfte auf 1.400 Patente. Der daraus folgende rechnerische Anstieg des NRW-Patentanteils in Deutschland auf 7,9 Prozent überschätzt allerdings den Patentanteil des Landes gegenüber anderen Bundesländern wieder, weil er ähnlich gelagerte Fälle für andere Bundesländer, wie z. B. Opel nicht berücksichtigt.

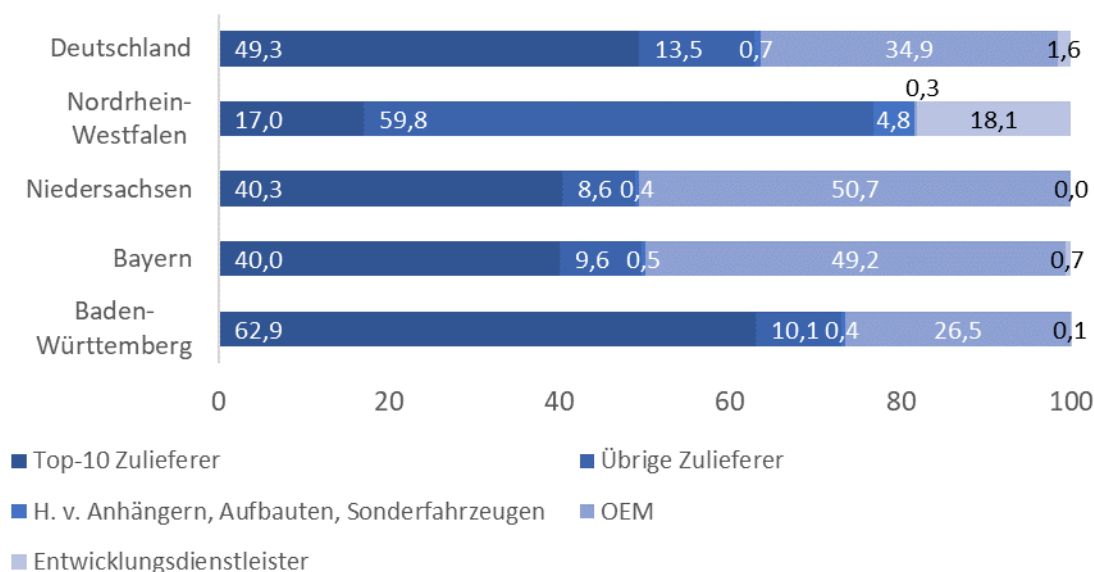
In Nordrhein-Westfalen unterscheidet sich auch die Struktur der Patentanmelder nach Branchenuntergruppen von den Strukturen in den anderen Bundesländern (Abbildung 6-2). Unterschieden werden die größten Zulieferunternehmen in der Automobilindustrie (Top-10-Zulieferer), die übrigen Zulieferer, die Hersteller von Anhängern, Aufbauten und Sonderfahrzeugen, die OEMs sowie die Entwicklungsdienstleister. In NRW sind bei den Patentanmeldungen die übrigen Zulieferer (59,8 Prozent), die Entwicklungsdienstleister (18,1 Prozent) sowie die Hersteller von Anhängern, Aufbauten und Sonderfahrzeugen (4,8 Prozent) deutlich überrepräsentiert (Deutschland: 13,5 Prozent, 1,6 Prozent und 0,7 Prozent). In Bayern (49,2 Prozent) und Niedersachsen (50,7 Prozent) sind hingegen die OEMs die Unternehmen mit den meisten Patentanmeldungen. In Baden-Württemberg dominieren die großen

Zulieferer (v. a. Bosch und ZF) die Patentanmeldungen (62,9 Prozent). In diesen Verhältnissen spiegeln sich die Unterschiede in der Branchenstruktur über die Untergruppen in den Bundesländern wider.<sup>18</sup>

Bei den Herstellern von Anhängern, Aufbauten und Sonderfahrzeugen und den Entwicklungsdienstleistern hat NRW mit 35 Prozent und 63,3 Prozent den jeweils größten Anteil an den Patentanmeldungen im Ländervergleich. Bei den übrigen Zulieferern weisen zwar Baden-Württemberg und Bayern jeweils mehr Patentanmeldungen auf als NRW. Der Anteil NRWs an den Patentanmeldungen in dieser Branchenuntergruppe (24,2 Prozent) ist aber immer noch größer als der Anteil NRWs an allen Automotive-Patentanmeldungen.

### Abbildung 6-2: Kfz-Patentanmeldungen nach Branchenuntergruppen

Anteile der Branchenuntergruppen je Gebietseinheit in Prozent



Quelle: IW-Patentdatenbank (2020), eigene Darstellung

In Tabelle 6-5 ist die Zuordnung der Anwendungsfelder der Kfz-Patente zu den in der Analyse verwendeten Technologiefeldern zusammengefasst. Die Zuordnung der Patente gelingt dabei überwiegend trennscharf und eindeutig.

Die Technologiefelder Digitalisierung und Elektrik, Elektronik und Sensoren lassen sich in Hinblick auf den technologischen Wandel in der Automobilindustrie eindeutig als die Zukunftsfelder identifizieren. Die Felder Fahrzeugkomponenten, Anordnungen, Verfahren und Werkzeuge sowie Thermomanagement beziehen sich auf Bereiche, die zum großen Teil unabhängig vom Wandel sind. Dabei könnten nach Koppel et al. (2019) Teile dieser Technologiefelder auch in breiter gefassten Abgrenzungen von

<sup>18</sup> In NRW führt in dieser Hinsicht vermutlich der Ford-Effekt wiederum zu einer „Untererfassung“ der Patentanmeldungen. Würde man alle 460 Ford-Patente zu den OEMs hinzuzählen, ergäbe sich für NRW ein Anteil der OEM-Patente von 33 Prozent, nahe am deutschen Durchschnitt. Die übrigen Zulieferer (40,2 Prozent) und die Entwicklungsdienstleister (12,2 Prozent) wären dann aber immer noch deutlich überrepräsentiert. Offen ist auch die Größe eines umgekehrten Ford-Effekts für die OEMs und großen Zulieferer in Baden-Württemberg, Bayern und Niedersachsen.

Digitalisierung sowie Elektrik, Elektronik und Sensoren eingegliedert werden. Der Bereich konventioneller Antriebsstrang und mechanische Kraftübertragung enthält viele Anwendungsschwerpunkte, die durch technologischen Wandel weg vom Verbrennungsmotor unter Druck geraten. Der Technologiebereich Anhänger, Aufbauten und Sonderfahrzeuge steht neben dem klassischen Pkw-Bereich.

Ähnlich wie die Branchenuntergruppen unterscheiden sich auch die Technologiefelder der Patentanmeldungen zwischen den Bundesländern. In NRW ist das Technologiefeld Fahrzeugkomponenten das wichtigste mit 31,9 Prozent der landesweiten Kfz-Patentanmeldungen. Die Auswertung deckt sich mit den Analysen zur automobilen Prägung in NRW (s. Kapitel 5). Die Automobilzulieferer in NRW konzentrieren sich überdurchschnittlich häufig auf die sonstigen Komponenten, die in der Regel nicht direkt vom automobilen Wandel betroffen sind.

Unterdurchschnittlich vertreten sind Patentanmeldungen in den Technologiefeldern Konventioneller Antriebsstrang und mechanische Kraftübertragung (19,5 Prozent im Vergleich zu 23,6 Prozent bundesweit) sowie Elektrik, Elektronik und Sensoren (14,9 Prozent im Vergleich zu ebenfalls 23,6 Prozent bundesweit). Auch im Technologiefeld Digitalisierung bleibt NRW (3,5 Prozent) unter dem Bundesdurchschnitt (5,1 Prozent). Damit bleibt NRW bei den Zukunftsfeldern (die letzten beiden) etwas hinter dem Bundesdurchschnitt zurück, ist aber auch in dem schwierigeren Technologiebereich (konventioneller Antriebsstrang) etwas weniger vom Wandel betroffen.

### Tabelle 6-5: Technologiebereiche und Anwendungsschwerpunkte

Zuordnung von Anwendungsschwerpunkten der Patente zu den Technologiebereichen

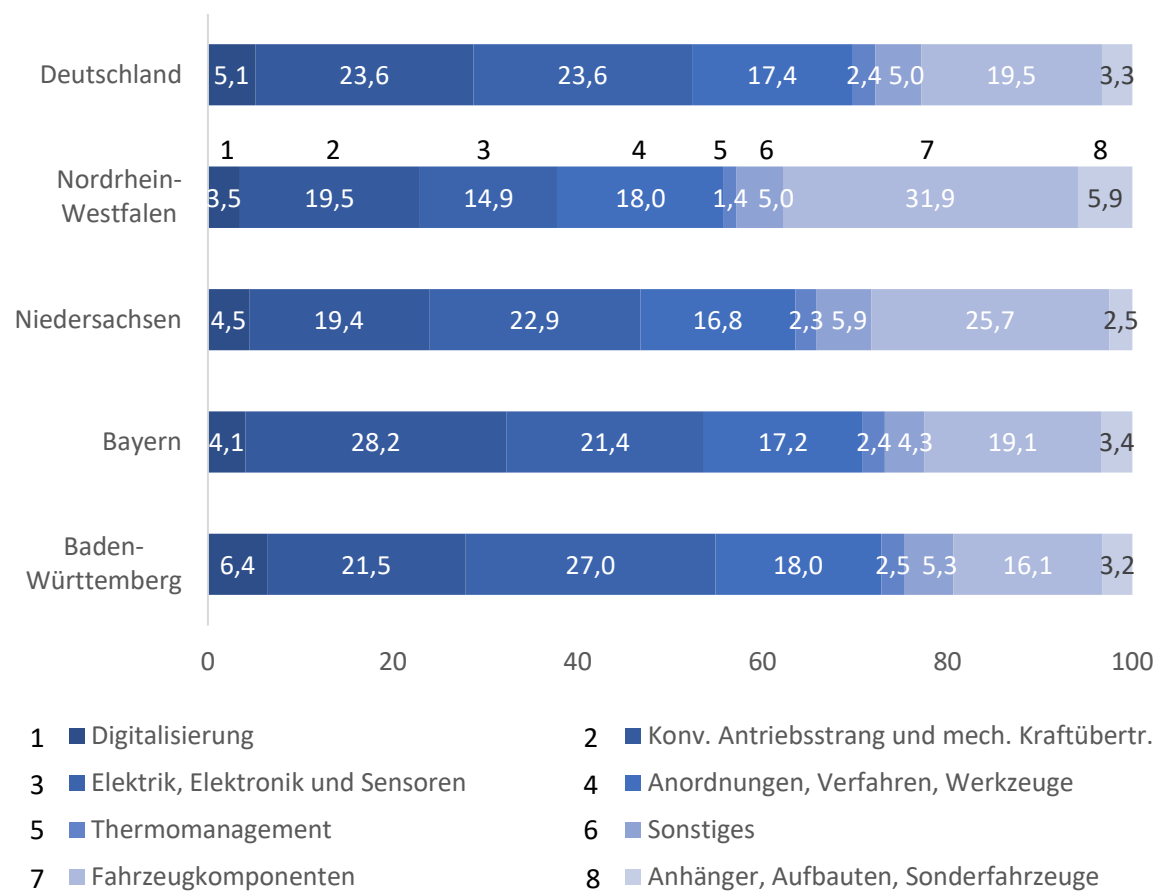
Technologiebereich	IPC-Klassen (Anzahl 2016)	Anwendungsschwerpunkt
Konventioneller Antriebsstrang und mechanische Kraftübertragung	310	Verbrennungskraftmaschinen (inklusive deren Steuerung), mechanische Kraftübertragungssysteme (Kupplungen, Getriebe, Hydraulik), Abgasstrang
Fahrzeugkomponenten	176	Reifen, Fahrwerk, Beleuchtungs- und Sicherheitssysteme, Interieur, Exterieur
Elektrik, Elektronik, Sensoren	297	Wandlung von chemischer in elektrische Energie, Steuerungs- und Regelungselektronik, Sensoren und Geräte zur Verarbeitung von Sensordaten (solange nicht unter Digitalisierung gezählt), Kabel und Stecker
Digitalisierung	95	Elektronische Nachrichtenübermittlung und Datenverarbeitung, 3-D-Druck
Anordnungen, Verfahren, Werkzeuge	322	Anordnung von Sensoren, Mess- und Prüfverfahren, Verfahren zur Herstellung von Stoffen und Bauteilen
Thermomanagement	60	Regulierung von Wärme und Kälte im Fahrzeug und im Antrieb
Anhänger, Aufbauten, Sonderfahrzeuge	72	Lkw-Anhänger und Aufbauten, Sonderfahrzeuge (Mähdscher, Panzer und Ähnliches)
Sonstiges	239	Alle Weiteren

Quelle: IW-Patentdatenbank, Koppel et al. (2019)



### Abbildung 6-3: Patentanmeldungen nach Technologiefeldern

Anteile der Patentanmeldungen nach Technologiefelder je Gebietseinheit in Prozent



Quelle: IW-Patentdatenbank (2020), eigene Darstellung

Insgesamt zeigt die Patentanalyse im Ländervergleich folgende zentrale Befunde für NRW:

- ▶ Ähnlich wie bei der Branchenstruktur zeigt sich in der Patentanalyse, dass NRW weniger stark auf den Automotive-Bereich spezialisiert ist als Baden-Württemberg, Bayern und Niedersachsen. Der Anteil der Kfz-Patente an allen Patentanmeldungen juristischer Personen fällt hier deutlich kleiner aus. Der Anteil NRWs an allen Kfz-Patenten in Deutschland ist zwar der Vierthöchste im Ländervergleich. Die Top 3-Länder – Baden-Württemberg, Bayern und Niedersachsen – kommen dennoch im Vergleich zu NRW auf ein Vielfaches der Kfz-Patente. Die Einbeziehung der von der Ford-Konzernmutter eingereichten Patentanmeldungen mit deutschen Erfindern erhöht zwar die Zahl der Patentanmeldungen in NRW deutlich, ändert aber an der Dominanz der drei anderen Bundesländer nichts.
- ▶ In NRW haben die übrigen Zulieferer und die Entwicklungsdienstleister einen besonders hohen Anteil an den Patentanmeldungen. Auch die Hersteller von Anhängern, Aufbauten und Sonderfahrzeugen stechen heraus.
- ▶ Nach Technologiefeldern sind die Kfz-Patentanmeldungen im Bereich Fahrzeugkomponenten besonders zahlreich. Dies deckt sich mit den Analysen auf Individualebene der Unternehmen, die ebenfalls eine Prägung auf die Sonstige Systeme signalisieren. Unterdurchschnittlich sind sie hin-

gegen in den Technologiefeldern konventioneller Antriebsstrang und mechanische Kraftübertragung, Elektrik, Elektronik und Sensorik sowie Digitalisierung. Gerade die letzten beiden Felder sind für die zukünftige Entwicklung der Mobilität (autonomes Fahren) von erhöhter Bedeutung.

### Patente in den Autoregionen in NRW

Die Patentanmeldungen konzentrieren sich allgemein und im Kfz-Bereich immer auf einen kleinen Kern patentaktiver Unternehmen. So entfallen im Jahr 2016 in Deutschland 84,2 Prozent der Kfz-Patente auf die 10 größten Patentanmelder (Koppel et al., 2019). Andererseits meldeten die 50 Prozent der patentaktiven Unternehmen mit den wenigsten Patentanmeldungen zusammen nur 0,8 Prozent der Kfz-Patente an.

Diese Ausgangslage führt dazu, dass sich die Patentanmeldungen in kleiner abgegrenzten Räumen wie einem Bundesland oder den Autoregionen innerhalb NRWs auf einzelne Patentanmelder und deren jeweilige Spezialisierung konzentriert. Dies zeigt sich auch in der Analyse der Patentanmeldungen für die Autoregionen in NRW. Zentrale Ergebnisse sind:

- ▶ Der Anteil der Kfz-Patente an allen Patenten ist in NRW regional sehr unterschiedlich (Abbildung 6-4). Der Kfz-Bereich hat eine überdurchschnittliche Bedeutung für das Patentanmeldegeschehen im Rheinland und in Südwestfalen. Dort ist der Anteil der Kfz-Patente (28,2 Prozent und 35,3 Prozent) an allen Patenten deutlich höher als im Landesdurchschnitt (19,0 Prozent). Gleichzeitig sind dies auch die beiden Regionen mit den höchsten Anteilen an den Kfz-Patentanmeldungen im Bundesland (55,5 Prozent und 20,2 Prozent).
- ▶ Die Autoregionen in NRW weisen deutliche Unterschiede in ihrer absoluten Größe und in der regionalen Dichte der Kfz-Herstellung auf. Bezieht man die Kfz-Patentanmeldungen auf die Kfz-Herstellung im engeren Sinne, das heißt den Wirtschaftszweig 29<sup>19</sup>, zeigen sich strukturelle Unterschiede (Abbildung 6-5):
  - ▷ Überdurchschnittlich viele Patente in Bezug auf Betriebe, Beschäftigte und Umsatz bestehen in Ostwestfalen-Lippe und Südwestfalen.
  - ▷ Im Rheinland gibt es überdurchschnittlich viele Patente je Betrieb und je Beschäftigte.
  - ▷ Im Bergischen Städtedreieck sind überdurchschnittlich viele Patente je Umsatz zu verzeichnen.
- ▶ Auch im Hinblick auf die Branchenuntergruppen zeigen sich deutliche regionale Unterschiede (Abbildung 6-6):
  - ▷ Die Gruppe der Top-10-Zulieferer dominieren das Patentanmeldegeschehen im Bergischen Städtedreieck und Südwestfalen mit je über 70 Prozent der Patentanmeldungen. Hier ragen die Stadt Wuppertal und der Kreis Soest mit den großen Automotive-Zulieferern Brose und Hella heraus.
  - ▷ Im Münsterland, in Ostwestfalen-Lippe und im Rheinland überwiegen die Patentanmeldungen der „übrigen Zulieferer“ mit Anteilen zwischen 67,4 Prozent und 83,4 Prozent. Im Rheinland sind die meisten patentaktiven Unternehmen im Kreis Mettmann, im Rhein-Kreis Neuss, im Oberbergischen und im Rheinisch-Bergischen Kreis ansässig. In Ostwestfalen-Lippe weist der Kreis Paderborn viele Patentanmeldungen auf. Auch in Südwestfalen gibt

---

<sup>19</sup> Dies führt zu „unechten“ Quoten im statistischen Sinne, da in der Gesamtheit der Kfz-Patentanmeldungen auch Patente von Unternehmen aufgenommen sind, die nicht zum WZ 29 zählen. Der Effekt dürfte aber nicht groß sein, da bundesweit nur etwa 10 Prozent der Kfz-Patentanmeldungen von diesen Unternehmen stammen.

es im Bereich der übrigen Zulieferer im Märkischen Kreis und im Kreis Olpe eine nennenswerte Zahl von Patentanmeldungen.

- ▶ Im Ruhrgebiet sind die übrigen Zulieferer mit 50,7 Prozent und die Hersteller von Anhängern, Aufbauten und Sonderfahrzeugen mit 41,1 Prozent die wichtigsten Patentanmelder.
  - ▶ In Ostwestfalen-Lippe gehören auch die Hersteller von Aufbauten, Anhängern und Sonderfahrzeugen zu den bedeutenden Patentanmeldern.
  - ▶ Der hohe Anteil der Entwicklungsdienstleister in NRW geht überwiegend auf die Entwicklungsdienstleister im Rheinland, speziell in der Städtereion Aachen, zurück. Die 32,1 Prozent Anteil an den Patentanmeldungen im Rheinland entsprechen gleichzeitig rund 98 Prozent der Patentanmeldungen von Entwicklungsdienstleistern in NRW.
  - ▶ Betriebe von OEMs sind in NRW zwar im Rheinland ansässig. Die Patentanmeldungen von Daimler erfolgen aber nicht für das Werk in Düsseldorf. Die Patentanmeldungen von Ford laufen über die US-amerikanischen Konzernteile und werden daher nicht als NRW-Kfz-Patente erfasst (vgl. Kasten zum Ford-Effekt).
- ▶ Die Regionen unterscheiden sich neben den Differenzen bei den Branchenuntergruppen auch bei der Differenzierung nach Technologiebereichen (Abbildung 6-7):
- ▶ Im Bergischen Städtedreieck werden überwiegend Patente im Bereich Fahrzeugkomponenten angemeldet (78,2 Prozent), gefolgt von den Technologiebereichen „Anordnungen, Verfahren, Werkzeuge“ (10,6 Prozent) und „Anhänger, Aufbauten, Sonderfahrzeuge“.
  - ▶ Die relativ wenigen Kfz-Patente im Münsterland verteilen sich recht gleichmäßig auf die Bereiche „Sonstiges“ (27,0 Prozent), Anhänger, Aufbauten und Sonderfahrzeuge (22,9 Prozent) sowie Konventionelle Antriebe und mechanische Kraftübertragung (19,5 Prozent).
  - ▶ In Ostwestfalen-Lippe: Anordnungen, Verfahren, Werkzeuge (29,1 Prozent), Anhänger, Aufbauten und Sonderfahrzeuge (21,6 Prozent), Elektrik, Elektrotechnik und Sensoren (17,6 Prozent).
  - ▶ Rheinland: Fahrzeugkomponenten (37,5 Prozent), Konventionelle Antriebe und mechanische Kraftübertragung (31,4 Prozent), Anordnungen, Verfahren, Werkzeuge (11,1 Prozent), Elektrik, Elektrotechnik und Sensoren (10,9 Prozent)
  - ▶ Ruhrgebiet: Fahrzeugkomponenten (25,7 Prozent), Anhänger, Aufbauten und Sonderfahrzeuge (19,7 Prozent), Sonstiges (18,6 Prozent)
  - ▶ Südwestfalen: Anordnungen, Verfahren, Werkzeuge (30,4 Prozent), Fahrzeugkomponenten (27,4 Prozent), Elektrik, Elektrotechnik und Sensoren (27,2 Prozent)

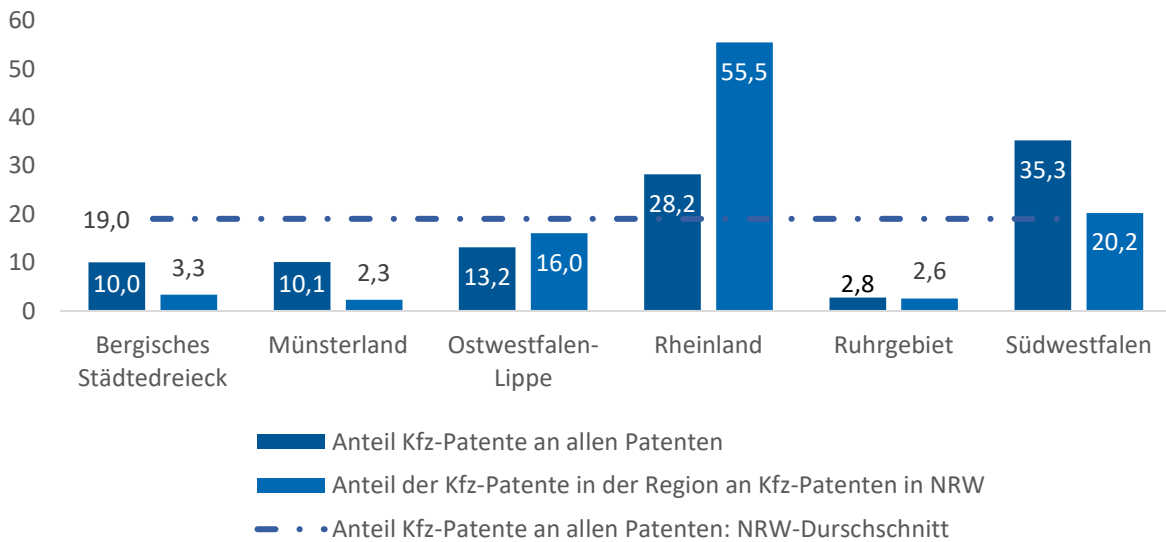
Zusammenfassend lässt sich für den Vergleich der Regionen in NRW sagen:

- ▶ Drei Viertel der Kfz-Patentanmeldungen in NRW stammen aus dem Rheinland und aus Südwestfalen.
  - ▶ Im Rheinland sind einige patentstarke Zulieferer sowie ein wichtiger Entwicklungsdienstleister ansässig. Die Patentaktivitäten sind deutlich stärker als im Landesdurchschnitt auf den konventionellen Antriebsstrang und die mechanische Kraftübertragung konzentriert. Überdurchschnittlich ist auch der Anteil bei den Fahrzeugkomponenten.
  - ▶ Die Kfz-Patentstärke in Südwestfalen rührt aus den Aktivitäten der großen und mittleren Zulieferbetriebe und verteilt sich in jeweils etwa gleichen Anteilen schwerpunktmäßig auf Anordnungen, Verfahren, Werkzeuge, Fahrzeugkomponenten, Elektrik, Elektrotechnik und Sensoren.
- ▶ In etwas geringerem Maße sind das Bergische Städtedreieck und Ostwestfalen-Lippe vor allem im Bereich der Zulieferer mit Patentanmeldungen aktiv. Der relativ kleine Anteil des Bergischen Städtedreiecks ist mit der Kleinheit der Region zu begründen. Bezogen auf Unternehmen und Beschäftigte ist die Patentaktivität im Kfz-Bereich hier ebenfalls eher hoch.

► Im Münsterland und im Ruhrgebiet gibt es kaum nennenswerte Patentaktivitäten im Kfz-Bereich.

**Abbildung 6-4: Anteil der Kfz-Patente an den Patentanmeldungen**

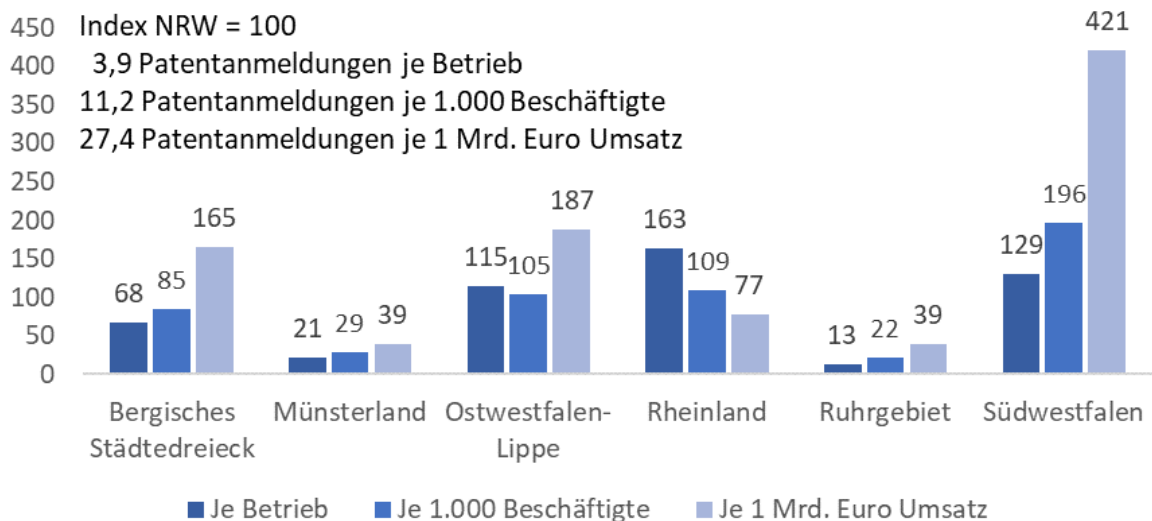
Angaben in Prozent



Quelle: eigene Darstellung

**Abbildung 6-5: Patentanmeldungen im Automotive-Bereich nach Regionen**

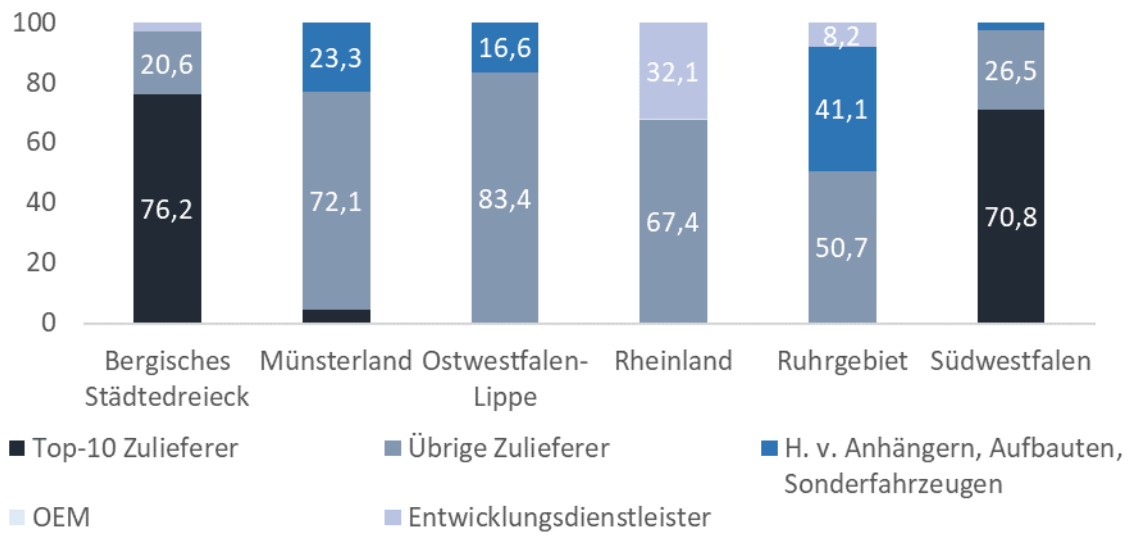
Kfz-Patente in Bezug auf Kennzahlen in der Herstellung von Kraftwagen und -teilen



Quelle: IW-Patentdatenbank, Koppel et al. (2019), eigene Berechnungen IW Consult (2020)

### Abbildung 6-6: Kfz-Patentanmeldungen nach Branchenuntergruppe

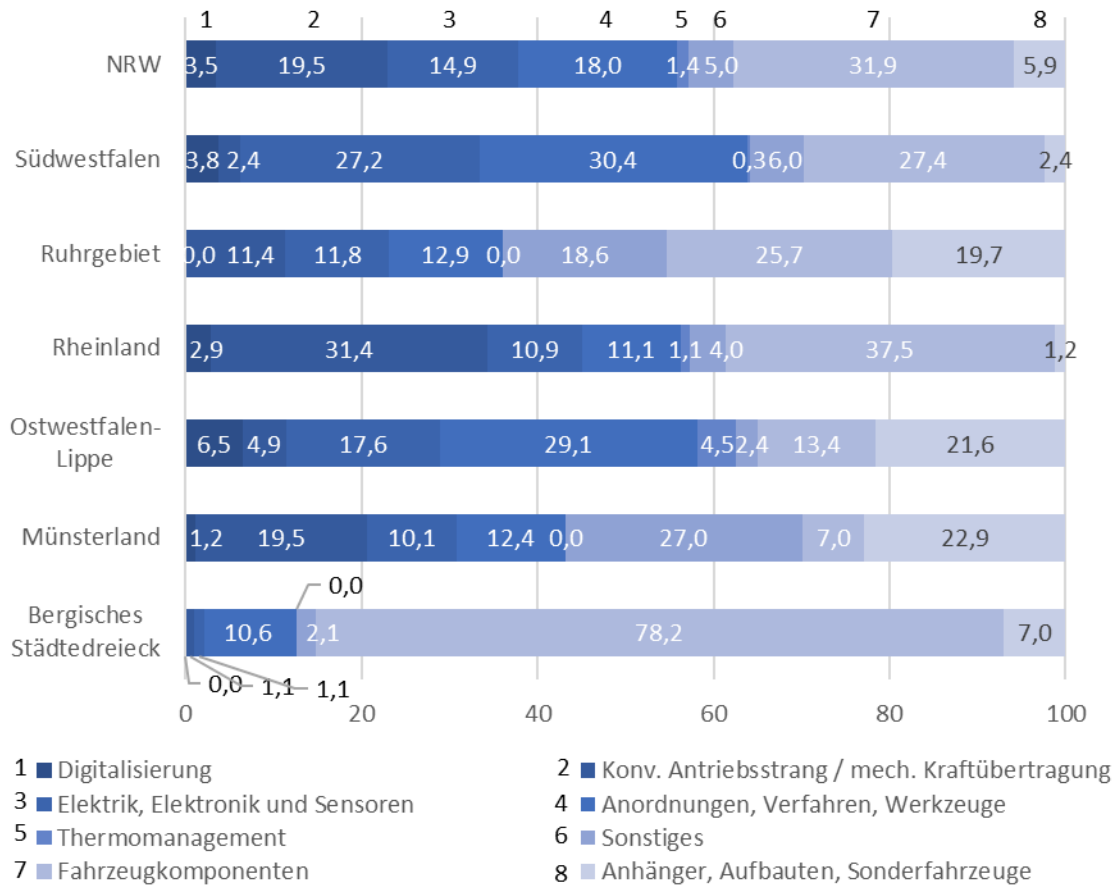
Anteile der Branchenuntergruppen je Gebietseinheit in Prozent



Quelle: IW-Patentdatenbank, Koppel et al. (2019), eigene Berechnungen IW Consult (2020)

**Abbildung 6-7: Patentanmeldungen nach Technologiefeldern in NRW**

Anteile der Patentanmeldungen nach Technologiefelder je Gebietseinheit in Prozent



Quelle: IW-Patentdatenbank, Koppel et al. (2019), eigene Berechnungen IW Consult (2020)

## 6.4 Wissenslandschaft

Die Indikatoren zur Wissenslandschaft zeigen das Potenzial an Hochschulen und Forschungseinrichtungen, an die sich Unternehmen im eigenen Bundesland mit dem Ziel von Kooperationen bei Forschung und Entwicklung wenden können. Hochschulabsolventen und Studienangebote im MINT-Bereich entscheiden mit über die zukünftige Fachkräfteversorgung (Tabelle 6-6).

- ▶ Absolut gesehen verfügt NRW mit 425 Institutionen über die größte Anzahl von Hochschulen, Universtitäten und Forschungseinrichtungen aller Bundesländer. Knapp 18 Prozent der 2.386 Einrichtungen bundesweit befinden sich hier. NRW liegt mit 24 Einrichtungen je einer Million Einwohner unter dem Bundesdurchschnitt (29 Einrichtungen je einer Million Einwohner). Aber auch die anderen ausgewählten Bundesländer liegen unter dem Bundesdurchschnitt. Länder wie Brandenburg (30,5) und Hessen (29,4) liegen über dem Durchschnitt. Am besten schneiden die Stadtstaaten ab (Bremen auf Platz 1: 80,7).

- ▶ Mehr als die Hälfte der Forschungseinrichtungen, Universitäten und Hochschulen in NRW liegt im Rheinland (231 Institutionen). Auch pro Einwohner (32 Einrichtungen je einer Million Einwohner) gerechnet ist die Dichte der Institutionen im Rheinland besonders hoch. Sie übertrifft sogar den Bundesdurchschnitt.
- ▶ Ähnlich fällt der Vergleich des Studienangebots im MINT-Bereich aus. Mit 367 Studiengängen im MINT-Bereich ist NRW das Bundesland mit dem absolut größten Angebot in diesem Bereich und stellt rund 21 Prozent der bundesweit 1734 Studiengänge. Je Einwohner gerechnet liegt von den Vergleichsländern nur Baden-Württemberg über dem Bundesdurchschnitt.
- ▶ Bezogen auf die Regionsgröße ist die MINT-Orientierung der Studienangebote in Südwestfalen besonders hoch. Auch das Bergische Städtedreieck, Ostwestfalen-Lippe und das Ruhrgebiet liegen hier über dem NRW-Durchschnitt.
- ▶ Im Hinblick auf die Absolventen im MINT-Bereich liegt NRW mit 0,58 MINT-Absolventen je 100 SVB über dem Bundesdurchschnitt (0,55 MINT-Absolventen je 100 SVB). Deutlich über dem Bundesdurchschnitt liegt Baden-Württemberg (0,70 MINT-Absolventen je 100 SVB).
- ▶ Der Anteil der MINT-Absolventen an den SVB ist innerhalb NRW im Ruhrgebiet und im Rheinland besonders groß.

**Tabelle 6-6: Wissenslandschaft**

NRW im Vergleich mit ausgewählten Bundesländern und Deutschland insgesamt

	Hochschulen und Forschungs- einrichtungen <sup>1)</sup>	Hochschul- absolventen im MINT-Bereich <sup>2)</sup>	Studienangebot im MINT-Bereich <sup>3)</sup>
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	425 (24)	0,58	367 (20)
<b>Niedersachsen</b>	179 (22)	0,51	163 (21)
<b>Baden-Württemberg</b>	313 (28)	0,70	286 (26)
<b>Bayern</b>	267 (20)	0,55	232 (18)
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	11 (18)	0,56	14 (22)
<b>Münsterland</b>	34 (21)	0,54	26 (16)
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	30 (15)	0,46	46 (22)
<b>Rheinland</b>	231 (32)	0,61	132 (19)
<b>Ruhrgebiet</b>	108 (21)	0,70	111 (22)
<b>Südwestfalen</b>	11 (8)	0,36	38 (27)
<b>Deutschland</b>	2386 (29)	0,56	1733 (21)

<sup>1)</sup> Anzahl der Hochschulen, Unis und Forschungseinrichtungen; in Klammern: je Einwohner, 2019

<sup>2)</sup> Anzahl der Abschlüsse im MINT-Bereich je 100 SVB (AO), 2018

<sup>3)</sup> Anzahl der Studiengänge im MINT-Bereich; in Klammern: je Einwohner, 2018

Quellen: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Hochschulstatistik des Statistischen Bundesamtes; eigene Berechnungen IW Consult

Im Hinblick auf die Wissenslandschaft profitiert NRW von seiner Größe. Sein Anteil an den Hochschulen und Forschungseinrichtungen (18 Prozent) und den MINT-Studiengängen (20 Prozent) entspricht grob seinem Bevölkerungsanteil (22 Prozent). Der Anteil der MINT-Absolventen bezogen auf die SV-

Beschäftigten ist überdurchschnittlich. Diese Analyse zeigt das Potenzial auf. Die Frage, ob die Hochschulen und Forschungseinrichtungen ein auf den Wandel im Automobilbereich abgestimmtes Angebot bieten können, ist damit allerdings noch nicht beantwortet.

Die räumliche Verteilung der Forschungseinrichtungen mit Automotive-Bezug in NRW lässt sich mit Hilfe der Angaben in der GERiT-Datenbank der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zu Forschungsinstituten und Forschungseinrichtungen an Hochschulen ableiten. Darin sind 29.762 einzelne Einträge enthalten, die sich nach der Fächersystematik von Destatis klassifizieren lassen. Davon lassen sich 4.762 Einträge dem Land Nordrhein-Westfalen zuordnen.

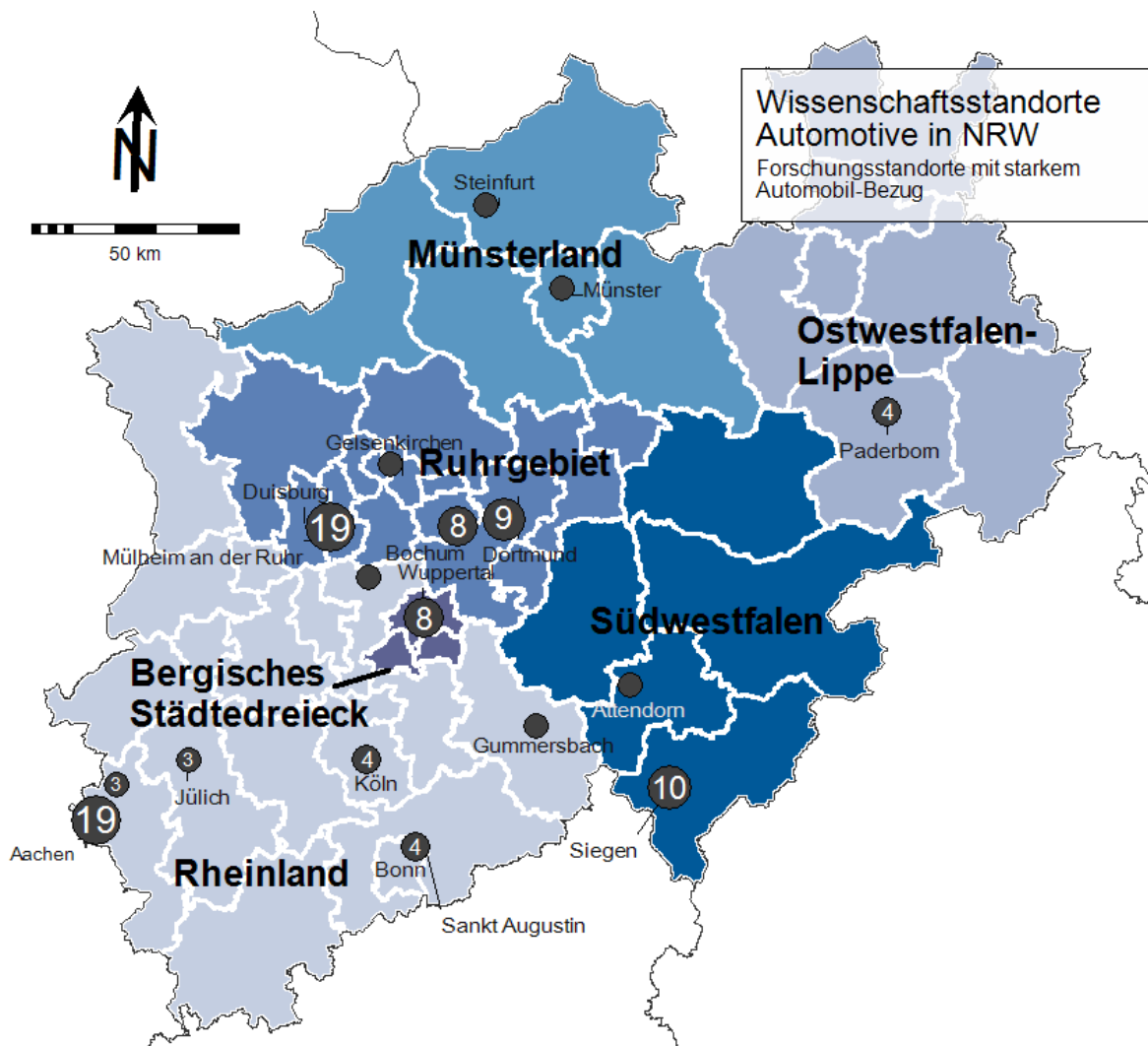
Grundsätzlich ist die Gesamtheit der MINT-Fächer für die Industrie allgemein und für die Automobilindustrie im Besonderen von Interesse. In Nordrhein-Westfalen finden sich 2.210 Einrichtungen aus diesem Bereich, in Deutschland insgesamt 11.050. Nicht alle dieser MINT-Einrichtungen haben einen spezielleren Bezug zum Automotive-Sektor. Um einen konkreteren Bezug zum Automotive-Sektor und den Transformationsbereichen für die zukünftige Entwicklung im Mobilitätsbereich herzustellen, wurden einige spezielle Fachbereiche aus den MINT-Fächern ausgewählt. Innerhalb dieser Fachbereiche ließen sich knapp 100 Forschungseinrichtungen und -institute herausfiltern, die eine enge Verknüpfung zum Automotive-Sektor und den Transformationsbereichen aufweisen. Die räumliche Verteilung dieser Einrichtungen ist in der Abbildung 6-8 dargestellt.

Als wichtige Institute lassen sich hier unter anderem nennen:

- ▶ Institut für Kraftfahrzeuge an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (IKA)
- ▶ Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen der RWTH Aachen (VKA)
- ▶ Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (fka)
- ▶ Münster Electrochemical Energy Technology: Batterieforschungszentrum der Universität Münster (MEET)
- ▶ Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion (MPI CEC) in Mülheim an der Ruhr
- ▶ Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT) in Aachen
- ▶ Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) in Dortmund
- ▶ Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST) in Dortmund
- ▶ Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) in Bonn
- ▶ Verschiedene Lehrstühle der TU Dortmund in den Bereichen Elektrotechnik und Informatik
- ▶ Lehrstuhl für Elektromobilität an der Bergischen Universität in Wuppertal
- ▶ Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik an der Fachhochschule Südwestfalen in Hagen
- ▶ Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik an der Universität Paderborn.



Abbildung 6-8: Forschungseinrichtungen mit Automotive-Bezug in NRW



Quelle: DFG, GERIT-Datenbank, eigene Darstellung IW Consult

## 6.5 Sozio-kulturelles Umfeld

Das sozio-kulturelle Umfeld beeinflusst die Attraktivität einer Region im Wettbewerb um mobile Fachkräfte. Es kann mit einer so großen Zahl an Indikatoren beschrieben werden, dass es notwendig ist, eine Auswahl zu treffen. Gleichzeitig gilt hier besonders, dass wegen der Korrelation zwischen den verschiedenen Indikatoren häufig ein Indikator genügt, um auf die Gesamtlage hinzuweisen (Tabelle 6-7).

- Die Wohnkosten liegen in NRW etwas unter dem Bundesdurchschnitt. Die Interpretation dieses Indikators lässt zwei Schlüsse zu. Einerseits ist Wohnen in NRW im Durchschnitt relativ erschwinglich. Andererseits können die Wohnkosten auch als Indikator für die Attraktivität eines Wohnorts interpretiert werden: Menschen sind willens (und offenbar in der Lage) in attraktiven Lagen hohe geforderte Kaufpreise oder Mieten zu leisten. In diesem Sinne sind die Standorte Baden-Württemberg und Bayern deutlich attraktiver als NRW. Der Befund gilt für Miet- und

Kaufpreise gleichermaßen. Das liegt u. a. an Zuwanderungsströmen und einer höheren Kaufkraft. Innerhalb NRWs liegen das Bergische Städtedreieck und das Rheinland über dem Landesdurchschnitt der Wohnkosten, die anderen vier Regionen darunter. Beide Regionen erreichen aber nicht das Niveau von Baden-Württemberg oder Bayern. Nur das Rheinland liegt über dem Bundesdurchschnitt.

- ▶ Die Betreuungsquote für 3 bis 6-jährige Kinder liegt in NRW mit 92,0 Prozent unter dem Bundesdurchschnitt (93,0 Prozent) und ist auch geringer als in den Bundesländern im Vergleich. Die Unterschiede sind aber insgesamt nicht groß. Ein gutes Angebot der Kinderbetreuung erleichtert die Bindung von Fachkräften. Das Münsterland, das Rheinland und Südwestfalen übertreffen in diesem Bereich den Landesdurchschnitt in NRW und auch den Bundesdurchschnitt. Den anderen Regionen muss hier ein Nachholbedarf attestiert werden.
- ▶ Die Versorgung mit Gesundheitseinrichtungen ist in NRW gemessen an der Krankenhauskapazität mit 6,7 Krankenhausbetten je 1.000 Einwohner besser als im Bundesdurchschnitt (6,0 Krankenhausbetten je 1.000 Einwohner). Die relative Bettenzahl ist auch höher als in den Vergleichsländern. Südwestfalen und das Ruhrgebiet weisen eine besonders hohe Bettenzahl je 1.000 Einwohner auf. In den anderen Regionen liegt sie aber mindestens so hoch wie in den anderen Bundesländern im Vergleich.
- ▶ Die Ärztedichte (Vertragsärzte je 100.000 Einwohner) liegt in NRW (174,2) unter dem Bundesdurchschnitt (177,8) – ebenso in Niedersachsen (166,2) oder Baden-Württemberg (172,4). Höher liegt sie in Bayern (180,1). Innerhalb NRWs ist die Ärztedichte im Bergischen Städtedreieck, im Münsterland und im Rheinland besonders hoch.

Die Bewertung des sozio-kulturellen Umfelds fällt uneinheitlich aus. Bei den Wohnkosten und bei der Kinderbetreuung zeigt NRW Schwächen, verfügt aber über eine dichtere Versorgung mit Gesundheitseinrichtungen. Die Ärztedichte liegt etwas unter dem Bundesdurchschnitt.

**Tabelle 6-7: Sozio-kulturelles Umfeld**

NRW im Vergleich mit ausgewählten Bundesländern und Deutschland insgesamt

	Wohnkosten <sup>1)</sup>	Bildungs- einrichtungen <sup>2)</sup>	Gesundheits- einrichtungen <sup>3)</sup>	Ärztedichte <sup>4)</sup>
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	2.468	92,0	6,6	174,8
<b>Niedersachsen</b>	2.205	92,8	5,3	166,3
<b>Baden-Württemberg</b>	3.403	94,7	5,1	172,4
<b>Bayern</b>	3.968	92,2	5,9	180,1
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	2.593	87,5	6,7	210,9
<b>Münsterland</b>	2.324	95,6	6,1	180,9
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	2.005	90,2	6,3	153,2
<b>Rheinland</b>	2.939	93,3	5,9	196,5
<b>Ruhrgebiet</b>	2.213	89,7	7,7	156,3
<b>Südwestfalen</b>	1.779	93,8	7,1	139,7
<b>Deutschland</b>	2.763	93,0	6,0	177,8

<sup>1)</sup> Kaufpreis einer Eigentumswohnung (Stadt) oder eines Einfamilienhauses (Land) in Euro pro Quadratmeter, Q2 2020

<sup>2)</sup> Betreuungsquote 3 bis unter 6 Jahre, 2018

<sup>3)</sup> Krankenhausbetten je 1.000 Einwohner, 2017

<sup>4)</sup> Vertragsärzte je 100.000 Einwohner, 2018

Quellen: IW für den Verband der Sparda-Banken: „Wohnen in Deutschland 2020“, Statistisches Bundesamt, INKAR, Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV); eigene Berechnungen IW Consult

## 6.6 Wirtschaftsfreundliches Umfeld

Die wirtschaftliche Lage der Kommunen in NRW ist schlechter als im Bundesdurchschnitt und begründet Zweifel, ob alle Kommunen in der Lage sind, den Unternehmen vor Ort ein gutes Umfeld zu schaffen.

- ▶ Die Gewerbesteuerhebesätze der Kommunen in NRW liegen mit durchschnittlich 463,7 Prozent deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 405,1 Prozent. Gegenüber Bayern (370,2 Prozent) und Baden-Württemberg (367,3 Prozent) beträgt der Unterschied sogar fast 100 Prozentpunkte. Im NRW-Vergleich zeigt sich, dass die hohen Gewerbesteuerhebesätze vor allem ein Phänomen der Ballungsräume sind. So sind gerade im Ruhrgebiet (496,8 Prozent) und im Bergischen Städtedreieck (486,2 Prozent) die Hebesätze besonders hoch. Aber auch in den stärker ländlich geprägten Regionen Münsterland (436,3 Prozent) und Ostwestfalen-Lippe (432,2 Prozent) liegen die Gewerbesteuerhebesätze noch deutlich über dem Bundesdurchschnitt oder den Hebesätzen in den Bundesländern im Vergleich. In München lag der Gewerbesteuerhebesatz bei 490 Prozent und Stuttgart bei 420 Prozent.
- ▶ Die Verschuldung der kommunalen Kernhaushalte ist in NRW ebenfalls deutlich höher als im Bundesdurchschnitt. Dies beeinträchtigt den Handlungsspielraum der Kommunen. Je Einwohner

gerechnet ist die Verschuldung in NRW mit 2.677 Euro je Einwohner um 73 Prozent höher als im Bundesdurchschnitt (1.548 Euro je Einwohner). Sie liegt bei fast dem fünffachen Wert der Verschuldung in Baden-Württemberg (548 Euro je Einwohner). Auch hier sind das Bergische Städtedreieck (4.848 Euro je Einwohner) und das Ruhrgebiet (4.321 Euro je Einwohner) besonders betroffen. Nur im Münsterland (1.256 Euro je Einwohner) und in Ostwestfalen-Lippe (1.337 Euro je Einwohner) liegen die kommunalen Schulden unter dem Bundesdurchschnitt.

**Tabelle 6-8: Wirtschaftsfreundliches Umfeld**

NRW im Vergleich mit ausgewählten Bundesländern und Deutschland insgesamt

	Gewerbesteuerhebesätze <sup>1)</sup>	Verschuldung der Kernhaushalte (Gemeinden) <sup>2)</sup>
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	463,7	2.677
<b>Niedersachsen</b>	404,7	1.642
<b>Baden-Württemberg</b>	367,3	548
<b>Bayern</b>	370,2	874
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	486,2	4.848
<b>Münsterland</b>	436,3	1.256
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	432,2	1.337
<b>Rheinland</b>	455,9	2.087
<b>Ruhrgebiet</b>	496,8	4.321
<b>Südwestfalen</b>	450,8	1.715
<b>Deutschland</b>	405,1	1.548

<sup>1)</sup> in Prozent, 2018

<sup>2)</sup> in Euro je Einwohner, 2018

Quellen: Statistisches Bundesamt, INKAR; eigene Berechnungen IW Consult

## 6.7 Zusammenfassende Bewertung der Standortbedingungen

Für den Vergleich aller 19 Indikatoren wird für die sechs verschiedenen Bereiche ein Index gebildet. In den Index gehen die Bewertungen der Infrastruktur, der Fachkräfte, der Wissenslandschaft, der FuE-Aktivitäten auf Unternehmensebene, das sozio-kulturelle Umfeld und das wirtschaftsfreundliche Umfeld ein. Innerhalb jedes Bereichs geht jeder ausgewählte Indikator mit dem gleichen Gewicht ein. Für den Vergleich der Bundesländer wird der Deutschland-Wert auf 100 gesetzt.

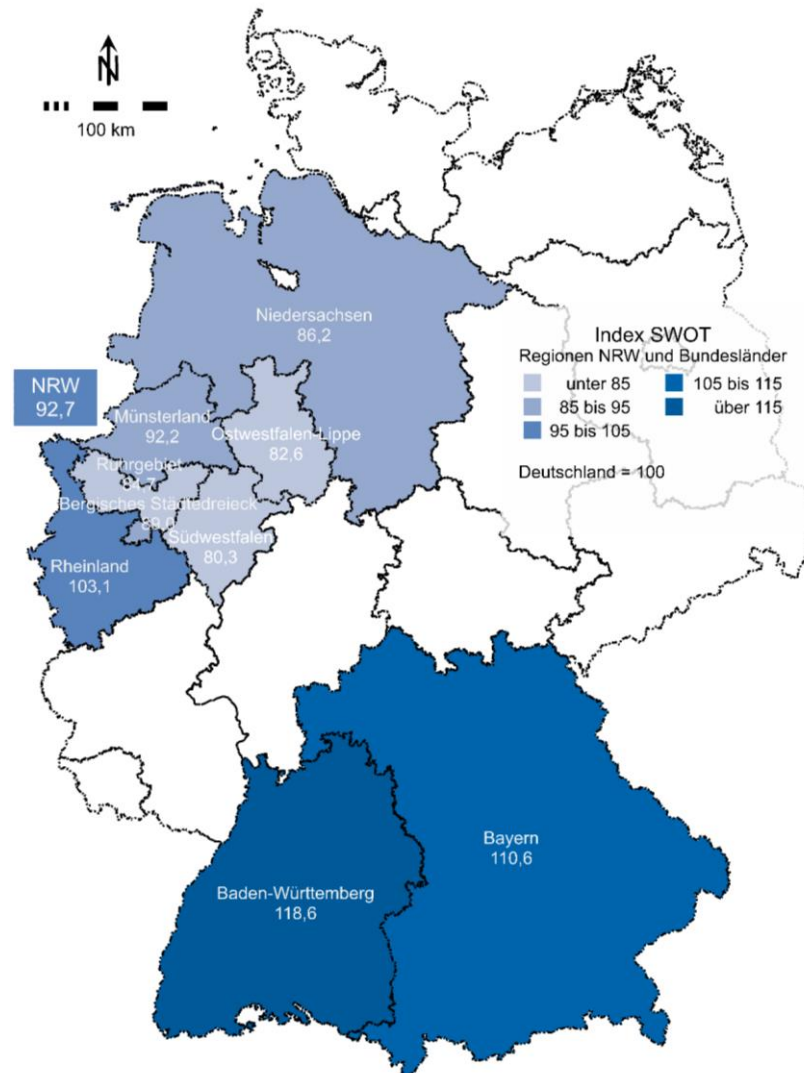
In der Gesamtschau zeigt sich, dass Baden-Württemberg mit einem Indexwert von 118,6 Punkten an der Spitze der vier Bundesländer steht, gefolgt von Bayern (110,6 Punkte), NRW (92,7 Punkte) und Niedersachsen (86,2 Punkte). Innerhalb NRW stellt das Rheinland mit 103,1 Punkten die stärkste Region, Südwestfalen mit 80,3 Punkten die schwächste Region dar (Abbildung 6-9).

Die Rahmenbedingungen in NRW sind für die Automobilwirtschaft demnach schlechter als in den süddeutschen automobilgeprägten Regionen. Vor allem in Westfalen sehen sich die Unternehmen großen Herausforderungen in den Bereichen Infrastruktur, Fachkräfte, Wissenslandschaft und sozio-kulturelles Umfeld ausgesetzt. Die Bewertungen der Standortqualitäten liegen mit 80,3 Punkten in Südwestfalen und mit 82,6 Punkten in Ostwestfalen-Lippe am niedrigsten in diesem Vergleich. Gleichzeitig sind dort Regionen mit hoher Automobilprägung zu finden. Diese oftmals in internationale Wertschöpfungsketten eingebundenen Unternehmen benötigen aber exzellente Rahmenbedingungen, um den automobilen Wandel erfolgreich gestalten zu können.

Die Experteninterviews haben gezeigt, dass NRW vor allem im Bereich der anwendungsorientierten Forschung, bei der Entwicklung von Pilotprojekten sowie bei der Fertigung von Null- und höchstens Kleinserien Wettbewerbsvorteile aufweist. Um in diesem Bereich auch in Zukunft wettbewerbsfähig bleiben zu können, muss die Fachkräfteversorgung gesichert sein. Dafür benötigt es exzellente Hochschulen, um junge Menschen vor Ort gut auszubilden, und eine hohe Lebensqualität, um potenzielle Arbeitgeber von der Region zu überzeugen. Die digitale Infrastruktur spielt auch innerhalb der Unternehmen mit Blick auf Industrie 4.0 eine immer wichtigere Rolle. Diese Aspekte sind insbesondere in ländlichen Räumen, von denen Westfalen geprägt ist, wichtig. Urbane Regionen wie Köln und Düsseldorf können mit einer viel größeren Vielfalt an Angeboten wuchern und stehen damit in direkter Konkurrenz um hochqualifizierte Fachkräfte.

### Abbildung 6-9: Standortbedingungen in NRW-Regionen und Bundesländern

Index D = 100



Index aus 19 Indikatoren in sechs Bereichen

Quelle: eigene Darstellung

Die Stärken und Schwächen der Regionen in NRW in den verschiedenen Bereichen sind in der Tabelle 6-9 noch einmal überblicksartig zusammengefasst.

- ▶ Im Bergischen Städtedreieck zählen der Analyse zufolge die Infrastruktur und die FuE-Aktivitäten zu den Stärken, die Fachkräfteversorgung und das wirtschaftsfreundliche Umfeld sind hingegen Schwachpunkte. Dies deckt sich in weiten Teilen mit der Einschätzung der Experten in den Workshops. Während die Verkehrsanbindung prinzipiell positiv gesehen wird, werden Zustand und Ausbau bemängelt. Dies korrespondiert zur negativen Bewertung der Höhe der Gewerbesteuersätze, den eingeschränkten Investitionsmöglichkeiten und der geringen Finanzausstattung der Kommunen. Die Probleme bei der Fachkräfteversorgung werden von den Experten in einer mangelnden MINT-Orientierung bei Studierenden und Schulen, einer mangelnden Flexibilität bei der Anpassung von Berufsbildern und der Abwanderung von Absolventen identifiziert. Die Stärken der Unternehmen im FuE-Bereich bestehen in der

Motivation der Unternehmen, in ihrer Bereitschaft zur Vernetzung und in der ausgeprägten Internationalisierung. Der Fachkräftemangel und die Bürokratie in der Forschungsförderung seien dabei Bremsen. Als Pluspunkt gilt den Experten die Wissenslandschaft mit der Bergischen Universität im Zentrum. Allerdings wird auch das Fehlen eines komplementären Fraunhofer-Instituts bemängelt.

- ▶ Zu den Stärken des Münsterlandes zählen das sozio-kulturelle und das wirtschaftsfreundliche Umfeld. Die im NRW-Vergleich starke Lage der Kommunalfinanzen eröffnet Handlungsspielräume zur Stärkung der Standortbedingungen insgesamt. Der positive Wanderungssaldo und die Wohnkosten deuten darauf hin, dass die Region als attraktiv wahrgenommen wird. Die relativ schwachen Ergebnisse bei FuE-Aktivitäten, Patentanmeldungen und Wissenslandschaft weisen darauf alle darauf hin, dass die Wissensintensität in der Produktion der Unternehmen niedrig ist und dass auch entsprechende Anknüpfungspunkte in der Fläche fehlen. Die Forschungseinrichtung MEET (Münster Electrochemical Energy Technology) an der Westfälischen Wilhelms-Universität konzentriert sich auf die Forschung zu Batteriezellen. Gleichzeitig soll im Münsterland eine großindustrielle Zellenfertigung mit rund 500 Millionen Euro Fördermitteln vom Bund und 200 Millionen Euro Fördermitteln vom Land NRW aufgebaut werden. Damit wird die Wissenschaftslandschaft im Bereich der Elektromobilität erheblich aufgewertet. Betrieben werden soll die Forschungsstelle als Teilinstitut vom Aachener Fraunhofer IPT (Institut für Produktionstechnologie). Bis Ende 2022 soll die Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB) im Hansa-Businesspark in Amelsbüren ihren Betrieb aufnehmen.
- ▶ Auch in Ostwestfalen-Lippe zählt das wirtschaftsfreundliche Umfeld zu den regionalen Stärken, während die Bewertung der Infrastruktur, der Fachkräfteversorgung, des sozio-kulturellen Umfelds und der Wissenslandschaft im NRW-Vergleich schwach ausfällt. Die Experten sehen ebenfalls die Erreichbarkeit der Region und die Breitbandversorgung als Schwäche. Trotz guter Ausbildungsleistungen sind die Abwanderung und das relativ hohe Alter der Belegschaften Gründe für Probleme bei der Fachkräfteversorgung. Die Wissenslandschaft ist weniger dicht ausgebaut als in anderen Regionen in NRW, die Experten bescheinigen ihr aber einen hohen Anwendungsbezug.
- ▶ Die Ergebnisse der statistischen Analyse weisen für das Rheinland in allen Bereichen überdurchschnittliche Ergebnisse im NRW-Vergleich auf. Besonders deutlich sind Vorteile in den Bereichen Fachkräfte, FuE in Unternehmen, Wissenslandschaft und sozio-kulturelles Umfeld. Gründe bestehen dafür bestehen in den Augen der Experten im Zusammenwirken der dichten Hochschullandschaft mit den FuE-starken Unternehmen in der Region. Die hohe Unternehmensdichte unterstützt die Clusterbildung. Die RWTH dient mit ihrem Automotive-Schwerpunkt als Anker für die Wissensintensität der Produktion und für die akademische Ausbildung in diesem Bereich. Die hohe Bevölkerungsdichte erleichtert die Entwicklung eines großen Fachkräftereservoirs. Probleme werden in der zu geringen Vernetzung von Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen untereinander und in der Abwanderung von Fachkräften in die noch attraktiveren Südländer Bayern und Baden-Württemberg gesehen.
- ▶ Die Infrastruktur und die dichte Wissenslandschaft zählen zu den Stärken des Ruhrgebiets. Allerdings wird auch auf die Überlastung der Verkehrsinfrastruktur hingewiesen. Es gibt hier viele Hochschulen mit einer starken MINT-Orientierung. Schwächen bestehen in den Bereichen FuE in Unternehmen, wirtschaftsfreundliches Umfeld und den Patentanmeldungen. Gewerbesteuern und kommunale Verschuldung sind im Ruhrgebiet besonders hoch. FuE-Personal, Patentanmeldungen und Gründungen besonders schwach ausgeprägt. Gleichwohl ist das Ruhrgebiet prädestiniert, das regionale Innovationssystem der Automobilwirtschaft aufzuwerten, indem gezielte

Wissenstransfers zwischen den Hochschulen und Instituten und bspw. den Unternehmen in Westfalen intensiviert werden, wo relativ wenige Forschungsinstitute ansässig sind.

- ▶ In Südwestfalen stellen das wirtschaftsfreundliche Umfeld und die Patentanmeldungen wichtige Stärken dar. Im NRW-Vergleich niedrige Gewerbesteuern entlasten die Unternehmen, geringe kommunalen Schulden erhöhen die kommunale Handlungsfähigkeit. Die Patentanmeldungen demonstrieren eine hohe Wissensorientierung der Unternehmen, auch wenn sich Schwächen bei der Fachkräfteversorgung und in der Wissenslandschaft im Vergleich der NRW-Regionen zeigen. Zwar weisen die Unternehmen eine gute Ausbildungsleistung auf – die Experten heben hier besonders die inhabergeführten Unternehmen hervor. Probleme bestehen aber in der Abwanderung gerade junger Fachkräfte und in der geringen Attraktivität im Hinblick auf Zuwanderung aus den Ballungsräumen. Hinsichtlich der Wissenslandschaft – die ausweislich der statistischen Analyse weniger dicht ist als im NRW-Vergleich – heben die Experten einerseits die gute Zusammenarbeit der Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit der Industrie positiv hervor. Ein gutes Beispiel – auch für die überregionale Zusammenarbeit in NRW – ist die Smarte Demonstrationsfabrik Siegen (SDFS), in der die Universität Siegen gemeinsam mit der RWTH Aachen und Partnern aus der Industrie an Prozess- und Produktinnovationen arbeitet. Andererseits wird die Vernetzung durch die relativ großen Distanzen und die Schwächen der Infrastruktur in Südwestfalen erschwert. Diese Einordnung zeigt aber, dass Unternehmen auch in Regionen mit schwächeren Rahmenbedingungen erfolgreich sein können.

**Tabelle 6-9: Stärken und Schwächen nach Regionen im Vergleich zum NRW-Durchschnitt**

Herausgehoben werden Bereiche mit besonders großen Abweichungen zum NRW-Durchschnitt

Region	Stärken	Schwächen
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	Infrastruktur, FuE in Unternehmen	Fachkräfte, Wirtschaftsfreundliches Umfeld
<b>Münsterland</b>	Sozio-kulturelles Umfeld, Wirtschaftsfreundliches Umfeld	FuE in Unternehmen, Wissenslandschaft, Patentanmeldungen
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	Wirtschaftsfreundliches Umfeld	Infrastruktur, Fachkräfte, Sozio-kulturelles Umfeld, Wissenslandschaft
<b>Rheinland</b>	Alle Bereiche über dem NRW-Durchschnitt	
<b>Ruhrgebiet</b>	Infrastruktur, Wissenslandschaft	FuE in Unternehmen, Wirtschaftsfreundliches Umfeld, Patentanmeldungen
<b>Südwestfalen</b>	Wirtschaftsfreundliches Umfeld, Patentanmeldungen	Infrastruktur, Fachkräfte, Sozio-kulturelles Umfeld, Wissenslandschaft

Quelle: eigene Darstellung



## 7 Zukunftsszenarien für NRW

In diesem Kapitel werden Zukunftsszenarien für NRW diskutiert. Die Leitfrage lautet, wie das Land mit Blick auf die globalen Trends der Fahrzeugelektrifizierung, -vernetzung und -automatisierung aufgestellt ist und ob die Unternehmen der Automobilwirtschaft in NRW davon profitieren könnten. Dazu sind Angaben über die Marktvolumen der Automobilwirtschaft in NRW und ihre Verteilung der Systeme der Referenzfahrzeuge auch im Vergleich zum Weltmarkt notwendig. Dabei werden die Ergebnisse aus den vorangegangenen Abschnitten genutzt:

In Kapitel 5.2 ist die Größe der Autowirtschaft NRW für das Jahr 2019 wie folgt berechnet:

- ▶ 57,88 Milliarden Euro Produktionswert
- ▶ 19,93 Milliarden Euro Bruttowertschöpfung
- ▶ 195.090 Erwerbstätige

Für die NRW-Szenarioberechnungen müssen zwei Anpassungen erfolgen:

- ▶ Übergang von 2019 nach 2020, weil die globalen Szenarien ihren Startpunkt im Jahr 2020 haben.
- ▶ Herausrechnung des Lkw-Bereichs, weil dieses Segment in dem globalen Marktmodell des Fraunhofer IAO nicht berücksichtigt ist.

Bei der Abschätzung der Daten für 2020 ist es auf Grundlage vorliegender statistischer Informationen evident, dass die Automobilwirtschaft in NRW im Jahr 2020 gegenüber 2019 geschrumpft ist:

- ▶ Die Zahl der neuzugelassenen Fahrzeuge liegt in Deutschland 19,1 Prozent unter dem Vorjahresniveau (Kapitel 3.2).
- ▶ Die Umsätze der Industriebranchen der Automobilwirtschaft liegen von Januar bis November 2020 um gut 15 Prozent unter dem vergleichbaren Vorjahresniveau. Bei den geleisteten Arbeitsstunden ist ein Rückgang von 11,6 Prozent und bei Entgelten von 9,8 Prozent zu verzeichnen. Bei der Beschäftigung beträgt das Minus 4,2 Prozent.
- ▶ Für die Szenario-Rechnungen wird mit einem pauschalen Abschlag von 10 Prozent auf die Werte von 2019 bei dem Produktionswert und der Wertschöpfung gearbeitet. Diese Abschläge orientieren sich an der Entwicklung der geleisteten Arbeitsstunden sowie der Entgelte, die aufgrund der einfacheren regionalen Zuordnung besser als die Umsätze als Approximationsfaktor geeignet sind. Bei der Beschäftigung wird pauschal mit einem Anschlag von 5 Prozent gerechnet.
- ▶ Der Anteil der Lkw-Branche an der Automobilwirtschaft in NRW wird auf 10 Prozent geschätzt. Das entspricht in etwa dem weltweiten Durchschnitt (Kapitel 4.2.6) und wurde in ähnlichen Studien für Bayern in der gleichen Größenordnung angesetzt.

Nach diesen Korrekturen hatte die Automobilwirtschaft für Leichtfahrzeuge in NRW im Jahr 2020 folgende Größe:

- ▶ Produktionswert: 46,88 Milliarden Euro
- ▶ Bruttowertschöpfung: 16,15 Milliarden Euro
- ▶ Beschäftigte: 158.023 Personen

In diesem Kapitel wird die Struktur der Automobilwirtschaft in NRW für das Jahr 2020 ermittelt, d. h. das Marktvolumen<sup>20</sup> wird auf die fünf betrachteten Systeme (klassischer Antrieb, Antriebe mit Elektrokomponekte, Automatisierung, Vernetzung und Sonstige Systeme (Kapitel 7.1.1.) berechnet. Verzichtet wird in den NRW-Szenarien auf die Ermittlung der Substrukturen innerhalb dieser fünf Hauptgruppen. Dafür gibt es zwei Gründe. Zum einen findet die hier verwendete kleinräumige und unternehmensbasierte Erhebungsmethode ihre Grenzen. Es ist aufgrund öffentlich verfügbarer Informationen nur mit hohen Unsicherheitsmargen möglich festzustellen, ob ein Unternehmen bei den klassischen Antrieben eher Motoren, Kraftstoffanlagen oder andere Komponenten anbietet. Zum anderen haben Sensitivitätsanalysen gezeigt, dass diese Feinstrukturen auf Subsystemebene die Ergebnisse nicht wesentlich ändern. Dafür wurden vorliegende bundesdeutsche Durchschnitte als Startlösung und in definierten Grenzen variiert. Der Einfluss auf die Ergebnisse ist nicht groß, weil die Subsysteme innerhalb der Hauptgruppen weltweit ähnliche Wachstumsraten haben.

Anschließend werden die auf der Ebene der fünf Hauptgruppen ermittelten Struktur in NRW mit denen des globalen Weltportfolios für das Jahr 2020 verglichen. Durch Fortschreibungen dieser Startwerte mit definierten Wachstumsraten werden dann NRW-spezifische Szenarien ermittelt.

## 7.1 Basisszenario für NRW

In diesem Abschnitt wird zunächst die Größe und Struktur der Automobilwirtschaft in NRW für das Jahr 2020 berechnet. Dabei geht es um die Verteilung der Marktvolumen auf die Bereiche traditionelle Antriebe, Elektroantriebe, Automatisierung, Vernetzung und sonstige Systeme. Darauf aufbauend in einem Basisszenario ermittelt, wie sich die Marktvolumen in NRW bis 2040 entwickeln könnten. Dafür wird angenommen, dass sich die Marktvolumen in NRW bis 2040 genauso entwickeln, wie das globale Trendszenario (Kapitel 4.2), d. h. von 2020 bis 2040 um rund 71 Prozent wachsen.

### 7.1.1 Größe und Struktur in NRW

Die Automobilwirtschaft in NRW im Bereich der Leichtfahrzeuge wird für das Jahr 2020 auf ein Marktvolumen von knapp 47 Milliarden Euro geschätzt. Davon entfallen (siehe Methodenkasten)

- ▶ 21,68 Prozent auf klassische Antriebe,
- ▶ 5,67 Prozent auf Antriebe mit einer Elektrokomponekte,
- ▶ 1,89 Prozent auf die Automatisierung,
- ▶ 0,86 Prozent auf die Vernetzung und
- ▶ 69,90 Prozent auf die Sonstigen Systeme.

---

<sup>20</sup> Nach dem hier verwendeten Konzept entspricht dieses Marktvolumen den Produktionswerten in NRW. Die beiden Begriffe werden synonym verwendet.

Die Tabelle 7-1 zeigt zusätzlich die Feinstruktur und die entsprechenden Eurobeträge bei den Marktvolumen:

- ▶ Rund 10,16 Milliarden Euro entfallen auf klassische Antriebe und dort insbesondere auf Verbrennungsmotoren einschließlich Kraftstoffanlagen sowie Getriebe.
- ▶ Bereits für das Jahr 2020 können 2,66 Milliarden Euro den Antrieben mit Elektrokomponenten zugeordnet werden. Mehr als die Hälfte davon entfällt aber heute noch auf Mix-Komponenten, die in Verbrenner- und Elektrofahrzeugen verbaut werden. Dazu zählen u. a. Motoren, Kraftstoffsysteme, Getriebe, Thermomanagement oder die Leistungselektronik. Kernteile der Fahrzeuge der Zukunft (Batterie und Elektromotoren) spielen noch keine große Rolle. Einzig die Lade-technik mit einem Marktvolumen von 0,71 Milliarden Euro hat bereits ein signifikantes Volumen erreicht.
- ▶ Das Marktvolumen bei der Automatisierung kann in NRW auf 0,89 Milliarden Euro geschätzt werden. Die Umfelderkennung und die Datenverarbeitung sind dabei ähnlich wichtig.
- ▶ Bei der Vernetzung beträgt das Marktvolumen nur 0,40 Milliarden Euro. Multimedia- und Fahrerinformationssysteme sind dabei besonders wichtig.
- ▶ Sehr bedeutend sind die Sonstigen Systeme. Ihr Marktvolumen kann auf rund 32,77 Milliarden Euro geschätzt werden.

Zu beachten sind bei dieser Aufteilung Abgrenzungsprobleme. Das gilt insbesondere für die Automatisierung und Vernetzung. Hier sind die Grenzen zu Komponenten, wie Elektronik oder Licht, die zu den Sonstigen Systemen zählen, fließend.

**Tabelle 7-1: Marktvolumina der Automobilwirtschaft nach Systemen in NRW**

Angaben in Milliarden Euro oder Prozent für 2020

	Mrd. Euro	Prozent
Klassische Antriebe	10,16	21,68
Antriebe mit Elektrokomponente	2,66	5,67
Automatisierung	0,89	1,89
Vernetzung	0,40	0,86
<b>Summe Transformationssysteme</b>	<b>14,11</b>	<b>30,10</b>
Sonstige	32,77	69,90
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>46,88</b>	<b>100,00</b>

Klassische Antriebe einschließlich Mild-Hybrid; zu Antriebe mit Elektrokomponente zählen die Hybrid-, die Batterie- sowie die Brennstoffzellenantriebe; zu Automatisierung zählt Umfelderkennung einschließlich Aktorik und Ortung; zu Vernetzung zählen Multimedia- und Fahrerinformationssysteme einschließlich Connected Car Services

Quelle: IW Consult (2020)

### Erhebungsmethode

Die Daten sind in einem kombinierten Verfahren aus Unternehmensbefragungen, Experteninterviews und webbasierten Recherchen unter Berücksichtigung von Unternehmensdatenbanken erhoben. Grundsätzlich entspricht die Vorgehensweise der in Kapitel 5.2 im Rahmen der Bestimmung der Größe der Automobilwirtschaft beschriebenen. In der Unternehmensbefragung und in den Expertengesprächen haben die Unternehmen angegeben, wie sich ihre Beschäftigten auf die einzelnen fünf Transformationsbereiche und deren Subsysteme verteilen. Dafür wurden 18 große Automobilzulieferer befragt. Zusätzlich wurden die Webseiten der identifizierten Unternehmen der Autowirtschaft in NRW mit semantischen Modellen auf ihre Tätigkeitsschwerpunkte untersucht. Dabei wurden Wortwolken definiert, die in verschiedenen Kombinationen anzeigen, ob und in welchem Ausmaß die Unternehmen in den Bereichen klassischer Antriebe, Antriebe mit Elektrokomponenten, Automatisierung, Vernetzung und Sonstige Systeme tätig sind. Als zusätzliche Informationsquellen wurden Datenbanken (BEAST von beDirect und die KOMPASS-Produktdatenbank) verwendet. Die Unternehmen mit mehr als 100 Beschäftigten wurden darüber hinaus in manueller Nacharbeit auf Basis von Experteneinschätzungen überprüft und die Webergergebnisse ggf. korrigiert.

Diese Daten wurden (mit Ausnahme der Unternehmensbefragung) zunächst für die Beschäftigten der Unternehmen ermittelt. Beschäftigte lassen sich leichter als die Umsatzangaben auf einzelne Standorte oder Produktgruppen verteilen. Das gilt insbesondere für größere Unternehmen, die beispielsweise für einzelne Niederlassungen keine Umsatzdaten haben. Die Umsätze wurden in einem zweiten Schritt durch die Verwendung von durchschnittlichen Umsatzgrößen je Beschäftigten ermittelt. Die Umsätze je Beschäftigten wurden differenziert nach Größenklassen und Branchen der Industriestatistik entnommen. Die hohen Umsätze je Beschäftigten bei den OEMs wurden mit einem Zuschlag berücksichtigt.

### 7.1.2 Regionale Unterschiede

Die ermittelten Strukturen der Automobilwirtschaft in NRW können auf der Ebene der fünf Hauptssysteme für einzelne Regionen ermittelt werden. Das ist ein Vorteil des in dieser Studie gewählten bottom-up-Ansatzes, bei dem die Daten auf der Ebene der Unternehmen oder deren Niederlassung recherchiert werden. Zwar sind nur Unternehmen mit mehr 100 Beschäftigten in diese Einzelrecherche einbezogen. Allerdings repräsentieren sie gut 90 Prozent des Produktionswertes der Automobilwirtschaft in NRW<sup>21</sup>. Die restlichen Unternehmen wurden hinzugeschätzt.

Bereits in Kapitel 5.2 ist ausgeführt, dass das Rheinland mit über der Hälfte des Produktionswertes insbesondere aufgrund des hohen Gewichtes von Ford die größte Automobilregion in NRW ist. In diesem Kapitel interessiert aber nicht die absolute Größe der Automobilwirtschaft in NRW, sondern seine Struktur mit Blick auf die Verteilung der Produktionswerte auf die fünf Hauptssysteme. Hier gibt es deutliche Unterschiede zwischen den betrachteten Regionen (siehe auch Tabelle 7-2):

- ▶ **Bergisches Städtedreieck:** In dieser Region sind Unternehmen, die Systeme im Bereich der klassischen Antriebe produzieren, stark unterdurchschnittlich vertreten (10,1 Prozent im Vergleich zum

<sup>21</sup> Siehe dazu Kapitel 5.2.1 mit den entsprechenden methodischen Erläuterungen.

NRW-Durchschnitt von 21,7 Prozent). Dafür sind die Anteile bei den Antrieben mit Elektrokomponenten, bei der Automatisierung und der Vernetzung deutlich höher als im Landesdurchschnitt. Beispielsweise ist in Wuppertal der Automobilzulieferer Aptiv ansässig. Im dortigen Technologiepark werden unter anderem Sensoren für das autonome Fahren entwickelt. Die Technik wird auf öffentlichen Straßen getestet. Aptiv ist auch im Themenfeld Elektromobilität tätig. Die sonstigen Komponenten haben im Bergisches Städtedreieck einen Anteil von fast drei Vierteln. Diesem Bereich ist etwa das Unternehmen Walter Klein zu großen Teilen zuzuordnen. Produziert werden zum Beispiel Elemente für das Exterieur von Leichtfahrzeugen.

- ▶ **Münsterland:** Es ist eine sehr extreme Struktur zu beobachten. Die Sonstigen Systeme sind mit einem Anteil von nur 52,4 Prozent weit unterdurchschnittlich vertreten. Dafür haben mit Ausnahme der Vernetzung alle anderen Systeme weit überdurchschnittliche Anteile. Wie keine andere Region ist das Münsterland auf Antriebe (40,5 Prozent) spezialisiert, aber auch bei der Automatisierung wird mit 7,1 Prozent der höchste Anteil aller Regionen erreicht. In Beelen im Kreis Warendorf hat der Maschinen- und Anlagenbauer Aumann seinen Sitz. Das Produktportfolio umfasst zum Beispiel Produktionslinien und Spezialmaschinen für die Serienproduktion von Elektromotoren, hybriden Antriebssträngen und Kurzstrecken-Radarsensoren. Ebenfalls im Kreis Warendorf ist Winkelmann Automotive tätig. Produziert werden klassische Motor- und Getriebeteile aus Stahl, Aluminium und Kunststoff.
- ▶ **Ostwestfalen-Lippe:** In dieser Region ist die Automatisierung überdurchschnittlich stark ausgeprägt. Nach dem Münsterland ist dies der höchste Anteil. Die klassischen Antriebe sind zugunsten der Antriebe mit Elektrokomponenten unterrepräsentiert. In Dielingen im Kreis Minden-Lübbecke betreibt ZF ein Entwicklungszentrum für die Fahrwerkstechnik. Größtenteils ist dies den sonstigen Systemen zuzuordnen. Ein Teil der Entwicklung ist jedoch auch das für das autonome Fahren wichtige Themenfeld „Vehicle Motion Control“. Gemeint sind damit Technologien, die Einfluss auf die Bewegungsdynamik eines Fahrzeugs haben. Dabei werden mittels moderner Sensorik und Software Dämpfungs-, Brems- und Lenksysteme verbunden.
- ▶ **Rheinland:** Allein durch das hohe Gewicht der Region entspricht die Struktur weitgehend der des Landesdurchschnitts. Die Anteile der Automatisierung sind etwas schwächer als im Durchschnitt. Das Rheinland sticht mit dem Hauptsitz eines großen OEMs hervor (Ford in Köln). Ford ist in allen Bereichen tätig. Der Fokus liegt als OEM jedoch auf den Sonstigen Systemen. In Burscheid im Rheinisch-Bergischen Kreis ist Tenneco Federal Mogul mit der Produktion von Kolbenringen und Kolben auf den klassischen Antrieb spezialisiert.
- ▶ **Ruhrgebiet:** Diese Region ist sehr stark auf die Sonstigen Systeme spezialisiert. Der Anteil liegt mit 78,2 Prozent weit über dem Landesdurchschnitt (69,9 Prozent). Beispiele dafür sind die thyssenkrupp Bilstein GmbH in Bochum (Stoßdämpfer) und die ZF Automotive Germany GmbH in Gelsenkirchen (Lenksysteme). Dafür sind die Bereiche Antriebe mit Elektrokomponente, die Automatisierung und Vernetzung im Ruhrgebiet deutlich unterrepräsentiert.
- ▶ **Südwestfalen:** Diese Region hat eine eher ausgewogene Struktur mit leicht unterschiedlichen Anteilen im Bereich der Elektroantriebe und insbesondere der Vernetzung. Dafür sind klassische Antriebe, Automatisierung und sonstige System leicht überrepräsentiert. Die Seissenschmidt GmbH mit Sitz in Klettenberg unterhält mehrere Standorte im Märkischen Kreis und produziert Komponenten für Verbrennungsmotoren und Getriebe. Das Unternehmen Heinrich Huhn aus dem Kreis Olpe zählt zu den Metallumformern. Neben Getriebe- und Karosserieteilen werden auch Kamegehäuse für Fahrassistenzsysteme produziert.

**Tabelle 7-2: Marktvolumina der Automobilwirtschaft NRW nach Hauptsystemen und Regionen**

Angaben in Prozent für 2020

Regionen in NRW	Anteile am Produktionswert der Automobilwirtschaft	Verteilung auf				
		Klassische Antriebe	Antriebe mit Elektrokomponenten	Automatisierung	Vernetzung	Sonstige
Bergisches Städtedreieck	6,55	10,13	8,99	3,00	3,81	74,06
Münsterland	1,88	32,48	7,98	7,10	0,01	52,43
Ostwestfalen-Lippe	9,39	18,58	7,80	4,06	0,43	69,14
Rheinland	51,36	23,29	5,98	1,30	1,07	68,35
Ruhrgebiet	9,78	19,80	1,09	0,84	0,05	78,23
Südwestfalen	21,04	22,65	4,85	2,04	0,05	70,42
<b>NRW</b>	<b>100,00</b>	<b>21,68</b>	<b>5,67</b>	<b>1,89</b>	<b>0,86</b>	<b>69,90</b>

Daten basieren auf Einzelrecherchen aller Unternehmen mit mehr als 100 Beschäftigten, die insgesamt gut 90 Prozent aller Umsätze der Automobilwirtschaft in NRW repräsentieren.

Quelle: IW Consult (2020)

### 7.1.3 Vergleich mit globaler Struktur

Ein wesentlicher Input für die Formulierung von Szenarien für Nordrhein-Westfalen ist ein Vergleich der Strukturen mit der globalen Automobilwirtschaft. Dabei ist die Verteilung der Marktvolumen auf die einzelnen Systeme der Referenzfahrzeuge von besonderem Interesse. Die Tabelle 7-3 zeigt die Ergebnisse. Das globale Marktvolumen ist der Tabelle 4-5 und Tabelle 4-7<sup>22</sup> entnommen. Die Daten für NRW entsprechen denen der Tabelle 7-1. Die Struktur in NRW unterscheidet sich im Jahr 2020 deutlich von denen des Weltmarktes:

- ▶ Der Anteil der Marktvolumen, der dem klassischen Antriebsbereich zugeordnet werden kann, ist in NRW mit 21,7 Prozent kleiner als im Weltmarkt (23,9 Prozent). Sehr deutlich ist dieser Unterschied bei den Verbrennungsmotoren einschließlich den Peripheriesystemen (Abgas- und Kraftstoffsysteme sowie Effizienztechnologien) ausgeprägt. In NRW haben diese Systeme an der gesamten Automobilwirtschaft einen Anteil von 11,9 Prozent; weltweit sind es 16,6 Prozent. Anders sieht es bei den Getrieben aus. Dort ist der Anteil in NRW mit 8 Prozent deutlich höher als im Weltportfolio (3,6 Prozent).
- ▶ Deutlich höher sind die Anteile in Nordrhein-Westfalen in dem Bereich der Antriebe mit Elektrokomponente. Hier stehen 5,7 Prozent in NRW nur 1,5 Prozent weltweit gegenüber. Höhere Anteile lassen sich in fast allen betrachteten Systemen beobachten. Insbesondere gilt für Ladetechnik, Getriebe und Leistungselektronik (einschließlich der Nebenaggregate). Diese Unterschiede

<sup>22</sup> Für die Analyse auf der NRW-Ebene wurden einige Systeme zusammengefasst, weil sie auf dieser regionalen Ebene nicht trennscharf ermittelt werden können. Ebenfalls zusammengefasst sind die Antriebe mit Elektrokomponente (Hybrid, Batterie und Brennstoffzelle). Wie in der gesamten Studie zählen die Mild-Hybrid-Antriebe auch hier zu den „klassischen Verbrennerantrieben“.

sind allerdings nicht bei der Batterie – einer wesentlichen Komponente der Fahrzeuge der Zukunft – zu beobachten. Dort sind die Anteile mit rund 0,4 Prozent ungefähr gleich groß.

- ▶ Die Marktvolumen im Bereich der Fahrzeugautomatisierung sind in Nordrhein-Westfalen relativ betrachtet kleiner als im Weltmarkt. Rund 1,9 Prozent der Automobilwirtschaft in NRW kann diesen Systemen (Umfelderfassung und Datenverarbeitung) zugerechnet werden – weltweit ist der Anteil mehr als doppelt so hoch und liegt bei 4,6 Prozent.
- ▶ Ein ähnliches Bild zeigt ein Blick auf die Marktvolumen im Bereich Vernetzung. Dort steht ein Anteil von 0,9 Prozent in NRW einem Anteil von 4,6 Prozent im globalen Portfolio gegenüber.
- ▶ Stärker als im weltweiten Durchschnitt sind in NRW die Sonstigen Systeme vertreten. Sie haben einen Anteil am Marktvolumen von 69,9 Prozent – weltweit sind es 65,4 Prozent.

**Tabelle 7-3: Marktvolumina der Produktionsbereiche nach Systemen in NRW**

Angaben in Milliarden Euro oder Prozent für 2020

	Marktvolumina				Markt- anteile
	Mrd. Euro NRW	Mrd. Euro- global	Prozent NRW	Prozent global	Prozent
Klassische Antriebe	10,16	545,11	21,68	23,89	1,27
Antriebe mit Elektrokomponente	2,66	34,68	5,67	1,52	5,22
Automatisierung	0,89	104,54	1,89	4,58	0,58
Vernetzung	0,40	104,73	0,86	4,59	0,26
<b>Transformationssysteme</b>	<b>14,11</b>	<b>789,05</b>	<b>30,10</b>	<b>34,58</b>	<b>1,22</b>
Sonstige	32,77	1.492,53	69,90	65,42	1,50
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>46,88</b>	<b>2.281,58</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>1,40</b>

Klassische Antriebe einschließlich Mild-Hybrid; zu Antriebe mit Elektrokomponente zählen die Hybrid-, die Batterie- sowie die Brennstoffzellenantriebe; zu Automatisierung zählt Umfelderfassung einschließlich Aktorik und Ortung; zu Vernetzung zählen Multimedia- und Fahrerinformationssysteme einschließlich Connected Car Services; Marktanteil: adjustierte Marktvolumen in NRW in Prozent der globalen Marktvolumen

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

Mit Hilfe der Daten aus der Tabelle 7-3 lassen sich die Weltmarktanteile Nordrhein-Westfalens berechnen. Dazu müssen allerdings vorab die Marktvolumen so angepasst werden, dass sie mit den Globaldaten aus dem Fraunhofer-IAO-Modell vergleichbar sind. Die Notwendigkeit dafür ergibt sich aus Konzeptunterschieden.

Bei dem globalen Marktmodell werden nur die einzelnen Komponenten modelliert und zu Gesamtwerten addiert. Nicht enthalten sind die Umsätze, die durch die Zusammenführung dieser Einzelsysteme zu Fahrzeugen entstehen. Diese Aufgabe übernehmen im Regelfall die OEMs oder die Unternehmen der Tier-1-Zuliefererebene. In den Umsatzdaten sind dadurch Doppelzählungen durch Vorleistungen enthalten. Nach diesem Bruttokonzept ist das Marktvolumen der Automobilwirtschaft (46,8 Milliarden Euro für 2020) erhoben. Würde man alle diese Doppelzählungen herausrechnen (also auf die Wertschöpfung abstellen), würde sich ein Volumen von 16,2 Milliarden Euro ergeben. Das wiederum wäre im Vergleich zu der Erhebungsmethode im globalen Modell eine Unterschätzung, denn die dort

berechneten Marktvolumen sind keine reine Wertschöpfung, sondern enthalten auch Vorleistungen – und zwar in der Höhe, für die sie zur Herstellung der einzelnen Komponenten eingesetzt werden.

*Lösung:* Eine gute Approximation zur Sicherstellung einer Vergleichbarkeit der beiden Ansätze ist, nur die Wertschöpfung der Automobilindustrie (WZ 29) und die Produktionswerte der Zulieferer aus anderen Branchen zu erfassen. Bei dieser Überlegung ergibt sich ein Marktvolumen für Nordrhein-Westfalen in Höhe von 29,2 Milliarden Euro im Jahr 2020. Das wären rund 62,3 Prozent des erfassten Produktionswerts der gesamten Automobilwirtschaft in NRW. Mit diesem Faktor kann das Marktvolumen für Nordrhein-Westfalen adjustiert und mit den globalen Marktvolumen verglichen werden.

Für Nordrhein-Westfalen berechnet sich ein Weltmarktanteil von 1,4 Prozent (siehe letzte Spalte der Tabelle 7-3). In den Bereichen, in denen die Anteile am Marktvolumen höher sind als im Weltmaßstab, sind die Weltmarktanteile höher und anderenfalls niedriger. Der Weltmarktanteil liegt bei den Antriebssystemen mit Elektrokomponenten bei 5,2 Prozent und bei den Sonstigen Systemen sind es 1,5 Prozent, allerdings bei der Vernetzung nur 0,3 Prozent.

#### 7.1.4 Ableitung des Basisszenarios für NRW

Als Vergleichsmaßstab wird in diesem Abschnitt ein NRW-Basisszenario definiert, das die Entwicklung der Marktvolumen von 2020 bis 2040 (äquivalent der Produktionswerte in NRW) beschreibt. Dazu wird auf das globale Trendszenario zurückgegriffen und unterstellt, dass sich das Marktvolumen der Automobilwirtschaft in NRW von 2020 (rund 47 Milliarden Euro) bis 2040 mit den Wachstumsraten des Weltmarktes verändert. Diese globalen Wachstumsraten sind in Fünfjahresschritten in Kapitel 4.2 ausgewiesen. Sie betragen

- ▶ 33,5 Prozent für den Zeitraum 2020 bis 2025,
- ▶ 11,3 Prozent für den Zeitraum 2025 bis 2030,
- ▶ 7,7 Prozent für den Zeitraum 2030 bis 2035 und
- ▶ 7,0 Prozent für den Zeitraum 2035 bis 2040.

Mit der Ausgangsgröße für das Jahr 2020 und diesen Wachstumsraten errechnen sich folgende Marktvolumina für die Automobilwirtschaft in NRW:

- ▶ 46,9 Milliarden Euro (2020)<sup>23</sup>
- ▶ 62,6 Milliarden Euro (2025)
- ▶ 70,0 Milliarden Euro (2030)
- ▶ 75,0 Milliarden Euro (2035)
- ▶ 80,3 Milliarden Euro (2040)

---

<sup>23</sup> In Kapitel 5.2.1 wurde der Produktionswert der Automobilwirtschaft in NRW mit 57,9 Milliarden Euro für das Jahr 2019 geschätzt. Im Jahr 2020 hat die Automobilindustrie Corona-bedingt einen Einbruch erlitten. Dieser Rückgang wird für 2020 auf 10 Prozent geschätzt. Daraus ergibt sich ein Marktvolumen im Jahr 2020 von 52,2 Milliarden Euro. Zudem muss die Lkw-Branche herausgerechnet werden, um das globale Marktmodell (Fraunhofer IAO) anwenden zu können. Der Anteil wird auf 10 Prozent geschätzt. Damit ergibt sich das Marktvolumen von 46,9 Mrd. Euro für das Jahr 2020 (Details siehe Beginn von Kapitel 7).



**Tabelle 7-4: Basisszenario NRW**

Angaben in Milliarden Euro

	2020	2025	2030	2035	2040
Klassische Antriebe	10,16	11,68	9,28	6,56	4,16
Antriebe mit Elektrokomponente	2,66	3,24	5,82	7,70	8,87
Automatisierung	0,89	4,24	6,36	6,43	6,30
Vernetzung	0,40	3,63	4,46	6,11	7,60
<b>Summe Transformationssysteme</b>	<b>14,11</b>	<b>22,81</b>	<b>25,91</b>	<b>26,81</b>	<b>26,93</b>
Sonstige	32,77	39,81	43,78	48,25	53,39
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>46,88</b>	<b>62,62</b>	<b>69,69</b>	<b>75,05</b>	<b>80,32</b>

Klassische Antriebe einschließlich Mild-Hybrid; zu Antriebe mit Elektrokomponente zählen die Hybrid- die Batterie- sowie die Brennstoffzellenantriebe; zu Automatisierung zählt Umfelderkennung einschließlich Aktorik und Ortung; zu Vernetzung zählen Multimedia- und Fahrerinformationssysteme einschließlich Connected Car Services; Marktanteil: adjustierte Marktvolumen in NRW in Prozent der globalen Marktvolumen

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

## 7.2 Mögliche Abweichungen im Trendszenario NRW

In diesem Abschnitt werden mögliche alternative Entwicklungslinien der Automobilwirtschaft in NRW bis 2040 skizziert und mit dem Basisszenario aus Kapitel 7.1.4 verglichen. Die zukünftige Entwicklung kann nicht mit einem Modell prognostiziert werden. Möglich sind nur annahmenbasierte Szenarien – also begründete „Wenn-dann-Aussagen“. Diese Annahmen werden im Folgenden offengelegt und die Entwicklung der Marktvolumen entsprechend berechnet. Es sollen insgesamt neben dem Basisszenario drei weitere NRW-spezifische Szenarien untersucht werden.

- ▶ **Potenzialszenario NRW:** Die Automobilwirtschaft in NRW konzentriert sich schneller als der weltweite Durchschnitt auf die stark wachsenden Felder der elektrischen Antriebe, der Automatisierung und Vernetzung. Dabei wird unterstellt, dass NRW diesem Strukturwandel jeweils fünf Jahre voraus ist – also bereits im Jahre 2025 bei der Elektrifizierung, Vernetzung und Automatisierung die Struktur des Jahres 2030 produziert. Das ist ein optimistisches Szenario, das auf höhere Marktanteile in dynamisch wachsenden Bereichen zielt.
- ▶ **Steigende Auslandsproduktion:** Der Trend zur Erhöhung der Auslandsproduktion geht weiter. In zwei Szenarien wird abgeschätzt, wie sich diese Entwicklung auf die Marktvolumina in NRW auswirken.
- ▶ **NRW kommt unter Beschäftigungsdruck:** In diesem Szenario werden zwei Entwicklungen betrachtet. Erstens erfordert die Produktion eines Elektrofahrzeugs ein etwas geringes Arbeitsvolumen als die Produktion eines Verbrennungsmotorischen Fahrzeugs. Zweitens werden Produktivitätseffekte dazu führen, dass weniger Arbeitsvolumen für die Herstellung eines Fahrzeugs benötigt wird.

### 7.2.1 Potenzialszenario für NRW

In diesem Szenario wird unterstellt, dass die Unternehmen der Automobilwirtschaft in jedem der betrachteten Systeme bis 2040 mit dem Weltmarkt wachsen. Die Ergebnisse hängen von der Aggregationsebene der Analyse ab. Nachfolgend wird mit den fünf Hauptsystemen gearbeitet, die in der Tabelle 7-3 aufgelistet sind und für die in Fünfjahresintervallen globale Wachstumsraten vorliegen. Die Marktvolumen für NRW werden bis 2040 berechnet, indem die Ausgangswerte für jedes dieser fünf Systeme mit den globalen Wachstumsraten multipliziert werden. Die Tabelle 7-5 zeigt die Ergebnisse in Eurobeträgen; die Tabelle 7-6 stellt die Verteilung in Prozentwerten dar:

- ▶ Das Marktvolumen für die klassischen Antriebe fällt von 10,16 Milliarden Euro (2020) auf nur noch 3,78 Milliarden Euro (2040). Das entspräche einem Anteil der Automobilwirtschaft in NRW von nur noch 3,9 Prozent. Weltweit wird dieser Anteil im Trendszenario auf 5,2 Prozent geschätzt (Tabelle 7-6).
- ▶ Die Volumina im Bereich der Antriebe mit Elektrokomponente verzehnfachen sich und erreichen im Jahr 2040 einen Anteil von über 33 Prozent am Umsatz der Automobilwirtschaft in NRW. Weltweit ist dieser Anteil mit gut 11 Prozent deutlich kleiner.
- ▶ Auch die Marktvolumen im Bereich der Automatisierung wachsen von 0,89 Milliarden Euro (2020) auf gut 2,60 Milliarden Euro 2040. Der Zuwachs ist aber weniger dynamisch als bei den Antrieben mit Elektrokomponente. Auch ist der Anteil am Marktvolumen der gesamten Automobilwirtschaft mit 2,7 Prozent kleiner als im Weltmarktportfolio (7,9 Prozent).
- ▶ Eine ähnliche Struktur ist im Bereich Vernetzung beobachtbar. Auch hier steigen zwar die Marktvolumina überdurchschnittlich, erreichen aber 2040 in NRW nur einen deutlich geringeren Anteil (1,5 Prozent) als im weltweiten Durchschnitt (9,5 Prozent).
- ▶ Die Sonstigen Systeme verlieren insgesamt an Bedeutung. Ihr Anteil an der Automobilwirtschaft in NRW sinkt von 69,9 Prozent (2020) auf 58,2 Prozent (2040). Der Grund liegt in den im Vergleich zu den Transformationskomponenten geringeren Wachstumsraten. Im Trendszenario wird eine Wachstumsrate für ein durchschnittliches Fahrzeug von 1,5 Prozent pro Jahr unterstellt. Daraus errechnet sich ein Marktwachstum für die Sonstigen Systeme von 2,2 Prozent pro Jahr. Wenn die Sonstigen Systeme ihren Anteil an der gesamten Automobilwirtschaft in NRW in Höhe von 69,9 Prozent aus dem Jahr 2020 bis zum Jahr 2040 konstant halten wollten, müssten die Fahrzeugpreise pro Jahr 3,5 Prozent zunehmen. Das würde unter Berücksichtigung der Mengeneffekte ein jahresdurchschnittliches Marktwachstum für die Sonstigen Systeme von 4,2 Prozent bedeuten. Nach Experteneinschätzungen sind solche Wachstumsraten in den nächsten 20 Jahren nicht zu erwarten. In dem Positivszenario für die Sonstigen Systeme (Kapitel 4.3.4) wird eine Preissteigerungsrate für Fahrzeuge von 2 Prozent pro Jahr bis 2040 unterstellt. Daraus ergäbe sich ein Anteil für die Sonstigen Systeme von 63 Prozent an der Automobilwirtschaft in NRW.

**Tabelle 7-5: Potenzialszenario NRW**

Angaben in Milliarden Euro

	2020	2025	2030	2035	2040
Klassische Antriebe	10,16	10,60	8,42	5,96	3,78
Antriebe mit Elektrokomponente	2,66	12,11	21,71	28,72	33,11
Automatisierung	0,89	1,75	2,62	2,65	2,60
Vernetzung	0,40	0,68	0,83	1,14	1,42
<b>Summe Transformationssysteme</b>	<b>14,11</b>	<b>25,14</b>	<b>33,59</b>	<b>38,47</b>	<b>40,90</b>
Sonstige	32,77	42,54	46,78	51,56	57,05
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>46,88</b>	<b>67,68</b>	<b>80,37</b>	<b>90,02</b>	<b>97,95</b>
nachrichtlich:					
<b>Trendzenario NRW</b>	46,88	62,62	69,69	75,05	80,32

Klassische Antriebe einschließlich Mild-Hybrid; zu Antriebe mit Elektrokomponente zählen die Hybrid-, die Batterie- sowie die Brennstoffzellenantriebe; zu Automatisierung zählt Umfelderkennung einschließlich Aktorik und Ortung; zu Vernetzung zählen Multimedia- und Fahrerinformationssysteme einschließlich Connected Car Services; Marktanteil: adjustierte Marktvolumen in NRW in Prozent der globalen Marktvolumen

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

**Tabelle 7-6: Verteilung der Marktvolumina im Potenzialszenario**

Angaben in Prozent

	2020	2025	2030	2035	2040	Global 2040
Klassische Antriebe	21,68	15,66	10,48	6,62	3,85	5,18
Antriebe mit Elektrokomponente	5,67	17,89	27,02	31,90	33,80	11,05
Automatisierung	1,89	2,59	3,26	2,95	2,65	7,85
Vernetzung	0,86	1,00	1,03	1,27	1,45	9,46
<b>Summe Transformationssysteme</b>	<b>30,10</b>	<b>37,14</b>	<b>41,79</b>	<b>42,73</b>	<b>41,76</b>	<b>33,53</b>
Sonstige	69,90	62,86	58,21	57,27	58,24	66,47
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Klassische Antriebe einschließlich Mild-Hybrid; zu Antriebe mit Elektrokomponente zählen die Hybrid-, die Batterie- sowie die Brennstoffzellenantriebe; zu Automatisierung zählt Umfelderkennung einschließlich Aktorik und Ortung; zu Vernetzung zählen Multimedia- und Fahrerinformationssysteme einschließlich Connected Car Services; Marktanteil: adjustierte Marktvolumen in NRW in Prozent der globalen Marktvolumina

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

### Positiver Struktureffekt in NRW

Insgesamt wird das Marktvolumen der Automobilwirtschaft in NRW von 47 Milliarden Euro (2020) auf 98 Milliarden Euro im Potenzialszenario zulegen. Das ist deutlich mehr als das Wachstum im vorne beschriebenen Basisszenario, das als Vergleichsmaßstab verwendet wird. Dort ergibt sich ein Wachstum von 47 Milliarden Euro (2020) auf 80 Milliarden Euro (2040). Der Grund für die Unterschiede ist ein positiver Struktureffekt in Nordrhein-Westfalen. Die Automobilwirtschaft in NRW ist heute stärker als der weltweite Durchschnitt auf Bereiche konzentriert, bei denen das globale Trendszenario mit überdurchschnittlich hohen Wachstumsraten rechnet. Das gilt in NRW insbesondere für den Bereich „Antriebe mit Elektrokomponente“. Dort sind die Anteile im NRW mit 5,7 Prozent (Tabelle 7-3) höher als im weltweiten Durchschnitt (1,5 Prozent). Im Potenzialszenario wird angenommen, dass NRW mit dem hohen globalen Wachstum in allen dort betrachteten Systemen mithalten kann. Die Abbildung 7-1 verdeutlicht diesen Struktureffekt. Dort sind die Marktvolumina der Autowirtschaft NRW für das Potenzialszenario und das Basisszenario („globales Wachstum“) abgetragen. Über 20 Jahre kumuliert ergibt sich im Basisszenario ein Marktvolumen von 1.418 Milliarden Euro. Im Potenzialszenario sind es rund 1.625 Milliarden Euro. Daraus errechnet sich ein positiver Struktureffekt (siehe Kasten) von 14,6 Prozent<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Der Struktureffekt errechnet als  $100 \cdot (1.625 - 1.418 / 1.418)$ .

### Ermittlung des Struktureffektes

Dieser Struktureffekt wird in vier Schritten ermittelt:

- ▶ Zunächst werden für alle betrachteten Systeme die Marktvolumen des Startjahres mit den jeweiligen globalen Wachstumsraten multipliziert und zu Gesamtwerten addiert. Das ist die Kernannahme des Potenzialszenarios. Diese globalen Wachstumsraten liegen in Fünfjahresintervallen von 2020 bis 2040 vor. Innerhalb diese Fünfjahreszeiträume wird linear interpoliert.
- ▶ Die ermittelten Gesamtwerte werden kumuliert für die Jahre 2020 bis 2040 ausgewiesen.
- ▶ Als Vergleichsgröße wird das Basisszenario berechnet, das unterstellt, dass sich das gesamte Marktvolumen der Automobilwirtschaft in NRW entwickelt wie im globalen Trendszenario beschrieben. Auch diese Marktvolumen werden für den Zeitraum 2020 bis 2040 kumuliert ausgewiesen.
- ▶ Der Struktureffekt ergibt sich dann als Differenz der kumulierten Marktvolumen des Potenzialszenarios und dem Basisszenario, die relativ als Prozentsatz des Marktvolumen des Basisszenarios ausgedrückt wird.

Struktureffekt =

$$100 * (\text{Marktvolumen}^{\text{Potenzialszenario}} - \text{Marktvolumen}^{\text{Basisszenario}}) / \text{Marktvolumen}^{\text{Basisszenario}}$$

Ein positiver Struktureffekt zeigt an, dass im Startjahr eine Verteilung des Marktvolumens auf die betrachteten Systeme vorliegt, die zukünftiges Wachstum begünstigt. Kurz: Das Land oder die Region haben eine Struktur, die wachstumsfördernd ist. Der Struktureffekt ist umso positiver, je höhere Marktanteile in Bereichen bestehen, die in Zukunft überdurchschnittlich stark wachsen sollen. Bei einem negativen Struktureffekt liegt das Gegenteil vor. Das Land oder die Regionen sind heute auf Felder spezialisiert, die in Zukunft nur unterdurchschnittlich wachsen sollen.

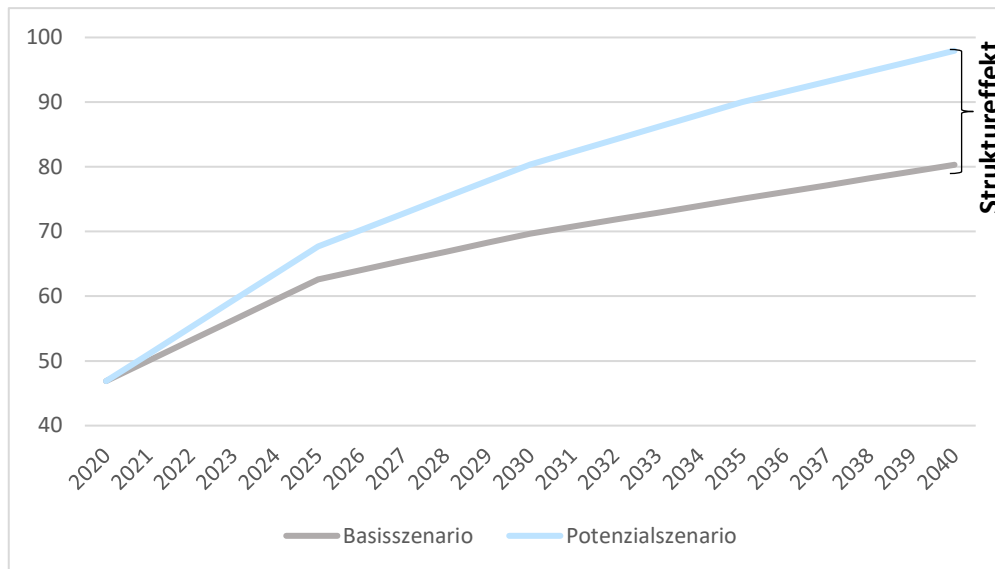
Drei Hinweise sind wichtig:

- ▶ Die Höhe des Struktureffektes hängt von der betrachteten Aggregationsebene ab. Je detaillierter die Systeme differenziert werden, umso genauer ist der Effekt.
- ▶ Die Ergebnisse hängen von dem grundlegenden globalen Wachstumsszenario ab und sind keine Prognose, sondern nur eine „bedingte Vorausschau“.
- ▶ Die Kernannahme ist, dass sich das Marktvolumen aller Systeme in einem betrachteten Land (hier NRW) wie im globalen Szenario verändern. Das Land wächst mit dem Weltmarkt und behält dabei seine Startvorteile (positiver Struktureffekt) oder Startnachteile (negativer Struktureffekt).

Daraus folgt eine zentrale Ableitung: Die Automobilwirtschaft in NRW hat heute eine Struktur, die das zukünftige Wachstum begünstigt. Einen ähnlichen positiven Effekt konnte für Bayern (IW Consult/Fraunhofer IAO, 2018, 2020) errechnet werden. Für das Saarland wurde ein negativer Struktureffekt berechnet (IW Consult/Fraunhofer IAO, 2017).

**Abbildung 7-1: Struktureffekt im Potenzialszenario NRW**

Angaben Milliarden Euro



Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020), eigene Darstellung

Sehr interessant ist die Aufspaltung des Struktureffektes nach Bereichen und damit die Identifizierung der Ursache. Die Tabelle 7-7 zeigt durch einen Vergleich der Marktvolumina im Potenzialszenario und dem Basisszenario genau diese Effekte. Dabei wird in den betrachteten Fünfjahresintervallen jeweils die Differenz errechnet:

- ▶ Der Strukturvorteil kommt fast ausschließlich durch die „Antriebe mit Elektrokomponente“. Dieser Bereich wächst weltweit zwischen 2020 und 2040 um über 1.000 Prozent. NRW erhöht durch die günstige Startposition seine Anteile in diesem Sektor viel stärker als im weltweiten Durchschnitt.
- ▶ Dafür gibt eine „Gegenfinanzierung“ bei den klassischen Antrieben. Das Volumen ist im Trendszenario (NRW ist dabei ein strukturgleiches Abbild des Weltmarktes) höher, weil die Anteile dieser Komponenten in jedem Jahr höher sind als im Potenzialszenario. NRW verliert in einem stark schrumpfenden zugunsten von Anteilsgewinnen in stark wachsenden Märkten.
- ▶ Belastend – aber aus anderen Gründen als bei den klassischen Antrieben – wirkt sich die Situation in NRW in den Bereichen Automatisierung und Vernetzung aus. Diese Systeme haben im Jahr 2020 in NRW deutlich niedrigere Anteile als im Weltportfolio. Die Marktvolumen dieser Systeme wachsen aber überdurchschnittlich. Davon kann NRW aber nur unterdurchschnittlich profitieren. Deshalb ist hier der Struktureffekt negativ.
- ▶ Einen positiven Beitrag zum Struktureffekt leisten die Sonstigen Systeme. Das ist ein Bereich mit unterdurchschnittlich wachsenden Marktvolumen. Im Potenzialszenario verliert dieser Bereich Anteile; im Trendszenario steigen diese Anteile. Das begründet den positiven Beitrag zum Struktureffekt – letztendlich wächst NRW schneller als der Weltmarkt aus einem schwachen Segment heraus.

Das wesentliche Ergebnis bleibt aber, dass sich der Strukturvorteil Nordrhein-Westfalens weit überwiegend aus der heutigen hohen Bedeutung der Antriebssysteme mit Elektrokomponenten speist.

**Tabelle 7-7: Vergleich zweier Szenarien: Potenzialszenario und Basisszenario**

Angaben in Milliarden Euro

	2020	2025	2030	2035	2040
Klassische Antriebe	0,00	-4,36	-4,58	-4,04	-3,25
Antriebe mit Elektrokomponente	0,00	11,16	18,10	22,45	24,88
Automatisierung	0,00	-1,12	-2,10	-4,19	-4,28
Vernetzung	0,00	-2,20	-3,21	-3,66	-5,13
Sonstige	0,00	1,58	2,47	4,40	5,41
<b>Gesamtmarkt</b>	<b>0,00</b>	<b>5,06</b>	<b>10,68</b>	<b>14,97</b>	<b>17,63</b>

Klassische Antriebe einschließlich Mild-Hybrid; zu Antriebe mit Elektrokomponente zählen die Hybrid-, die Batterie- sowie die Brennstoffzellenantriebe; zu Automatisierung zählt Umfelderkennung einschließlich Aktorik und Ortung; zu Vernetzung zählen Multimedia- und Fahrerinformationssysteme einschließlich Connected Car Services; Marktanteil: adjustierte Marktvolumen in NRW in Prozent der globalen Marktvolumen

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

### Struktureffekt nach Regionen in NRW

Auch für die sechs Automobilregionen Nordrhein-Westfalens kann dieser Struktureffekt ermittelt werden. Allerdings erlauben die Daten nur eine Analyse auf der Ebene der fünf Hauptgruppen. Zur Einordnung der regionalen Ergebnisse können das NRW-Basisszenario und das Potenzialszenario verwendet werden. Die Berechnung des regionalen Struktureffekts ist äquivalent zu dem oben erläuterten Vorgehen. Die Ergebnisse (Tabelle 7-8):

Bis auf das Ruhrgebiet haben die betrachteten sechs Regionen in NRW einen positiven Struktureffekt und haben somit eine günstige Ausgangssituation.

Besonders stark ausgeprägt ist dieser Struktureffekt im **Bergischen Städtedreieck** mit 36,1 Prozent. Die Marktvolumen wachsen unter den genannten Szenariobedingungen in NRW bis 2040 um 109 Prozent. Im Trendszenario sind es 71 Prozent. Der Struktureffekt ist deutlich höher als im Landesdurchschnitt (14,6 Prozent). Die Region profitiert stark von dem geringen Anteil der Marktvolumen bei klassischen Antrieben und hohen Anteilen bei Antrieben mit Elektrokomponente sowie bei der Vernetzung.

**Ostwestfalen-Lippe** hat den zweithöchsten positiven Struktureffekt zu verzeichnen. Er beträgt 26,2 Prozent. Positiv wirken auch hier die hohen Anteile in den Bereichen Elektroantriebe und Automatisierung. Die starke Konzentration auf die Sonstigen Bereiche (69,1 Prozent; Tabelle 7-1) bremst die Dynamik der Region.

Ebenfalls stark überdurchschnittlich ist mit rund 22,8 Prozent der Struktureffekt im **Münsterland**. Dort gibt es zwar hohe Anteile bei den klassischen Antrieben. Dieser Strukturnachteil wird aber deutlich überkompensiert durch eine hohe Spezialisierung in den wachstumsstarken Bereichen Elektroantriebe und Automatisierung. Ein weiterer Startvorteil der Region liegt in dem niedrigen Anteil bei den Sonstigen Systemen. Dieser Bereich wächst nach dem zugrundeliegenden Szenario nur unterdurchschnittlich.

Das **Rheinland** hat mit 14,9 Prozent einen positiven Struktureffekt, der in etwa dem Landesdurchschnitt entspricht. Das ergibt sich auch daraus, dass diese Region aufgrund ihrer Größe maßgeblich den Landesdurchschnitt bestimmt und deshalb auch eine ähnliche Struktur wie NRW hat, die als ausgewogen positiv bezeichnet werden kann.

Die automobilstarke Region **Südwestfalen** hat mit 10,3 Prozent auch noch einen positiven Struktureffekt, der aber kleiner ist als im Landesdurchschnitt. Die Gründe dafür sind überdurchschnittlich hohe Anteile bei den klassischen Antrieben, eine niedrige Spezialisierung bei der wachstumsstarken Vernetzung und leicht unterdurchschnittliche Anteile bei den Elektroantrieben.

Wesentlich pessimistischer als in den anderen Regionen sind die Zukunftsaussichten im **Ruhrgebiet**. Der Struktureffekt ist mit -5,3 Prozent negativ. Der Grund ist eine sehr starke Konzentration auf die Sonstigen Systeme, ohne entsprechende Ausgleiche in den stark wachsenden Bereichen der Elektroantriebe, der Automatisierung und Vernetzung zu haben. Zur Erinnerung: Die Sonstigen Systeme sollen im globalen Trendszenario nur um 74 Prozent wachsen – die Bereiche Elektroantriebe, Automatisierung und Vernetzung aber um 300 Prozent. Bei einem Anteil von 78 Prozent der Marktvolumen bei den Sonstigen Systemen erklärt dies den negativen Struktureffekt fast vollständig.

**Tabelle 7-8: Potenzialszenario NRW nach Regionen**

Index 2020 = 100; Struktureffekt in Prozent

	2020	2025	2030	2035	2040	Struktur- effekt
Berg. Städtedreieck	100	160,0	204,3	239,4	266,9	36,1
Münsterland	100	152,3	187,9	209,0	223,5	22,8
Ostwestfalen Lippe	100	153,4	190,7	217,2	237,8	26,2
Rheinland	100	144,7	171,8	192,8	209,8	14,9
Südwestfalen	100	141,3	165,1	182,7	197,6	10,3
Ruhrgebiet	100	128,9	139,5	149,0	159,7	-5,3
<b>Potenzialszenario</b>						
<b>NRW</b>	<b>100</b>	<b>144,4</b>	<b>171,4</b>	<b>192,0</b>	<b>208,9</b>	<b>14,6</b>
<b>Basisszenario NRW</b>	<b>100</b>	<b>133,6</b>	<b>148,7</b>	<b>160,1</b>	<b>171,3</b>	

Struktureffekt berechnet auf Grundlage der fünf Hauptsysteme

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

Insgesamt ist als Fazit festzuhalten, dass die Automobilwirtschaft in NRW aufgrund der Ausgangslage gute Chancen hat, zu den Gewinnern des Strukturwandels zu zählen. Der Struktureffekt ist im gesamten Land und in fünf von sechs untersuchten Regionen unter den Bedingungen des skizzierten Szenarios positiv.

Der kritische Aspekt bei dem oben beschriebenen Potenzialszenario ist, dass Entwicklungen in Bereich der Elektromobilität, der Automatisierung und Vernetzung, die erst am Anfang stehen, in die Zukunft fortgeschrieben werden. Sehr kleine Marktvolumen können auf diese Weise große Hebelwirkungen haben. Es wird dabei unterstellt, dass die heutigen Vor- oder Nachteile in die „Zukunft transportiert“ werden können. Das ist alles andere als sicher. Es ist viel schwieriger seine Marktpositionen in hoch skalierten und umkämpften Märkten zu behaupten als am Anfang zu den Trendsettern zu gehören.



Der First-Mover-Vorteil ist nicht immer entscheidend für spätere Markterfolge. Auch hängt die Bedeutung Nordrhein-Westfalens als zukünftiger Automobilstandort nicht nur von der Startposition ab, wie sie oben beschrieben sind. Hinzu kommen andere Aspekte:

- ▶ Das Gesamtsystems (Unternehmen, Wissenschaft, Infrastruktur, Staat) muss in den Zukunftsfeldern der Elektromobilität (Batterie, Elektromotoren, Ladetechnik), der Automatisierung (Datenanalyse und Software für autonomes Fahren) sowie in der Vernetzung (Connected Car Services) leistungsfähig sein.
- ▶ Das Innovationstempo und die daraus resultierenden Effekte für die Produktivität und – gegeben die Marktvolumina – für die Beschäftigungsentwicklung.
- ▶ Der internationale Standortwettbewerb und damit die unternehmerischen Entscheidungen, die Autos der Zukunft in NRW, in anderen Bundesländern oder im Ausland zu produzieren.
- ▶ Die Fähigkeit, insbesondere im Dienstleistungsbereich komplementäre Märkte aufzubauen, die die Automobilwirtschaft in NRW stützen oder unabhängig davon neue Märkte erschließen.

Es gibt in den empirischen Wirtschafts- und Sozialwissenschaften keine Modelle, um diese Effekte konsistent abbilden zu können. Der Blick in die Zukunft bleibt verwehrt. Auch bleiben letztendlich nur Szenariobetrachtungen, die nur Denkmodelle über mögliche zukünftige Entwicklungen sind. Szenarien formulieren „Wenn-dann-Aussagen“, mit denen Konsequenzen von Entwicklungen quantitativ oder qualitativ erfasst werden können. Um den Analysefokus breiter zu ziehen, sollen nachstehend noch drei andere Szenarien diskutiert werden.

### 7.2.2 Auslandsproduktionszenario für NRW

Eine für den Standort negative Entwicklung kann durch steigende Auslandsproduktionsanteile verursacht werden. Je stärker das zukünftige Wachstum der Produktion und damit auch der Wertschöpfung an den Auslandsstandorten stattfindet, desto schwieriger ist es für den Standort NRW, von globalen Entwicklungen zu profitieren. Für eine weiter zunehmende Auslandsproduktion gibt es Indizien. Die Direktinvestitionsbestände (Anlagen im Ausland) der deutschen Industrie sind zwischen 2012 und 2018 um 5,2 Prozent gestiegen (Deutsche Bundesbank, 2020); der inländische Kapitalstock (Bruttoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen) ist nur um 2,2 Prozent pro Jahr gewachsen. Das ist ein starkes Signal für eine auch künftig zunehmende Auslandsproduktionstätigkeit<sup>25</sup>. Zunächst muss die Höhe des Auslandsproduktionsanteils abgeschätzt werden. Dafür gibt zwei Ansätze:

- ▶ Befragungen: Nach Ergebnissen von Befragungen im Rahmen des IW Zukunftspanels (IW Consult, 2020) liegt die Auslandsproduktionsquote in der deutschen Industrie derzeit bei rund 18 Prozent<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> In dieser Direktinvestitionsstatistik sind auch die Umsätze und die Beschäftigten ausgewiesen, die den entsprechenden Direktinvestitionsbeständen zugeordnet werden. Für das Jahr 2015 weist die Deutsche Bundesbank für die Branche „Herstellung von Kraftfahrzeugen und -teilen“ bundesweit 911.000 Beschäftigte im Ausland auf. Im Inland waren es 872.000 Beschäftigte. Daraus errechnet eine Auslandsbeschäftigungsquote von 51 Prozent. Diese Quote dürfte aber deutlich überzeichnet sein, weil einer Beteiligung an einem Unternehmen im Ausland unabhängig von der Beteiligungsquote die gesamte Beschäftigung dieses Unternehmens zugerechnet wird. Die Auslandsbeschäftigungsquote hat sich bis 2018 auf 53 Prozent erhöht. Auch dieser Indikator zeigt die steigende Bedeutung der Auslandstätigkeit.

<sup>26</sup> Für eine ähnliche Größenordnung siehe eine Studie IW Consult zur globalen Kräfteverschiebung (IW Consult, 2018)

- ▶ **Kapitalstockvergleiche:** Definiert man den Kapitalstock der deutschen Unternehmen als Summe der Direktinvestitionsbestände (nur Anlagen) im Ausland und dem inländischen Bruttoanlagenvermögen zu Wiederbeschaffungskosten<sup>27</sup>, lässt sich daraus ein Auslandsanteile (Direktinvestitionsbestände zu Gesamtkapitalstock) berechnen. Diese Quote lag für die M+E-Industrie<sup>28</sup>, die als Approximation für die Automobilwirtschaft in NRW gelten soll, im Jahr 2018 bei 18,9 Prozent.

Insgesamt zeigen diese Daten, dass die Auslandsquote der Automobilwirtschaft in Deutschland im Jahr 2018 bei knapp einem Fünftel liegt. Diese Quote wird auch für NRW unterstellt. Wichtiger für die nachstehende Analyse sind aber Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Auslandsproduktion. Dabei werden die Effekte von drei Trends berechnet:

- ▶ **Fortschreibung des Trends:** Der Inlands- und Auslandskapitalstock entwickeln sich in der Zukunft so wie im Zeitraum von 2012 bis 2018. Genau mit diesen Wachstumsraten sollen sich die Inlands- und die Auslandsproduktion bis 2040 entwickeln. Das würde bedeuten, dass der Auslandsproduktion von heute knapp 20 Prozent auf 26 Prozent ansteigt.
- ▶ **Beschleunigte Trendentwicklung:** Hier wird angenommen, dass die Auslandsproduktion schneller als im Vergleichszeitraum von 2012 bis 2018 steigt. Die Quote soll im Jahr 2040 rund 30 Prozent erreichen.
- ▶ **Starke Trendbeschleunigung:** In einem extremeren Szenario wird eine Verdopplung des Auslandsproduktionsanteils von derzeit 20 Prozent auf 40 Prozent (2040) untersucht.

Ein Auslandsproduktionsanteil von 19,5 Prozent<sup>29</sup> im Jahr 2020 bedeutet eine Auslandsproduktion von 11,4 Milliarden Euro. Die Gesamtproduktion der Automobilwirtschaft NRW beträgt dann 58,3 Milliarden Euro (46,9 Milliarden Euro Inland und 11,4 Milliarden Euro Ausland):

- ▶ Bei der Fortsetzung der Trends wird sich der Auslandsproduktionsanteil im Jahr 2040 auf rund 26 Prozent belaufen. Im Basisszenario läge damit der inländische Produktionswert um 7,3 Milliarden Euro niedriger (7,3 Prozent Rückgang) – im Potenzialszenario wären es 6 Milliarden Euro.
- ▶ Bei beschleunigter Trendentwicklung, bei der ein Auslandsproduktionsanteil von 30 Prozent im Jahr 2040 modelliert ist, würde der inländische Produktionswert um 13,4 Prozent unter dem Vergleichswert ohne steigende Auslandsproduktion liegen. Dies hätte einen Rückgang in 2040 um rund 13 Milliarden Euro zur Folge.
- ▶ Im Extremszenario einer Verdopplung der Auslandsproduktionsanteile würde der Inlandsproduktionswert um rund 25 Prozent unter dem Referenzwert liegen. Dies entspräche einem Rückgang im Produktionswert um knapp 25 Milliarden Euro.

---

<sup>27</sup> Aufgrund der unterschiedlichen Erfassungs- und Bewertungsmethoden ist das sicherlich nur eine grobe Abschätzung. Allerdings hat dieser Startwert für die Analyse in diesem Kapitel nur eine untergeordnete Bedeutung. Wichtiger sind die Annahmen über die zukünftige Entwicklung.

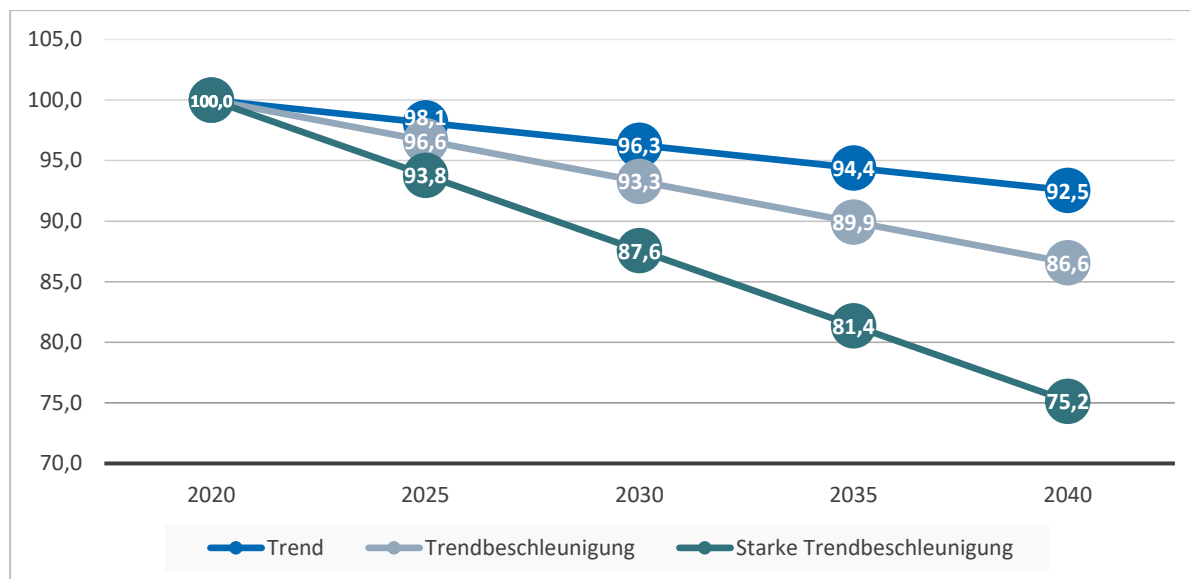
<sup>28</sup> In der Kfz-Industrie liegt dieser Anteil bundesweit im Jahr 2018 bei 20,8 Prozent – also um knapp 2 Prozentpunkte über dem Durchschnitt der M+E-Industrie.

<sup>29</sup> Diese 19,5 Prozent errechnen sich, wenn ausgehend von 2018 der inländische Kapitalstock um 2,9 Prozent und die Direktinvestitionsbestände um 4,8 Prozent pro Jahr wachsen.

Die Abbildung 7-2 zeigt die Entwicklung im Überblick<sup>30</sup>.

### Abbildung 7-2: Entwicklung der Marktvolumina bei steigender Auslandsproduktion

Drei Szenarien, in denen die Anteile der Auslandsproduktion unterschiedlich steigen, Index: 2020 = 100



Quelle: Deutsche Bundesbank (2020), Statistisches Bundesamt (2020), eigene Berechnung

Diese Analyse zeigt deutlich, wie wichtig die Stabilisierung der inländischen Produktion ist. Sicherlich ist eine Zunahme der Auslandsproduktionsanteile in Zukunft nicht zu vermeiden. Empirische Studien zeigen, dass die Marktnähe zu den Kunden das dominante Motiv für Auslandsinvestitionen ist. Diese Märkte werden dabei außerhalb Deutschlands und Europas schneller wachsen. Das zeigen alle vorliegenden Wachstumsprognosen (IWF, 2020). Das gibt einen Schub in Richtung verstärkte Auslandsproduktion. Neben dem Marktmotiv gibt es allerdings andere wichtige Gründe, die die Entwicklung von Direktinvestitionen und von Auslandsproduktionen erklären. Dazu zählen neben Kosten Standortbedingungen im Bereich Infrastruktur, Regulierungsumfeld, Bildungs-, Forschungs- und Innovationssystem, aber auch die auch die Offenheit von Märkten. Das heute noch dominierende Exportmodell der deutschen Wirtschaft hat umso bessere Zukunftschancen, je geringer die Kostennachteile sind, je besser die Standortbedingungen ausgestaltet und je offener die Märkte weltweit sind. Das sind Ansätze für Handlungsfelder, die weit über eine begrenzte Automobilstrategie hinausgehen.

### 7.2.3 Beschäftigungsszenario für NRW

Die Beschäftigungseffekte des automobilen Strukturwandels können nicht direkt aus den Szenariorechnungen abgeleitet werden, denn dort sind ausschließlich die Entwicklungen der Marktvolumina

<sup>30</sup> Die grundlegende Argumentation ändert sich nicht, wenn anstatt der Anlageinvestitionen die Beschäftigung als Indikator zur Messung der Ausländstätigkeit verwendet. Würde man die Entwicklung der bundesweiten Auslandsbeschäftigungsanteile der Kfz-Industrie der Jahr 2015 bis 2018 zugrunde legen, ergäbe sich eine Erhöhung von heute etwa 55 Prozent auf 71 Prozent im Jahr 2040. Das sind Entwicklungslinien, die im Korridor der obigen Szenarien der „Trendbeschleunigung“ und der „verstärkten Trendbeschleunigung“ liegen. Wie bereits ausgeführt, sind die Auslandsbeschäftigungsquoten überschätzt, weil unabhängig von der Beteiligungsquote alle Auslandsbeschäftigten der Beteiligung zugerechnet werden. Außerdem ist in diesen Daten für die Kfz-Industrie, nicht aber die anderen Branchen der Automobilwirtschaft in NRW erfasst. Auch das führt zu einer Überschätzung der Quote.

abgebildet. Allerdings gibt es viele Studien, die sich explizit mit den Arbeitsplatzeffekten beschäftigen. Diese Studien sehen mehr Beschäftigungsrisiken als -chancen. Für die Produktionsbereiche der Automobilwirtschaft wird bspw. bis zum Jahr 2040 ein Verlust von 130.000 bis 300.000 an Arbeitsplätzen deutschlandweit prognostiziert (BMW, 2019). Das bedeutet gegenüber 2017 – dem Basisjahr der Studie – einen Rückgang von 14 Prozent bis 32 Prozent. Im Bereich der Aftermarkets sollen von 640.000 Arbeitsplätzen 250.000 bis 300.000 gefährdet sein.

Es gibt daneben derzeit zwei neue Studien, die zur Abschätzung der Beschäftigungseffekte verwendet und gleichzeitig in die bestehenden Szenariorechnungen integriert werden können. BCG (2020) ermittelt in einer Studie den Arbeitsinput für die Herstellung eines Fahrzeuges mit einem Verbrennerantrieb im Vergleich zu einem Fahrzeug mit batterieelektrischem Antrieb. Das wesentliche Ergebnis ist, dass bei der Herstellung eines Elektroautos heute nur ein Prozent weniger Arbeitsstunden notwendig sind als bei einem Fahrzeug mit klassischem Antrieb. Die Studie enthält keine Hinweise auf die zukünftige Entwicklung des benötigten Arbeitsinputs und kann deshalb zur Modellierung des Beschäftigungsszenarios nicht verwendet werden. Das Ergebnis der BCG-Studie kann auch für NRW auf Basis der Analysen in dieser Studie bestätigt werden. Der Produktionswert je Beschäftigten liegt im Bereich der Elektroantriebe um rund ein Prozent unter dem Wert für traditionelle Antriebe.

Mehr Informationen über die zukünftige Beschäftigungsentwicklung der Automobilindustrie liefert eine neue Studie des Fraunhofer-IAO (Bauer et. al, 2020). Dort werden die zukünftig benötigten Beschäftigungsstunden für die Herstellung eines Fahrzeuges mit klassischem Antrieb und mit einem Batterieantrieb ermittelt. Als Referenzfahrzeuge werden ein Golf VIII (klassisch) und der ID.3 verwendet. Die Studie hat zwei Befunde, die für eine Modellierung der Beschäftigungseffekte verwendet werden können:

- ▶ Die Produktion des Antriebsstrangs eines Elektrofahrzeuges wird nur knapp 60 Prozent des Arbeitseinsatzes bei der Produktion eines Verbrennerantriebs benötigt.
- ▶ Die Fertigung eines Elektroautos ist mit 97 Prozent des Arbeitseinsatzes eines Autos mit Verbrennerantrieb möglich.

In der Studie gibt es keine Angaben zu der Höhe der Entwicklung des benötigten Arbeitsinput und deren Entwicklung bei den Komponenten (beispielsweise Karosserie, Fahrwerk, Reifen, Interieur, Exterieur) außerhalb des Antriebsstranges. Hier muss deshalb die Annahme gelten, dass sich klassische Fahrzeuge und Elektrofahrzeuge mit Blick auf den Arbeitsinput je Fahrzeug sich nicht signifikant unterscheiden.

Die Fraunhofer-Studie (Bauer et al, 2020) schätzt nur die Entwicklung bis 2025 ab. Für den Zeitraum von 2026 bis 2040 gibt es keine Angaben. Die Beschäftigungseffekte können nur berechnet werden, wenn ergänzende Annahmen hinzugefügt werden.

**Marktentwicklung und Referenzfahrzeuge:** In einem Basisszenario wird angenommen, dass sich Marktvolumen in der Automobilwirtschaft NRW von 46,9 Milliarden Euro (2020) auf 80,3 Milliarden Euro erhöht. Im Potenzialszenario wird das Marktvolumen in NRW im Jahr 2040 auf 98,0 Milliarden ansteigen.

Bei Annahmen zum Antriebsmix lässt sich daraus die Anzahl der Fahrzeugäquivalente berechnen, die die Unternehmen am Standort bis 2040 herstellen können. Dabei kann für das Startjahr die Anzahl der Referenzfahrzeuge aus der ermittelten Größe und Struktur der Automobilwirtschaft NRW ermittelt werden. Unter Zugrundelegung der Preise des globalen Modells und dem Produktionswert im Jahr 2020 in Höhe von 46,9 Milliarden Euro können in NRW rund 1,67 Millionen Fahrzeugäquivalente produziert werden. Das entspricht einem Anteil von 2,25 Prozent der weltweiten Produktion und verteilt

sich auf 1,32 Millionen Fahrzeuge mit Verbrennerantrieben (einschließlich Hybridantriebe)<sup>31</sup> und 0,35 Millionen Fahrzeuge mit reinen Elektroantrieben.

Die Anzahl der in NRW produzierten Referenzfahrzeuge erhöht sich im Basisszenario im Jahr 2040 auf 2,16 Millionen Einheiten. Der Marktanteil bleibt bei 2,25 Prozent entsprechend der Konstruktionslogik des Basisszenarios. Weiterhin wird angenommen, dass sich der Strukturwandel hin zu elektrischen Antrieben genauso wie im Weltmarkt vollzieht<sup>32</sup>. Im Potenzialszenario kann NRW in den Jahren bis 2040 mehr Fahrzeugäquivalente herstellen. Die Anzahl von 1,67 Millionen Einheiten (2020) steigt auf 2,64 Millionen (2040). Verbunden damit ist eine stärkere Transformation hin zu Elektrofahrzeugen. Der Anteil wird im Jahr 2040 bei rund 80 Prozent liegen – weltweit werden es nur knapp 70 Prozent sein. Die Begründung dafür liegt wiederum in der Konstruktionslogik des Potenzialszenarios. NRW hat 2020 höhere Anteile des Marktvolumens im Bereich der Elektromobilität, die in diesem Szenario mit den Wachstumsraten des Weltmarktes zunehmen sollen. Da NRW unter den Annahmen des Szenarios von diesem Wachstum überdurchschnittlich profitiert, ergibt sich für NRW eine stärkere Verschiebung hin zu Fahrzeugen mit Elektroantrieben.

**Verteilung der Beschäftigten:** Aus den Primärerhebungen für NRW ist die Verteilung der Beschäftigten der Automobilwirtschaft im Jahr 2020 auf die Bereiche traditionelle Antriebe (36.668 Erwerbstätige), Elektroantriebe (9.684 Erwerbstätige) und Sonstige Bereiche (111.671 Erwerbstätige) bekannt. Daraus ergeben sich insgesamt 158.023 Arbeitsplätze. Der „Sonstige Bereich“ muss jetzt in die Tätigkeiten Fertigung und Komponentenherstellung aufgeteilt werden. Hier orientiert sich die Studie an der BCG-Veröffentlichung und unterstellt, dass 20 Prozent des Arbeitsinputs auf die Fertigung und 80 Prozent auf die Herstellung von Komponenten entfällt.

**Entwicklung der spezifischen Arbeitsinputs:** Im Startjahr 2020 werden die ermittelten Beschäftigten in NRW berücksichtigt. Im Bereich der Elektromobilität ist der notwendige Arbeitsinput ein Prozent niedriger als bei der Herstellung traditioneller Fahrzeuge. Für die Jahre bis 2025 wird die oben beschriebene Entwicklung aus der Fraunhofer-Studie (Bauer et. al, 2020) verwendet. Die Verhältnisse werden bis 2040 fortgeschrieben.

**Entwicklung der Produktivität:** Die Unternehmen innerhalb der Automobilwirtschaft sind hoch produktiv und realisieren traditionell ein überdurchschnittliches Produktivitätswachstum. Das ist notwendig zur Bewahrung der Wettbewerbsfähigkeit und der Sicherung der hohen Einkommen in dieser Branche. Die Produktivitätsentwicklung ist aber gleichzeitig eine Schlüsselgröße bei der Abschätzung der Beschäftigungseffekte des Transformationsprozesses. In der nachstehenden Modellrechnung werden zwei Varianten dargestellt. Zunächst wird von Produktivitätseffekten abstrahiert, um die spezifischen Effekte der Transformation darstellen zu können. Danach wird eine Produktivitätsentwicklung angenommen, die sich an dem Produktivitätswachstum der Automobilwirtschaft in dem Fünfjahreszeitraum von 2010 bis 2019 orientiert. Die Produktivität wird als nominale Bruttowertschöpfung je Beschäftigten definiert. Die Datengrundlage liefert die bundesweite Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung<sup>33</sup>. In diesem Zeitraum betrug das Produktivitätswachstum rund 2,9 Prozent pro Jahr. Diese

---

<sup>31</sup> Bei der Ermittlung der Beschäftigungseffekte werden zur Vereinfachung nur zwei Referenzfahrzeuge verwendet – und zwar Fahrzeuge mit oder ohne Verbrennerantrieb.

<sup>32</sup> Rechnerisch wird unterstellt, dass 2025 bis 2040 in NRW das produzierte Fahrzeugmix dem des Weltmarktes entspricht.

<sup>33</sup> Für jede Branche der Automobilwirtschaft in NRW wird das Wachstum der Bruttowertschöpfung je Mitarbeiter im Zeitraum 2014 bis 2019 berechnet. Danach wird ein gewogener Durchschnitt gemäß der Wertschöpfungsanteile an der Automobilwirtschaft in NRW gebildet. Für diese Gewichte wurden die ermittelten NRW-Daten verwendet. In einzelnen Branchen sind Schätzung für das Jahr 2019 notwendig.

Wachstumsrate wird für die Herstellung von Elektrofahrzeugen bis 2040 fortgeschrieben. Bei Fahrzeugen mit traditionellen Antrieben wird die Wachstumsrate halbiert, weil die Budgets für Forschung und Entwicklung in diesem Bereich sinken.

Diese ausführliche Darstellung der Datengrundlagen und der Annahmen ist notwendig, um zu verdeutlichen, wie schwierig Aussagen über mögliche zukünftige Beschäftigungsentwicklungen sind. Relativ einfach ist die Benennung der Effekte und eine Abschätzung der Wirkungsrichtung. Viel schwieriger hingegen ist eine Quantifizierung, die sehr stark von den Annahmen abhängt. Die nachfolgende Darstellung der Beschäftigungseffekte versteht sich deshalb mehr als eine Dimensionierung als eine exakte Quantifizierung.

Die Tabelle 7-9 zeigt die Ergebnisse für vier Fälle:

- ▶ In den ersten beiden Fällen wird vom Produktivitätswachstum abstrahiert. Sie unterscheiden sich durch das Marktwachstum in NRW, das im Basisszenario (Fall 1) niedriger ist als im Potenzialszenario (Fall 2).
- ▶ In den Fällen drei und vier wird eine Zunahme der Produktivität im Bereich der Elektromobilität von 2,9 Prozent pro Jahr und bei Fahrzeugen mit traditionellen Antrieben von 1,4 Prozent pro Jahr unterstellt.

Daraus ergeben sich folgende Beschäftigungsentwicklungen:

- ▶ Im Fall 1 (Basisszenario und kein Produktivitätswachstum) liegt die Beschäftigung im Jahr 2040 um 17 Prozent über dem Niveau von 2020.
- ▶ Im Fall 2 (Potenzialszenario und kein Produktivitätswachstum) ist sogar mit einer Beschäftigungszunahme von 42 Prozent zu rechnen. Die Mengeneffekte des höheren Marktwachstums übersteigen deutlich die spezifischen Einsparungen je Fahrzeug bei Elektrofahrzeugen.
- ▶ Im Fall 3 (Basisszenario und Anstieg der Produktivität um 2,9 Prozent resp. 1,4 Prozent pro Jahr) ist mit Beschäftigungsverlusten von 26 Prozent zu rechnen.
- ▶ Im Fall 4 (Potenzialszenario und Anstieg der Produktivität um 2,9 Prozent resp. 1,4 Prozent pro Jahr) ist mit einem Beschäftigungsrückgang 2040 gegenüber 2020 von 16 Prozent zu rechnen. Das ist weniger als im Fall 3 und illustriert, wie entscheidend die Marktentwicklung für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte ist.

**Tabelle 7-9: Beschäftigungseffekte der Transformation**

Dimension der Effekte für vier Fälle auf Grundlage des globalen Trendszenarios

	2020	2040	2040	2040	2040
	Start	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Marktszenario		Basis-szenario	Potenzial-Szenario	Basis-szenario	Potenzial-Szenario
Wachstum der Produktivität im Bereich der Elektrofahrzeuge		0% p.a.	0% p.a.	2,9% p.a.	2,9% p.a.
Wachstum der Produktivität im Bereich der Verbrenner		0% p.a.	0% p.a.	1,4% p.a.	1,4% p.a.
<b>Beschäftigte in der Automobilwirtschaft NRW in Tsd.</b>					
<b>Antriebe</b>	46,4	41,5	46,3	27,2	28,9
Klassischer Antrieb	36,7	14,9	7,2	11,2	5,4
Elektroantrieb	9,7	26,6	39,1	16,0	23,5
<b>Sonstige</b>	111,7	144,1	176,2	90,2	104,5
Fertigung, klassisch	17,7	7,2	3,5	5,4	2,6
Fertigung, Elektro	4,7	21,2	31,1	11,0	16,2
Komponenten	89,3	115,7	141,7	73,9	85,7
<b>Gesamt</b>	<b>158,0</b>	<b>185,6</b>	<b>222,5</b>	<b>117,4</b>	<b>133,4</b>
Veränderung gegenüber 2020 in Prozent		17	41	-26	-16

Quelle: Bauer et al. (2020), BCG (2020), Statistisches Bundesamt (2020), eigene Berechnungen

Insgesamt sind die Szenarien mit Berücksichtigung des Produktivitätswachstums realistischer. Eine Zunahme von 2,9 Prozent kann als konservative Schätzung am unteren Rand aufgefasst werden. Je stärker das Produktivitätswachstum ausfällt, desto schärfer wird der Beschäftigungsrückgang ausfallen (und gleichzeitig der Spielraum für höhere Löhne). Vom Produktivitätswachstum hängen die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und die Attraktivität der Branche als Einkommensquelle davon ab. Entscheidend wird deshalb sein, ein möglichst hohes Marktwachstum zu erzielen und die Chancen im Potenzialszenario zu nutzen, um so die Produktivitätseffekte wie auch in der Vergangenheit zu kompensieren.

Für den Autostandort NRW ist es vor dem Hintergrund möglicher Beschäftigungsverluste im Produktionsbereich wichtig, die aufwachsenden Dienstleistungspotenziale zur Kompensation zu nutzen. Die neuen Dienstleistungsmärkte würden mit einem Marktpotenzial von knapp 15 Milliarden Euro 2040 in NRW die negativen Beschäftigungseffekte deutlich überkompensieren (s. Kapitel 3.4).

### 7.3 Effekte alternativer globaler Szenarien

In dem Kapitel werden die Effekte der drei globalen alternativen Szenarien auf NRW und seine Regionen dargestellt. Die Szenarien sind in Kapitel 4.3 ausführlich beschrieben. Die Tabelle 4-17 in Kapitel 4.4 zeigt die zentralen Ergebnisse auf der globalen Ebene.

Die Analyse kann knapp gehalten und auf die wesentlichen Ergebnisse verdichtet werden. Für jedes alternative Szenario und jede Region in NRW wird die Entwicklung der Marktvolumina unter den Annahmen

- ▶ NRW wächst in jedem der fünf Hauptsysteme bis 2040 mit dem Markt (Potenzialszenario) und
- ▶ NRW wächst insgesamt bis 2040 mit dem globalen Markt (Basisszenario)<sup>34</sup>

berechnet.

Durch den Vergleich dieser beiden Verläufe kann wiederum der oben beschriebene Struktureffekt berechnet werden.

#### NRW im Basisszenario

Als Referenzmaßstab zur Beurteilung der alternativen Szenarien dient das Basisszenario. Die Tabelle 7-10 fasst die bereits bekannten Ergebnisse nochmals zusammen. Abgetragen sind dort die Wachstumsindizes der kumulierten Marktvolumina des Landes und der sechs Region von 2020 bis 2040 in Fünfjahresschritten. Zusätzlich ist der Struktureffekt aufgeführt, der im Landesdurchschnitt 14,6 Prozent beträgt.

**Tabelle 7-10: NRW und seine Regionen im Basisszenario**

Wachstumsindex (2020 = 100)

	2020	2025	2030	2035	2040	Struktur- effekt
Berg. Städtedreieck	100	160,0	204,3	239,4	266,9	36,1
Münsterland	100	152,3	187,9	209,0	223,5	22,8
Ostwestfalen Lippe	100	153,4	190,7	217,2	237,8	26,2
Rheinland	100	144,7	171,8	192,8	209,8	14,9
Südwestfalen	100	141,3	165,1	182,7	197,6	10,3
Ruhrgebiet	100	128,9	139,5	149,0	159,7	-5,3
<b>NRW wächst mit Weltmarktstruktur</b>	<b>100</b>	<b>144,4</b>	<b>171,4</b>	<b>192,0</b>	<b>208,9</b>	<b>14,6</b>
<b>NRW Trendszenario</b>	<b>100</b>	<b>133,6</b>	<b>148,7</b>	<b>160,1</b>	<b>171,3</b>	

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

<sup>34</sup> Um das Ausmaß des Struktureffekts über die verschiedenen globalen Szenarien hinweg zu vergleichen, wird als Basisszenario jeweils die Auswirkung des globalen Trendszenarios verwendet.



### NRW im progressiven globalen Szenario

Die wesentliche Annahme im progressiven Szenario ist ein schnellerer Wandel hin zu elektrischen Antrieben. Das progressive Szenario ist für NRW insgesamt günstiger als das Trendszenario. Das kumulierte Wachstum ist mit 89 Prozent höher als im Trendszenario (84 Prozent). Der Struktureffekt ist mit 26 Prozent deutlich höher. NRW würde von einem beschleunigten Wandel hin zur Elektromobilität profitieren, wenn die strukturbedingten Startvorteile verteidigt werden können und das Land in jedem der fünf Systeme wie der Weltmarkt wächst. Dieses Ergebnis gilt mit Ausnahme des Ruhrgebietes auch für alle anderen fünf Regionen. Der Struktureffekt ist im Bergischen Städtedreieck und in Ostwestfalen-Lippe besonders hoch. Dort machen sich die Anteile bei Elektroantrieben kombiniert mit niedrigen Anteilen bei den klassischen Antrieben positiv bemerkbar. Die Position des Ruhrgebiets ist deshalb noch schwächer als im Trendszenario, weil sich im progressiven Szenario der niedrige Anteil bei den Antrieben mit Elektrokomponenten (nur 1,1 Prozent; NRW 5,7 Prozent) besonders negativ auswirkt.

**Tabelle 7-11: NRW und seine Regionen im progressiven Szenario**

Wachstumsindex der kumulierten Marktvolumen (2020 = 100)

	2020	2025	2030	2035	2040	Struktur- effekt	Trend- szenario 2040
Berg. Städtedreieck	100	221,5	246,0	266,4	280,8	59,0	266,9
Münsterland	100	197,0	216,2	226,0	231,4	38,5	223,5
Ostwestfalen Lippe	100	202,6	223,2	237,8	247,9	44,1	237,8
Rheinland	100	178,6	193,4	205,8	215,9	26,8	209,8
Südwestfalen	100	167,2	181,2	192,2	201,8	19,3	197,6
Ruhrgebiet	100	128,5	137,6	146,8	157,8	-6,2	159,7
<b>Potenzialszenario</b>							
<b>NRW</b>	<b>100</b>	<b>176,7</b>	<b>192,0</b>	<b>204,5</b>	<b>214,8</b>	<b>26,0</b>	<b>208,9</b>
<b>Basisszenario NRW</b>	<b>100</b>	<b>133,6</b>	<b>148,7</b>	<b>160,1</b>	<b>171,3</b>		

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

### NRW im globalen E-Fuels-Szenario

Das E-Fuels-Szenario, bei dem durch neue synthetische Kraftstoffe der Wandel weg vom Verbrennungsmotor weniger scharf ausfällt, ist für NRW nicht günstig. Die kumulierten Marktvolumen wachsen bis 2040 nur um 71 Prozent. Im Basisszenario sind es 84 Prozent. Der Struktureffekt schrumpft auf 8,6 Prozent. Alle Regionen – bis auf Ruhrgebiet – verlieren gegenüber dem Trendszenario. Das Ruhrgebiet hat zwar immer noch einen negativen Struktureffekt, der aber größer als im Trendszenario ist. In diesem Szenario wirken die unterdurchschnittlichen Umsatzanteile bei der Elektromobilität weniger belastend als in den anderen Szenarien, weil im E-Fuels-Szenario der Ausbau der Fahrzeuge mit Elektroantrieb weniger stark voranschreitet.

**Tabelle 7-12: NRW und seine Regionen im E-Fuels-Szenario**

Wachstumsindex der kumulierten Marktvolumen (2020 = 100)

	2020	2025	2030	2035	2040	Struktur- effekt	Trend- szenario 2040
Berg. Städtedreieck	100	160,0	180,1	209,5	233,1	23,9	266,9
Münsterland	100	152,3	170,6	189,0	203,3	14,7	223,5
Ostwestfalen Lippe	100	153,4	171,4	194,0	212,5	16,7	237,8
Rheinland	100	144,6	158,6	177,5	194,2	8,6	209,8
Südwestfalen	100	141,2	155,0	171,3	186,5	5,7	197,6
Ruhrgebiet	100	128,9	139,9	150,6	163,3	-4,6	159,7
<b>Potenzialszenario</b>							
<b>NRW</b>	<b>100</b>	<b>144,4</b>	<b>158,9</b>	<b>177,4</b>	<b>194,0</b>	<b>8,6</b>	<b>208,9</b>
<b>Basisszenario NRW</b>	<b>100</b>	<b>133,6</b>	<b>148,7</b>	<b>160,1</b>	<b>171,3</b>		

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

### NRW im Sharing-Szenario

Im Sharing-Szenario werden weltweit weniger Fahrzeuge gebaut (84,7 Millionen im Jahr 2040 gegenüber 96,0 Millionen Einheiten im Trendszenario). Dadurch sinken weltweit die Marktvolumen. Die etwas höheren Automatisierungsgrade der Fahrzeuge können dies nicht ausgleichen. Diese Effekte zeigen sich auch in NRW. Die Marktvolumen wachsen nur um 59 Prozent und damit deutlich weniger als im Trendszenario (84 Prozent). Der Struktureffekt bleibt mit 7,7 Prozent positiv, ist aber deutlich kleiner als im Trendszenario.<sup>35</sup> Alle Regionen verlieren in diesem Szenario. Besonders stark ist der Rückgang im Ruhrgebiet ausgeprägt. Durch den hohen Anteil der Marktvolumen im Bereich Sonstige Systeme (78 Prozent; NRW 70 Prozent) ist diese Region stärker als andere auf hohe Stückzahlen angewiesen. Genau an dieser Stelle wirkt das Sharing-Szenario mit geringeren Produktionszahlen besonders negativ für das Ruhrgebiet.

<sup>35</sup> Der Struktureffekt von 7,7 Prozent berechnet sich aus dem Vergleich des Potenzialszenarios NRW im globalen Sharing-Szenario mit dem Basisszenario NRW im globalen Trendszenario. Wird zur Berechnung des Struktureffekts das Basisszenario NRW im globalen Sharing-Szenario verwendet, erhöht sich der Struktureffekt auf 14,2 Prozent. Die geringeren Produktionszahlen im globalen Sharing-Szenario führen in diesem Basisszenario zu einem geringeren Marktvolumen für NRW als im globalen Trend-Szenario. Das Basisszenario NRW im progressiven globalen Szenario sowie im globalen E-Fuels-Szenario ist im Vergleich zum Basisszenario NRW im globalen Trendszenario nur marginal abweichend. Die Auswirkungen sind daher vernachlässigbar klein und werden dort nicht separat ausgewiesen.

**Tabelle 7-13: NRW und seine Regionen im Sharing-Szenario**

Wachstumsindex der kumulierten Marktvolumen (2020 = 100)

	2020	2025	2030	2035	2040	Struktur- effekt	Trend- szenario 2040
Berg. Städtedreieck	100	157,7	194,1	219,1	235,6	27,6	266,9
Münsterland	100	150,1	178,5	191,3	197,4	15,4	223,5
Ostwestfalen Lippe	100	151,1	181,1	198,9	210,0	18,5	237,8
Rheinland	100	142,5	163,2	176,4	185,2	8,0	209,8
Südwestfalen	100	139,2	156,8	167,3	174,6	3,8	197,6
Ruhrgebiet	100	127,0	132,6	136,6	141,4	-10,6	159,7
<b>Potenzialszenario</b>							
<b>NRW</b>	<b>100</b>	<b>142,3</b>	<b>162,8</b>	<b>175,8</b>	<b>184,6</b>	<b>7,7</b>	<b>208,9</b>
<b>Basisszenario NRW</b>	<b>100</b>	<b>133,6</b>	<b>148,7</b>	<b>160,1</b>	<b>171,3</b>		

Quelle: Fraunhofer IAO (2020), IW Consult (2020)

## 7.4 Vergleich und Bewertung der Szenarien

Die Zukunftsszenarien der Automobilwirtschaft in NRW werden in eine globale Entwicklung eingebunden und sind dementsprechend davon abhängig. Das globale Trendszenario geht bis 2040 insgesamt nur von einem moderaten Wachstum der weltweiten Produktion von Leichtfahrzeugen aus. Im Jahr 2020 wurden weltweit rund 74,3 Millionen Fahrzeuge gebaut. Das sind gut 13 Millionen weniger als noch 2019 – dem Jahr vor der Coronakrise. Verglichen zum Jahr 2017 – dem bisherigen Rekordjahr bei der globalen Fahrzeugproduktion – ist sogar ein Rückgang von fast 19 Millionen Einheiten zu verzeichnen. Das weltweite Trendszenario geht davon aus, dass der Corona-Dip bis 2025 aufgeholt und das Niveau von 2019 mit 89,5 Milliarden leicht übertroffen wird. Das bedeutet für den Zeitraum von 2020 bis 2025 einen Zuwachs an Fahrzeugen von 3,8 Prozent pro Jahr. Bis zum Jahr 2040 ist in dem vorliegenden Trendszenario aber nur noch mit einem sehr moderaten Wachstum von 0,5 Prozent pro Jahr zu rechnen. Im Jahr 2040 sollen demnach rund 96 Millionen Fahrzeuge produziert werden. Die Marktvolumina sollen in den nächsten 20 Jahren um rund 71 Prozent steigen, d. h. pro Jahr um 2,7 Prozent zunehmen. Das ist insgesamt ein moderates Wachstum.

In diesen Rahmen sind die Szenarien für Nordrhein-Westfalen eingebettet. Zwei mögliche Entwicklung werden beschrieben:

- ▶ **NRW-Basisszenario:** Hier verteidigt NRW seine heutigen Marktanteile. Die Automobilwirtschaft in NRW wächst insgesamt mit dem Weltmarkt. Das bedeutet eine Zunahme des Marktvolumens von 46,9 Milliarden Euro (2020) auf 80,3 Milliarden Euro. Das entspricht wie im weltweiten Szenario einer Zunahme von 71 Prozent über zwanzig Jahre. Die Struktur der Fahrzeuge mit Blick auf Antriebe, Automatisierungs- und Vernetzungsgrade entspricht der Weltmarktstruktur. Der Anteil der rein-elektrisch angetriebenen Fahrzeuge (ohne Hybrid) wird von 2 Prozent heute auf rund zwei Drittel im Jahr 2040 ansteigen.
- ▶ **NRW-Potenzial-Szenario:** Hier nutzt NRW seinen Startvorteil, den das Land durch überdurchschnittliche Marktanteile in den besonders stark wachsenden Feldern der Elektromobilität hat. Das Marktvolumen bis 2040 auf knapp 98 Milliarden Euro anwachsen. Das bedeutet in etwa eine

Verdopplung gegenüber 2020 und damit einhergehend für NRW nicht nur steigende Marktanteile, sondern ein noch stärkerer Wandel hin zur Elektromobilität.

Dieses Potenzial-Szenario reflektiert den Startvorteil, den die Automobilwirtschaft in NRW durch seine heutige Konzentration auf wachstumsstarke Felder hat. Kumuliert über den Zeitraum von 2020 bis 2040 sind die Produktionswerte um 14,6 Prozent höher als im Basisszenario. Dieser Strukturvorteil ist mit Ausnahme des Ruhrgebietes in allen anderen fünf untersuchten Teilregionen festzustellen. Nordrhein-Westfalen ist derzeit also flächendeckend gut aufgestellt.

Das Potenzial-Szenario beschreibt lediglich einen Chancenraum, der nur genutzt werden kann, wenn die entsprechenden Rahmenbedingungen stimmen. Besonders hinzuweisen ist auf zwei Szenarien, die diesen Chancenraum einschränken können:

- ▶ **Auslandsproduktion:** In den letzten Jahren ist der Auslandsproduktionsanteil der deutschen Industrie angewachsen. Setzt sich dieser Trend fort, ist mit einem Rückgang der Produktionswerte der Herstellung von Automobilkomponenten in NRW zu rechnen. Die Wachstumserwartungen aus dem Potenzial-Szenario würden dann nicht vollständig ausgeschöpft werden können. Bei einer Fortschreibung der Auslandsproduktion aus dem Zeitraum 2012 bis 2018 würde das Marktvolumen im Jahr 2040 um 7,5 Prozent unterhalb des Niveaus ohne verstärkte Auslandsproduktion liegen. Bei einer Verdopplung der Auslandsproduktionsquote müsste ein Rückgang des Produktionswertes in NRW um 25 Prozent befürchtet werden. Anstatt 98 Milliarden Euro könnte dann im Jahr 2040 nur noch mit einem Marktvolumen von knapp 74 Milliarden Euro gerechnet werden. Nach heutigem Ermessen ist davon auszugehen, dass der Auslandsproduktionsanteil weiter steigen wird und deshalb nicht das gesamte zusätzliche Wachstum aus dem Potenzial-Szenario realisiert werden kann. Gegengesteuert werden kann mit Qualitätsverbesserungen bei den Standortbedingungen in Nordrhein-Westfalen und mit einer gezielten Exportstrategie. Besonders zu beachten ist, dass bei einer Verlagerung der Produktion ins Ausland nicht die bisherigen Wertschöpfungsketten zerstört werden. Die Automobilwirtschaft in NRW ist überdurchschnittlich stark von mittelständischen Zuliefererunternehmen aus dem industriellen Bereich geprägt. Diese Zulieferer brauchen eine Zukunftsoption. Sie müssen entweder die Unternehmen, die stärker ins Ausland gehen, mit der Zulieferung von Komponenten aus NRW heraus begleiten oder selbst stärker mit Produktion ins Ausland gehen, um insgesamt ihre Wettbewerbsposition zu stärken.
- ▶ **Beschäftigungseffekte:** Das Beschäftigungs-Szenario hat gezeigt, dass der zukünftige Bedarf an Arbeitskräften in der Automobilwirtschaft in NRW an drei Faktoren hängt: Am Niveau der Produktion in NRW, an den spezifischen arbeitssparenden Effekten bei dem Wandel hin zur Elektromobilität und (sehr maßgeblich) an der Entwicklung der Produktivität. Wenn NRW – wie im Basisszenario modelliert – seine Marktanteile hält und die Produktivität bis 2040 in etwa wie im Durchschnitt der letzten fünf Jahre wächst, ist mit einem Rückgang 2040 im Vergleich zu 2020 um 12 Prozent oder knapp 20.000 Beschäftigten zu rechnen. Bei einem Produktivitätswachstum, wie es im Durchschnitt der letzten zehn Jahre zu beobachten war, ist mit einem Rückgang von 25.000 Arbeitsplätzen zu rechnen.

Die bisherigen Ableitungen stützen sich auf das weltweite Trendszenario. Die alternativen Szenarien ändern die Bewertungen nicht grundlegend. Zwei Ergebnisse sind besonders wichtig:

- ▶ Das **progressive Szenario** mit einem beschleunigten weltweiten Trend hin zur Elektromobilität eröffnet eine leicht bessere Wachstumsperspektive für NRW. Wichtiger ist aber, dass die Strukturvorteile für NRW in diesem Szenario noch ausgeprägter sind.

- ▶ Von dem **E-Fuels-Szenario** würde mit Ausnahme des Ruhrgebietes NRW nicht profitieren. Die heutigen Strukturvorteile könnten weniger stark ausgespielt werden. Abseits fehlender Wirtschaftlichkeit gibt es ein zusätzliches Hindernis. Die Unternehmen werden sich mit Investitionen in Verbrennertechnologien zurückhalten. Hier ist deshalb mit eher geringen Innovationsschüben oder technologischem Fortschritt zu rechnen. Die Bereitstellung technologisch ausgereifter und wirtschaftlicher E-Fuels könnte zu spät kommen.
- ▶ Das **Sharing-Szenario** ist ungünstig für die Branche in NRW, weil die Anzahl der benötigten Fahrzeuge niedriger als in anderen Szenarien sein werden. Im Jahr 2040 sollen danach weltweit rund 11 Millionen Fahrzeuge weniger als im Trendszenario produziert werden. Das kostet NRW unmittelbar Marktvolumen und Beschäftigung. Negativ betroffen wäre insbesondere das Ruhrgebiet und Südwestfalen. Insgesamt hätte NRW aber in diesem Szenario nach wie vor einen positiven Struktureffekt.

Insbesondere folgen aus den Szenarien drei Ableitungen:

- ▶ Entscheidend ist die Stabilisierung der weltweiten Marktanteile. Das setzt international wettbewerbsfähige Standortbedingungen voraus. Die Zukunft wird von elektrischen Antrieben bestimmt werden. NRW sollte ein attraktives Umfeld für technologieoffene Entwicklungs- und Fördertechnologien schaffen. Gleichzeitig müssen neue Modelle der Mobilität entwickelt und der Standort NRW für die Autoindustrie wettbewerbsfähig gehalten werden.
- ▶ Eine besondere Aufgabe liegt in der Entwicklung der Infrastruktur. Hier ist eine Doppelaufgabe zu lösen. Im PKW-Bereich muss eine Ladesäuleninfrastruktur und im Nutzfahrzeugbereich eine Wasserstoffversorgungsinfrastruktur aufgebaut werden.

Von entscheidender Bedeutung für NRW wird es sein, dass die Chancen in den nachgelagerten Dienstleistungen genutzt werden, um dort die Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzpotenziale zu sichern, die im Produktionsbereich durch den technologischen Wandel oder Produktivitätseffekte wegfallen oder weniger stark als in der Vergangenheit wachsen könnten.

## 8 Drei Handlungspfade für die Automobilwirtschaft der Zukunft in NRW

NRW hat die Aufgabe, die kommenden Veränderungen bestmöglich zu gestalten. Drei Pfade sind hierfür von besonderer Bedeutung:

- ▶ **Neue Antriebe entwickeln:** Zwar hat nach aktuellem Stand der Technik die Batterieelektrik (bei Pkws) im Saldo die besten Eigenschaften für die Transformation zu einer dekarbonisierten Welt. Gleichwohl hat auch die Brennstoffzelle wichtige Eigenschaften, die zu einem vermehrten Einsatz insbesondere bei Lkws führen werden. Technologiesprünge und Änderungen in der Regulatorik könnten synthetische Kraftstoffe als weiteren Energieträger wettbewerbsfähig werden lassen. Insgesamt erscheint es als wahrscheinlich, dass 2040 ein Technologiemix mit unterschiedlichen Energiequellen besteht. Um die Chancen bei allen neuen Energieträgern ausloten zu können, sollte eine Technologieoffenheit bei den weiteren Entwicklungen bewahrt werden. So könnten neue Unternehmen und Forschungsk Kooperationen in diesen Feldern angezogen werden.
- ▶ **Neue Mobilität gestalten:** Digitale Services und Geschäftsmodelle werden in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen. Das elektrifizierte und autonome Fahren und die Entwicklung zu Smart Cities entfalten Märkte mit hohen Umsatzpotenzialen. NRW kann dadurch profitieren, indem der Aufbau eines regionalen Ökosystems für neue Mobilitäts-Dienstleistungen, bestehend aus Forschung, Startups und etablierten Unternehmen, forciert wird.
- ▶ **Bewährtes sichern:** NRW hat Stärken in der Entwicklung und dem Bau von Komponenten, die nicht direkt von der automobilen Transformation betroffen sind wie bspw. Interieur, Exterieur, Karosserie, Fahrwerk oder Licht. Diese Unternehmen müssen unter Berücksichtigung ihrer besonderen Strukturen gestärkt werden. Unternehmen, die aktuell im Bereich des traditionellen Verbrenners arbeiten, sollten in der Transformation unterstützt werden, sich auf andere Komponenten im Auto oder auf andere Märkte im Rahmen ihrer Kernkompetenzen zu fokussieren.

Wenn die einzelnen Landesteile in NRW ihre spezifischen Stärken einsetzen, indem bei der Gestaltung der automobilen Transformation arbeitsteilige Pfade eingeschlagen werden, ließen sich regionale Innovationssysteme mit Unternehmen und Startups verwandter Branchen kreieren, die zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Automobilwirtschaft in NRW maßgeblich beitragen. Für eine Arrondierung dieser Gestaltung werden im Folgenden drei Handlungspfade für NRW entwickelt, die Leitlinien für eine erfolgreiche Weiterentwicklung der Automobilwirtschaft beinhaltet.

Damit diese Pfade von Erfolg gekrönt sind, müssen auch die Rahmenbedingungen in NRW verbessert werden. Die Stärken in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Ausbildung müssen den automobilen Wandel in NRW erstens befruchten und zweitens auch in Zukunft eine internationale Vorreiterrolle spielen können, um NRW als attraktives Land für die Automobilwirtschaft zu festigen.

Die folgenden Empfehlungen speisen sich aus den vorgestellten empirischen Ergebnissen und 22 Experteninterviews mit Automobilunternehmen (18 Interviews) und relevanten Forschungsinstituten (4 Interviews), die im Sommer 2020 geführt wurden.<sup>36</sup> Zudem fließen auch die Workshop-Ergebnisse ein, die mit rund 40 Experten aus NRW im November 2020 online durchgeführt wurden.

### Abbildung 8-1: Drei Handlungspfade

Handlungsempfehlungen



Quelle: IW Consult

## 8.1 Bei Antrieben der Zukunft Technologieoffenheit bewahren

Drei Antriebstechnologien werden in Zukunft unterschiedliche, aber grundsätzlich positive Marktpotenziale eingeräumt. Einen besonderen Fokus erhalten batterieelektrische Antriebe. Im Jahr 2020 wurden aufgrund der Förderung dieser Antriebstechnologie ein beachtenswerter Anteil an Elektromobilen gerade in Deutschland neu zugelassen. Im Jahr 2020 wurden knapp 200.000 batterieelektrische und gut 200.000 plug-in-hybride Pkws verkauft. Beide Antriebe kamen damit zusammen auf einen Anteil von 13,6 Prozent an allen Neuzulassungen im Jahr 2020 (2019: 3,1 Prozent; KBA, 2021). Im Vergleich zu 2019 stiegen die Neuzulassungen bei den batterieelektrischen Pkw um über 200 Prozent, bei den Plug-in-Hybriden sogar um knapp 350 Prozent.

Im Vergleich dazu benötigen die Brennstoffzellentechnologie und vor allem synthetische Kraftstoffe noch weitere anwendungsorientierte Entwicklung und großskalige Testbeds, um wettbewerbsfähig zu werden. Während es bei der Brennstoffzellentechnologie vor allem um die Ausnutzung von Skaleneffekten, den Infrastrukturbau und den Einsatz von möglichst günstigem, langfristig grünem Strom geht, ist der Wirkungsgrad bei synthetischen Kraftstoffen aktuell am geringsten ausgeprägt aufgrund der Notwendigkeit zweier Umwandlungen. Der Wirkungsgrad batterieelektrischer Pkw liegt von der

<sup>36</sup> Wir danken den Teilnehmern der Experteninterviews und der Workshops mit Automotiveland.NRW herzlich für ihr Engagement.

Stromentnahme aus dem Netz bis zur Umsetzung in Fahrleistung bei rund 70 Prozent. Pkw mit Brennstoffzellen haben einen Gesamtwirkungsgrad von rund 34 Prozent. Der Wirkungsgrad eines verbrennungsmotorischen Pkw mit synthetischem Kraftstoff liegt durch weitere Energieverluste bei der Kraftstoffsynthese, Verflüssigung und deutlich weniger effiziente Verbrennung bei aktuell unter 11 Prozent (Wuppertal Institut, 2019).

Dennoch bestehen auch wichtige Vorteile bei den beiden letzteren Energieträgern im Vergleich zur Batterieelektrik, insbesondere mit Blick auf die Reichweite, die Lade- bzw. Tankgeschwindigkeit, das Fahrzeuggewicht oder die Nutzung bestehender Technologien und Infrastrukturen (Verbrennungsmotoren und Tankstellen). Die Globalszenarien zeigen, dass Wasserstoff insbesondere im Schwerlastverkehr eine wichtige Rolle zukommen wird. Dies wiederum könnte positive Rückwirkungen auf den privaten Individualverkehr haben.

Auch die Expertenkommission für Forschung und Innovation (EFI, 2021) empfiehlt Technologieoffenheit bei der Entwicklung neuer Antriebe. Insbesondere der Wasserstofftechnologie werden hier große Potenziale eingeräumt, bspw. auch mit Blick auf die Erarbeitung komparativer Vorteile im internationalen Wettbewerb. Vor diesem Hintergrund sollten im Rahmen des ersten Entwicklungspfades zwei Wege beschritten werden, auf denen alle drei neuen Energieträger und die dafür relevanten Antriebe (mit unterschiedlicher Intensität) vorangetrieben werden:

- ▶ **Erster Pfad:** Die Chancen der Elektromobilität sollten weiter entfaltet werden über Batterieelektrik und Brennstoffzelle. Der Batterieelektrik werden aktuell die größten Marktchancen eingeräumt. NRW ist hier sowohl in der Forschung als auch in der Produktion gut positioniert. Die vorliegende Studie zeigt, dass eine Vielzahl von Forschungsinstituten an der Weiterentwicklung der Batterietechnologie arbeiten und dass einige große reine Hersteller von Elektromobilität in NRW ansässig sind. Zudem drängen etablierte Automobilzulieferer und OEMs in den Markt der Elektromobilität. Es entstehen neue Allianzen wie bspw. zwischen Magna und LG Electronics, die gemeinsam Komponenten für Elektro-Autos produzieren werden.

Wichtiger wird in Zukunft die Brennstoffzellentechnologie, die aktuell noch keine breite Marktreife erlangt hat. Nicht erst die Nationale Wasserstoffstrategie hat indes gezeigt, dass der Brennstoffzelle eine Schlüsselrolle bei den Antrieben der Zukunft eingeräumt wird. NRW hat daran anschließend im November 2020 eine Landes-Wasserstoffstrategie verabschiedet. Die Voraussetzungen für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien sind in NRW sehr gut. Alle Elemente eines erfolgreichen Ökosystems sind schon jetzt in NRW vorhanden. Die Positionierung beim Thema Wasserstoff ist auch deshalb wichtig, weil dieser Energieträger bei allen wärmeführenden Prozessen in der Industrie eingesetzt werden kann. Nicht nur der Mobilitätssektor, sondern auch für NRW wichtige Branchen wie die Stahlherstellung oder die Chemie können so profitieren.

- ▶ **Zweiter Pfad:** Als dritter neuer Energieträger könnte synthetischer Kraftstoff in erheblichem Maße dazu beitragen, die Wettbewerbsvorteile von Automobilzulieferern in NRW zu sichern, die Komponenten des traditionellen Antriebsstrangs herstellen. Aktuell haben synthetische Kraftstoffe allerdings einen Wirkungsgrad, der deutlich schlechter ausfällt als bei der direkten Nutzung von Strom. Gegenzurechnen sind gleichwohl Ladeverluste bei der Batterietechnik, die oftmals außen vor bleiben beim Vergleich der unterschiedlichen Antriebsarten. Ladeverluste summieren sich je



nach Fahrzeug auf 10-20 Prozent.<sup>37</sup> Dennoch muss ein Technologiesprung geschehen, um synthetischen Kraftstoffen zur Wettbewerbsfähigkeit zu verhelfen. Neben synthetischen Kraftstoffen könnte auch eine direkte Nutzung von Wasserstoff für Verbrennungsmotoren in Frage kommen.

Auf beiden Wegen können die Stärken NRWs entfaltet werden: Forschung, Entwicklung, Innovation, Testlabore, Pilotierungen und Nullserienbau sind für alle drei neuen Antriebsarten in unterschiedlicher Ausprägung in erheblichem Maße notwendig.

Um die Potenziale möglichst umfassend zu heben, sollten die beiden Wege an Bestehendes angedockt werden, um regionale Stärken zu nutzen:

- ▶ Batterie-Elektromobilität im Münsterland mit enger Kooperation zur Region Aachen. Elektromobilität ist schon heute stark im Münsterland und der Region Aachen vertreten. Im Münsterland wird zu bestehendem Know-how beispielsweise an der Münsteraner Forschungseinrichtung MEET (Münster Electrochemical Energy Technology) die Forschungsfertigung Batteriezelle entstehen, in der ein Produktionsprozess entwickelt werden soll, der für eine Massenproduktion tauglich ist. An der RWTH Aachen forschen ebenfalls eine Reihe hochkarätiger Wissenschaftler im Bereich der Elektromobilität. Daneben gibt es in dieser regionalen Spange zwischen Münster und Aachen viele Unternehmen, die Kompetenzen im Bereich Elektromobilität aufgebaut haben oder diese intensivieren. Mit der 5G-Teststrecke in Aldenhoven und der Nähe zu großen Flächen in Zusammenhang mit der Aufgabe der Braunkohleförderung liegen hier große Potenziale für die Entfaltung eines Ökosystems für neue Antriebe.
- ▶ Wasserstoff im Ruhrgebiet. Die Voraussetzungen für einen Markthochlauf von Wasserstoff sind insbesondere im Ruhrgebiet hervorragend. Wasserstoffaffine Unternehmen und Startups, eine relevante Forschungslandschaft und Innovationskooperationen sowie Wasserstoffinitiativen und eine leistungsfähige Infrastruktur sorgen dafür, dass die Rahmenbedingungen für einen Markthochlauf besser als in allen anderen relevanten Metropolregionen eingeschätzt wird (IW Consult, 2020b).
- ▶ Synthetische Kraftstoffe im Rheinland. Im Rheinland sind Raffinerien, Chemieunternehmen und Forschungsinstitute ansässig, in denen Technologiesprünge im Bereich synthetische Kraftstoffe entwickelt werden könnten.

Diese Entwicklungen müssen in die Weiterentwicklung der wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen eingebettet werden. Die Analyse in Kapitel 6 hat gezeigt, dass Bayern und Baden-Württemberg hier deutlich besser abschneiden als NRW. Wenn diese Bedingungen nun konsequent auch in NRW verbessert werden, ist der Aufbau eines schlagkräftigen Ökosystems im Bereich neuer Antriebe als chancenreich zu beurteilen.

### 8.1.1 Batterieelektrische Antriebe: Räume schaffen, Synergien heben

Die Marktvolumina im Bereich der Elektromobilität werden sehr stark wachsen. Gemäß dem globalen Trendszenario werden bspw. im Bereich der Transaktionsbatterien über 150 Mrd. Euro mehr umgesetzt als im Jahr 2020. Dieser Markt eröffnet dementsprechend Chancen für NRW, zumal hier schon heute überdurchschnittlich viel Wissen in Unternehmen und Forschungsinstitutionen existiert.

---

<sup>37</sup> ADAC (2020): Stromverbrauch Elektroautos: Aktuelle Modelle im ADAC Test

Die Region Aachen und das Münsterland scheinen wie prädestiniert zu sein, um einen schlagkräftigen Verbund in Sachen Elektromobilität zu kreieren. Während in der Region Aachen neben hochkarätigen Forschungseinrichtungen und Hochschulen auch Unternehmen (bspw. Streetscooter, e.Go) ansässig sind, die spezifische Kompetenzen aufgebaut haben, ist die Region Münster vor allem aufgrund der Forschungsstärke bei den Batteriezellen bekannt – mit Aumann sitzt gleichwohl auch ein größerer Zulieferer für Elektromobilität im benachbarten Kreis Warendorf. Zusätzlich zum Bestehenden hat nun Ford angekündigt, seine Aktivitäten bei der Elektromobilität in der Region deutlich zu erhöhen, wobei schon heute weit über 400 Forscher in Aachen für Ford u. a. in diesem Bereich tätig sind. Der Standort Köln soll ein Elektro-Hub für Ford werden, in den kommenden Jahren will der Hersteller rund 29 Milliarden Dollar in Elektroautos und selbstfahrende Fahrzeuge investieren. Das ist mehr als das Doppelte der bislang geplanten Investitionen.

Vor dem Hintergrund der zu vermutenden Dominanz der Elektroantriebe ist die Weiterentwicklung dieser guten Voraussetzungen ein Schlüssel für die Generierung von Synergien und Ausstrahlungseffekten. Eine gemeinsame, koordinierte Strategie aller beteiligten Akteure würde die bisherigen Leistungen würdigen, die zukünftige Strategie schärfen und Doppelzuständigkeiten vermeiden. Dieser Strategie zugrunde liegen könnte die Festlegung von Räumen, in denen gemeinsame Forschung zwischen Unternehmen, Startups und Hochschulen betrieben wird. Als Inspiration könnte die Arena 2036 in Stuttgart dienen, die als Forschungsplattform für Mobilität konzipiert wurde und hochmodern und flexibel ausgestattet ist. Hier wird in wechselnden Forschungs- und Unternehmenskooperationen an ganz konkreten Problemen geforscht, wie bspw. bei der Innovationsinitiative Leitungssatz, im Rahmen derer Kabelsätze für die Elektromobilität weiterentwickelt werden. Gleichzeitig beherbergt das Gebäude, in dem die Arena 2036 ansässig ist, auch das Institut für Entrepreneurship und Innovationsforschung der Universität Stuttgart, um eine inhaltliche Verschränkung von Startups und etablierten Unternehmen in räumlicher Nähe zu forcieren.

Die Stärkung von Forschung und Entwicklung im Bereich Elektromobilität kann zwei positive Effekte zur Folge haben: Ausländische Unternehmen oder Startups werden auf den Standort aufmerksam und bauen neue Forschungs- oder Produktionsstätten auf. Und die etablierten Unternehmen vor Ort können im Rahmen eines intensiven Wissenstransfers ihre Wettbewerbsfähigkeit weiter verbessern.

### 8.1.2 Wasserstofftechnologien: Markthochlauf organisieren

Wasserstoff als Energieträger spielt für NRW als Heimat von Großindustrien mit wärmeleitenden Prozessen eine besondere Rolle zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Ziele. Der Markthochlauf von Wasserstofftechnologien ist deshalb nicht nur für die Automobilwirtschaft wichtig, sondern auch für viele andere Industrien, allen voran der Stahlsektor.

Der aktuelle Fokus auf Wasserstoff führt zu einer großen Dynamik im Markt. Deutsche Unternehmen positionieren sich bei der Entwicklung und dem Bau von großskaligen Elektrolyseuren, um dieses Geschäftsfeld international zu erschließen. Neben thyssenkrupp bieten bspw. Siemens Energy und Linde bereits Lösungen an. Siemens Energy will in Kooperation mit Air Liquide den Grundstein für eine Serienfertigung von Elektrolyseuren in Europa legen, mit einem Schwerpunkt auf Deutschland und Frankreich. Die beiden Unternehmen kündigten an, auch bei der Forschung und Entwicklung für die nächste Generation von Elektrolyseuren zusammenzuarbeiten. Die Gründung eines Gemeinschaftsunternehmens haben Air Liquide und Siemens Energy laut Industriekreisen bislang zwar nicht vereinbart. Die Allianz zeigt aber, dass Kooperationen in der Branche immer wichtiger werden.

In der Metropole Ruhr und der Rhein-Region ist Air Liquide Deutschland als Betreiber eines der wenigen Wasserstoffnetze in Deutschland tätig. Das Wasserstoffnetz ist mit rund 240 km schon heute das

größte in Deutschland.<sup>38</sup> Die Air Liquide Deutschland GmbH hat ihren Sitz in Düsseldorf. In Marl im Landkreis Recklinghausen hingegen befindet sich Europas größtes Abfüll-Center für Wasserstoff.<sup>39</sup> In Herten kommen im Wasserstoff-Anwenderzentrum diverse Unternehmen zusammen, um sich über Technologien zum Transport und der Speicherung von Wasserstoff auszutauschen. Dienstleister wie Steag Energy Services unterstützen die Unternehmen des Anwenderzentrums beispielsweise in der Konzeption und Optimierung von Anlagen zu Elektrolyse, mit denen Wasserstoff produziert werden kann.

Ähnlich wie bei der Elektromobilität besteht dementsprechend großes Potenzial für neue Ansiedlungen im Wasserstoffbereich – vor allem, wenn große, gut erschlossene Flächen mit hervorragender infrastruktureller Anbindung angeboten werden können. Dies könnte eine ideale Nutzung für Industriebranchen und neue Entwicklungsflächen im Ruhrgebiet sein. Die Weiterentwicklung der Energieregion von der Steinkohle zu Wasserstoff würde Perspektive geben und an jahrzehntelange Kernkompetenzen anschließen. Mithilfe eines digitalen Katasters und eines regionsübergreifenden Flächenmanagements könnten geeignete Flächen identifiziert und profiliert werden.

Die Voraussetzungen für die Organisation des Markthochlaufs zur Anwendung von Wasserstofftechnologien sind im Ruhrgebiet exzellent. Es gibt eine lange Energiehistorie, Infrastrukturen wie Leitungen und Wasserstofftankstellen stehen bereits zur Verfügung und nicht nur Unternehmen und Startups sind in großer Zahl aktiv beim Thema Wasserstoff, sondern auch Forschungsinstitute wie das Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr. Daraus ergibt sich eine lebendige Landschaft an Initiativen, die sich intensiv mit dem Thema beschäftigen und Akteure zusammenbringen. Daraus resultiert auch die Bewerbung des Zentrums für Brennstoffzellen-Technik in Duisburg um ein dort anzusiedelndes Technologie- und Innovationszentrum Wasserstofftechnologie im Rahmen eines Standortwettbewerbs beim Bundesverkehrsministerium. So soll eine Wasserstoff-Hochburg im Ruhrgebiet etabliert werden, die bestehende Stärken gezielt ergänzt. Der Aufbau dieser Kompetenzen würde den Standort NRW weiter stärken und die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass NRW beim Markthochlauf eine hervorgehobene Rolle im nationalen Gefüge spielen könnte.

Insgesamt erscheint die Strategie vielversprechend, auf Bundesebene die bestehenden Vorteile im deutschen Metropolregionenvergleich gezielt zu adressieren und sowohl mit Bundesfördermitteln aus der Nationalen Wasserstoffstrategie als auch mit Landesmitteln aus der abgeleitete Wasserstoffroadmap für NRW insbesondere das Ruhrgebiet und damit die dort ansässigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu stärken, Startups über die Exzellenz Start-up Center.NRW zu fördern und für den Aufbau neuer Entwicklungs- und Produktionsstätten von Kooperationsverbänden zu werben. So könnten die leistungsfähigen Grundlagen bspw. im Bereich Infrastruktur weiter ausgebaut werden, um sich im internationalen Wettlauf als Vorreiter positionieren zu können.

### 8.1.3 Synthetische Kraftstoffe: Weitere Entwicklung begleiten

Trotz der intensiven Entwicklungen und Förderungen im Bereich neue Antriebe werden in absehbarer Zukunft noch die meisten Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor ausgestattet sein. 2030 liegt die Anzahl bei voraussichtlich noch deutlich über 50 Millionen Neuzulassungen, was einem Anteil an den globalen Neuzulassungen von mehr als 60 Prozent entspricht. 2040 werden sie noch einen Anteil von rund 25 Prozent an den Neuzulassungen ausmachen. Das sind immerhin noch rund 24 Millionen Fahrzeuge.

---

<sup>38</sup> Angabe der Air Liquide Deutschland GmbH

<sup>39</sup> Angabe der Air Liquide Deutschland GmbH

Damit auch der riesige Bestand an deutlich mehr als 1,3 Milliarden Fahrzeugen möglichst CO<sub>2</sub>-arm betrieben werden können, wären synthetische Kraftstoffe (E-Fuels) ein wichtiges Element für einen technologieoffenen Mix erneuerbarer Energieträger. Entsprechende Kraftstoffe sind dementsprechend die einzige Möglichkeit, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß des derzeitigen Fahrzeugbestands zu senken und damit schnell wirksam zum Klimaschutz beizutragen.

Nach aktuellem Wissensstand bergen E-Fuels allerdings die größten Herausforderungen der drei neuen Energieträger, weil noch keine preisliche Wettbewerbsfähigkeit aufgrund der Umwandlungsverluste gegeben ist. Deshalb werden E-Fuels nach aktuellem Wissensstand im Vergleich der drei neuen Energieträger die geringsten Potenziale zugeschrieben. Sie weisen aber mindestens drei wichtige Vorteile im Vergleich zu Wasserstoff und Strom auf: Sie haben eine hohe Energiedichte, können deutlich leichter transportiert und gespeichert werden und bei der Verteilung auf der bestehenden Infrastruktur (Tankstellen, Transportschiffe) aufsetzen. Wenn bspw. überraschende Schwierigkeiten beim Markthochlauf von Brennstoffzellenautos entstehen sollten oder die optimistischen Aussichten bzgl. Reichweiten bei batterieelektrischen Fahrzeugen nicht in der angekündigten Schnelligkeit umsetzbar wären, könnte synthetischen Kraftstoffen eine entscheidende Rolle bei der Realisierung der Klimaziele zukommen.

Zudem geht es bei den E-Fuels auch noch um Grundlagenforschung. Dies entfaltet auch einen Potenzialraum für mögliche andere Anwendungsfelder, sei es als Kerosinersatz oder als Energieträger für andere Industrien. Durch die Forschung an E-Fuels könnten völlig neue Märkte entwickelt werden, weswegen es sinnvoll erscheint, diesen Forschungsstrang weiter zu begleiten.

Im Rheinland sind viele Unternehmen und Forschungseinrichtung (insbesondere an der RWTH Aachen mit dem Fuel Science Center) ansässig, die sich mit synthetischen Kraftstoffen beschäftigen. Vor allem die dort ansässigen Raffinerien spielen eine Schlüsselrolle für die Großserientauglichkeit von E-Fuels. Hier müssen Erzeugungskapazitäten aufgebaut werden. Aktuell wird mit einem möglichen großflächigen Einsatz erst ab 2030 gerechnet (vbw, 2020). Gleichzeitig verkünden immer mehr Automobilhersteller, aus der Produktion von Autos mit Verbrennungsmotoren auszusteigen – aktuell hat General Motors einen kompletten Ausstieg für den Zeitpunkt 2035 in Aussicht gestellt (GM, 2021). Dies könnte aufgrund der Marktunsicherheiten zu einer Investitionszurückhaltung bei synthetischen Kraftstoffen führen. Eine transparente und glaubwürdige Kommunikation der zukünftigen Klimaziele ist von entscheidender Bedeutung, um mehr Planungssicherheit im Entwicklungsprozess gewährleisten zu können. Ohne Investitionsperspektive besteht die Gefahr, dass die Einsatzmöglichkeiten für synthetische Kraftstoffe schneller schwinden als die Wettbewerbsfähigkeit erreicht werden kann.

Grundsätzlich könnte die räumliche Nähe zum Ruhrgebiet genutzt werden, um Cross-Innovationen zwischen Entwicklungen beim Wasserstoff und bei den E-Fuels zu generieren. Dieser Ansatz könnte Eingang in eine strategische Agenda für die Technologieentwicklung, Marktentwicklung und Regulierung für E-Fuels finden. Über eine branchenübergreifende E-Fuels-Plattform könnte der Prozess einer strategischen Umsetzung koordiniert werden.

Um den Markthochlauf zu beschleunigen, könnten E-Fuels in der Phase der Entwicklung zur Marktreife vollständig von der Energiesteuer nach EU-Richtlinie befreit und stromseitige Steuern und Abgaben deutlich gesenkt werden. Diese Flankierung würde den Diffusionsprozess deutlich beschleunigen, da Investitionsanreize in Forschung und Entwicklung stiegen.

### 8.1.4 Ökosystem „neue Antriebe“ etablieren

Mit geeigneten Maßnahmen könnte so das Ökosystem „neue Antriebstechnologien“ in NRW zielgerichtet unterstützt werden. Vor allem die Rahmenbedingungen sind entscheidend, inwieweit es gelingt, weitere wichtige Akteure von NRW als Forschungs- oder Produktionsstätte zu überzeugen. Es werden etliche neue Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette Automobil entstehen, von Startups über ausländische Unternehmen, die sich in Deutschland ansiedeln möchten, bis hin zu Kooperationen etablierter Unternehmen, die gemeinsam neue Produktionsstätten bauen.

Beispiel Schaeffler in Bayern: Der Tier-1-Zulieferer holt E-Mobilität-Aktivitäten aus Osteuropa nach Deutschland zurück und baut hier ein neues Wasserstoffzentrum. In diesen neuen Märkten, die sehr forschungs- und entwicklungsnahe sind, muss sich NRW als attraktiver Standort etablieren und dafür werben, zu den Forschungsaktivitäten auch Teile der Produktion mit anzusiedeln. Insbesondere bei Prozessinnovationen ist die räumliche Nähe zwischen Forschung und Produktion sinnvoll.

Beispiel Tesla in Brandenburg, SVolt im Saarland oder CATL in Thüringen: In der letzten Zeit haben sich vor allem amerikanische und chinesische Automobilhersteller und Zulieferer in Deutschland angesiedelt. Hier sind noch viele weitere Ansiedlungen möglich. Die im Vergleich zu Ostdeutschland weniger attraktiven Förderbedingungen für solche Ansiedlungen müssen durch andere Vorteile ausgeglichen werden. Dafür ist ein gezieltes Werben für den Standort ebenso wichtig wie der Hinweis auf dessen entscheidende Vorteile, bspw. bei der Ausbildung von hochqualifizierten Fachkräften. Bei der richtigen Ausrichtung der infrastrukturellen Rahmenbedingungen sind auch Ansiedlungen aus verwandten Branchen denkbar, wie bspw. international erfolgreiche Unternehmen im Bereich Wasserstoff, wie NEL aus Norwegen, Ballard Power aus Kanada oder kleinere Unternehmen wie dem Spezialisten für Transportfahrzeuge Gaussin aus Frankreich.

Könnte eine Einbettung neuer Unternehmen in koordinierte Netzwerke mit zielgerichteten Kooperationen und Netzwerken angeboten werden, wäre dies ein weiteres Argument für den Standort NRW. Damit könnte eine Art Lotsensystem für ausländische Unternehmen etabliert werden, die im Rahmen eines Peer-2-Peer-Matchings für ihre Entwicklungstätigkeiten relevante Akteure aus Unternehmen, Startups, Forschung und Politik vorgestellt bekommen und direkt zu wichtigen Branchenveranstaltungen eingeladen werden.

Die gezielte Verschränkung der Aktivitäten in den drei neuen Antriebsarten und die Profilierung des Standorts NRW als Ökosystem für neue Antriebe ermöglicht die Partizipation an den Wachstumsmärkten der Zukunft und ermöglicht den etablierten Zulieferern eine enge Kooperation, um ihre Komponenten bestmöglich an die neuen Möglichkeiten anzupassen.

## 8.2 Digitalisierung der Mobilität beschleunigen

Die vorliegende Studie zeigt die Bedeutung, die den neuen Mobilitätsmärkten zukommen wird. In diesen Märkten bestehen erhebliche Chancen und dementsprechend auch Arbeitsplatzpotenziale. Eine richtige Ausschöpfung der Möglichkeiten würde für den Standort NRW dazu führen, dass die voraussichtlich kleiner werdenden Arbeitsplatzpotenziale bei der Herstellung von Fahrzeugen aufgrund der Dekarbonisierung kompensiert werden können.

Insbesondere die Felder der Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung bieten enorme Wachstumspotenziale. Während es beim ersten Feld um digitale Komponenten wie Sensoren oder Aktoren geht oder um Softwareentwicklung für die Fahrzeugdatenanalyse und -steuerung, spielen im zweiten Feld die

Kommunikations- und Entertainmentmöglichkeit und Elemente für den Einsatz in Smart Cities eine Schlüsselrolle:

1. Erstes Feld: Die Dematerialisierung von Komponenten und die Implementierung von Sensorik innerhalb der Autos bieten Wachstumsfelder: Tachos oder hydraulische Bremssysteme werden beispielsweise ersetzt durch Displays und elektronische Bremsen (Break by Wire), die Steuerung einzelner Sensoren und Aktoren innerhalb des Autos wird komplexer durch eine größere Vielfältigkeit und die zunehmende Fahrzeugautomatisierung. Daneben entstehen durch die Elektrifizierung und Automatisierung auch neue Anforderungen an weiteren Komponenten wie das Fahrwerk, das Licht oder das Interieur. Hier können die Zulieferer in NRW ihre spezifischen Stärken ausspielen.
2. Zweites Feld: Services, die an die Automobilwirtschaft angrenzen, wie die Analyse von Fahrzeugdaten und die Entwicklung von Mobilitätsplattformen, Unterhaltungs- und Kommunikationssystemen (Car2X-Kommunikation) sowie Smart-City-Elementen entfalten große Umsatzpotenziale. Die vorliegende Studie zeigt die immens steigende Bedeutung dieser angrenzenden Märkte.

Die Entwicklung des ersten Feldes können die etablierten Automobilzulieferer gut leisten, indem sie den technologischen Wandel selbst aktiv gestalten. Die Produktportfolios werden sukzessive weiterentwickelt und mit digitalen Komponenten ausgestattet. Dem zweiten Feld liegen eher radikale Innovationen zugrunde. Hier spielen digitale Startups und die Kooperation von unterschiedlichen Unternehmen und Forschungseinrichtungen eine Schlüsselrolle, um skalierbare digitale Geschäftsmodelle zu entwickeln und schnell in die Marktreife zu führen.

### 8.2.1 Potenziale der Fahrzeugautomatisierung in NRW entfalten

Die Fahrzeugautomatisierung führt in vielen Bereichen zu starkem Wachstum. Erstens müssen die Hardware-Komponenten für die Automatisierung in den Autos verbaut werden. Dabei geht es bspw. um Radare (Lidar), Sensoren und Aktoren oder die Ortung der Fahrzeuge. Zweitens müssen viele Komponenten wie Fahrwerk oder Licht an die neuen Möglichkeiten, die durch das autonome Fahren entstehen, angepasst werden.

Hier haben die Autozulieferer in NRW gute Voraussetzungen, da sie starke Marktpositionen bei vielen der genannten Komponenten innehaben. Dennoch bedarf es durch die Anpassungen und Weiterentwicklungen großen Innovationsleistungen und hohen Investitionsvolumina, um den Wandel erfolgreich zu gestalten. Dafür muss erstens das regionale Innovationssystem leistungsfähig sein (durch spezialisierte und gute Hochschulen und eine daraus abgeleitete genügende Fachkräfteversorgung in den relevanten Themenfeldern) und zweitens müssen die Rahmenbedingungen passen, um zu investieren.

Themenfelder wie der Leichtbau oder die Leistungselektronik werden mit dem Wandel der automobilen Transformation weiter an Bedeutung gewinnen. Hier spielen Forschungs- und Entwicklungsverbände zwischen Unternehmen und mit Forschungsinstituten eine Schlüsselrolle, um die hohe Komplexität beherrschen zu können.

Durch die digitale Transformation werden Produkte hybrider – der Dienstleistungsanteil an den Produkten steigt also, bspw. durch digitale Komponenten. Die Entwicklung dieser neuen Komponenten stellt eine Chance für die Zulieferer in NRW dar. Dafür müssen aber die richtigen Spezialisten ausgebildet und gebunden werden, die die Entwicklung hybrider Lösungsbündel und die Dematerialisierung

von Komponenten sicherstellen können. Es sollte ausgelotet werden, welche Ausbildungs- und Studiengänge junge Menschen am besten darauf vorbereiten, solche hybriden Lösungen zu entwickeln und gewinnbringend in Unternehmen einzusetzen.

Die Analyse zeigt, dass die Unternehmen in NRW noch in unterdurchschnittlichem Ausmaß im Themenfeld der Fahrzeugautomatisierung aktiv sind. Hier bestehen also Potenziale, die Marktanteile zu vergrößern. In Feldern wie der Ortung oder der Datenverarbeitung könnten sich Startups in NRW entfalten. Hierfür könnte ein Startup-Ökosystem in einer geeigneten urbanen Region mit einer neuen Facette ergänzt werden. Bochum oder Aachen scheinen aufgrund ihrer exzellenten Hochschulen in diesen Feldern passend, aber auch Düsseldorf könnte mit seinem attraktiven Umfeld, die bestehenden leistungsfähigen Digihub und den guten Ansätzen im Bereich der Informatik über die neue Entrepreneurship-Professur geeignet sein.

### 8.2.2 Potenziale der Fahrzeugvernetzung in NRW entfalten

Die Fahrzeugvernetzung wird zu einem vollständig neuen Fahrgefühl führen, wenn durch das (teil)autonome Fahren Unterhaltungs- und Kommunikationssysteme einen neuen Stellenwert erhalten. Die Folgen dessen werden seit längerem diskutiert. Es besteht die Möglichkeit, dass sich so Tech-Konzerne wie Google zwischen den OEM und seinen Kunden schieben und damit einen wichtigen Teil der zukünftigen Wertschöpfung vereinnahmen. Nicht zuletzt deshalb wird genau die Entwicklung eines Apple-Autos beobachtet, bei dem das Auto nur noch eine „Commodity“ ist und der Mehrwert durch die Software kommt. Damit würde die vergleichsweise margenschwache Autoproduktion an einen Hersteller ausgelagert werden, während die margenstarken Dienstleistungen wie Software oder Over-the-Air-Updates von dem Tech-Konzern angeboten werden. Der Dienstleistungsanteil an einem Auto wird demnach steigen. Die Hersteller und Zulieferer in NRW können bei einer frühzeitigen Positionierung von diesem Trend profitieren. Die letzten Jahre zeigen in jedem Fall, dass die Herstellung eines Autos so komplex ist, dass Technologiekonzerne wie Google oder Apple davor zurückschrecken, eigene Autos zu produzieren. Das Engineering-Know-how deutscher Hersteller schützt sie dementsprechend ein Stück weit vor dem Markteintritt branchenfremder Unternehmen. In Kooperationen könnten die neuen Wertschöpfungspotenziale aufgeteilt werden.

Die entstehende Flut von Daten sollte gewinnbringend eingesetzt werden. Die aktuelle Marktkapitalisierung von Tesla wird u.a. dadurch gerechtfertigt, dass der Autohersteller die Vorreiterrolle bei der Erfassung von Datenströmen hat, die wiederum als digitales Geschäftsmodell zur Verbesserung der Systeme autonomen Fahrens anderer Hersteller eingesetzt werden könnten. Hier existiert ein Vorsprung insbesondere bei amerikanischen Konzernen wie Google oder eben Tesla. Dort wurden bereits vielen Millionen Kilometer mit autonomen Fahrzeugen zurückgelegt und damit die Algorithmen für das autonome Fahren trainiert. Diesen Vorsprung aufzuholen ist nicht einfach. Deutsche Automobilhersteller kooperieren deshalb ebenfalls mit amerikanischen Konzernen. Der Volkswagen-Konzern beschleunigt bspw. mit Microsoft die Entwicklung des automatisierten Fahrens (VW, 2021). Die Car.Software Organisation im Volkswagen Konzern wird gemeinsam mit Microsoft eine Automated Driving Plattform für die agile Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen aufbauen. Andere Autohersteller wie Daimler (gemeinsam mit dem US-Konzern Nvidia) arbeiten ebenfalls aktuell an eigenen Betriebssystemen, um eigene digitale Geschäftsmodelle rund um die Daten implementieren zu können (Daimler, 2020).

Der Wandel zeigt die Bedeutung, zügig digitale Geschäftsmodelle im Rahmen von Entertainment und Car2X-Communication zu entwickeln, damit den Kunden eigene leistungsstarke Angebote unterbreitet werden können. Aktuell entwickeln die Autohersteller die Software dazu noch weitgehend selbst.

Wenn aber der Markt sein Wachstum richtig entfaltet und die Differenzierung einzelner Angebote zunimmt, können die Marktchancen auch von Autozulieferern, branchenfremden IT-Unternehmen oder Startups ergriffen werden. Autozulieferer könnten sich so (in Kooperation mit anderen Unternehmen) ein zweites Standbein aufbauen, indem sie bspw. die Kontakte zur Startup-Branche intensivieren und selbst Softwareentwickler einstellen.

Für NRW sind vor diesem Hintergrund mindestens drei Aspekte sehr relevant: Die intensiven Interaktionen über die Car2X-Kommunikation zwischen dem Auto und der Außenwelt müssen erstens exzellent gesichert sein, um Cyber-Angriffe vermeiden zu können. Das bestehende hervorragende Know-how im Bereich Cyber Security kann hier gezielt eingesetzt werden, um Herstellern spezifische Lösungen anzubieten. Zweitens entstehen für die Autozulieferer Potenziale, sich an die Betriebssysteme anzudocken und eigene Schnittstellen zu definieren. Hier sind Kooperationen mit IT-Startups denkbar, aber auch die eigenen Abteilungen müssen dafür IT-lastiger werden. Dies hat drittens wiederum Implikationen für den Ausbildungsstandort und die Attraktivität NRWs, damit genügend Informatiker und Softwareingenieure zur Verfügung stehen.

Insbesondere das Feld Cyber Security ist auch hier von hoher Bedeutung, da die Kommunikation zwischen den Autos und anderen Systemelementen bestmöglich geschützt werden muss. NRW hat hier eine hervorragende Ausgangsposition mit den Hochschulen in Bochum und Aachen und einigen hochspezialisierten Forschungseinrichtungen wie dem Horst-Görtz-Institut. Neben Cyber Security wird ist auch der Bereich des Maschinellen Lernens wichtig für die Entwicklung von Vernetzungskomponenten und von digitalen Geschäftsmodellen. Hier gibt es auch bereits gute Ansatzpunkte in NRW, bspw. an der HHU Düsseldorf. Diese Felder sollten weiter gestärkt werden. Eine vielversprechende Initiative sind die Exzellenz Start-up Center.NRW, in deren Rahmen bspw. Düsseldorf aktuell eine neue Professur für Entrepreneurship in der Informatik besetzt. Mit ihrem leistungsfähigen Gründer-Ökosystem und der räumlichen Nähe zum Telekommunikationscluster vor Ort (mit den 5G-Entwicklungen für autonomes Fahren) könnte sich Düsseldorf ähnlich wie Bochum im Bereich Cyber Security eine Vorreiterrolle erarbeiten.

Um die Potenziale zu heben, müssen die exzellenten Ausbildungsbedingungen für Informatiker und Softwareingenieure in NRW weiter intensiviert werden, damit die Fachkräfteengpässe in diesen Bereichen gelindert werden können. Zudem spielt das „Employer Branding“ eine wesentliche Rolle, dass sich die Unternehmen also als attraktive Arbeitgeber positionieren, um den begehrten Spezialisten interessante Jobs bieten zu können. Durch gezielte und frühzeitige Verbindungen bspw. über Praktika oder die Vergabe von Bachelor- und Masterarbeiten können Bindungen etabliert werden, wodurch die Abwanderungen aus NRW ein Stück weit reduziert werden würden.

Ein weiterer Aspekt der Fahrzeugvernetzung ist die Integration in Smart-City-Konzepte. Mittlerweile gibt es viele Smart-City-Initiativen, die die Digitalisierung und Vernetzung vorantreiben sollen. Aus NRW wurden Modellprojekte aus den Städten Gelsenkirchen, Gütersloh, Iserlohn, Köln, Lohmar, Mönchengladbach, Paderborn und interkommunale Kooperationen zwischen den Städten Dortmund und Schwerte sowie Lemgo und der Gemeinde Kalletal nominiert. Daneben gehen viele größere Städte wie Köln, Düsseldorf, Bonn oder Duisburg ihre eigenen Wege, um bei sich Smart-City-Elemente zu integrieren.

Die einzelnen Initiativen sind allerdings oftmals mit relativ wenig Geld ausgestattet, damit möglichst viele Städte in den Programmen berücksichtigt werden können. Das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat hat bspw. am 8. September 2020 die 32 Projekte der zweiten Staffel der „Modellprojekte Smart Cities“ bekanntgegeben. Die in diesem Jahr ausgewählten Projekte werden mit über 350 Millionen Euro gefördert. Das sind pro Stadt im Durchschnitt nur gut 10 Millionen Euro.



NRW könnte diese Strategie gezielt ergänzen und bspw. drei Städte im Rahmen eines Wettbewerbs als Smart-City-Vorreiter küren, die mit deutlich mehr finanziellen Mitteln ausgestattet werden, um Synergien aus verschiedenen Digitalisierungsprojekten bestmöglich zu heben. Die Mobilität und die Car2X-Kommunikation könnten hier Schlüsselrollen einnehmen. Elemente dieser Strategie könnten sein, 5G flächendeckend einzuführen und damit erstens das autonome Fahren und zweitens die Entfaltung digitaler Geschäftsmodelle „mobile first“ zu fördern. Hierfür müssen richtige Rahmenbedingungen geschaffen werden, bspw. durch eine Förderung der Adaption elektrifizierter Fahrzeuge über den Bau vieler öffentlicher Ladepunkte oder den Vorrang im öffentlichen Verkehr (durch Nutzung von Busspuren o. ä.). Je schneller die Adaption der neuen automobilen Trends vorstättengeht, desto eher bestehen Potenziale bei Geschäftsmodellen wie der Vernetzung von Autos untereinander und mit weiteren Elementen des Straßenverkehrs wie intelligenten Ampeln oder Parkleitsystemen, um die Fortbewegung zu erleichtern. Zu solch groß angelegten Projekten gehört auch eine Mobilitätsplattform, die medienbruchfrei und digital durchgängig verschiedene Mobilitätsarten miteinander effizient verknüpft und einfach bezahlbar machen. Im Rahmen dieser Modellprojekte könnten Startups und andere Unternehmen am lebenden Objekt digitale Geschäftsmodelle entwickeln und erproben.

### 8.2.3 Aufbau der Lade-Infrastruktur forcieren

Ein weiterer angrenzender Markt, dem die in die Studie involvierten Experten Wachstumspotenziale beimessen, ist der Bau und Betrieb von Ladesäulen. Gemäß dem BDEW existieren aktuell rund 35.000 öffentliche Ladepunkte in Deutschland (BDEW, 2020). Im "Masterplan Ladeinfrastruktur" der Bundesregierung enthalten sind Maßnahmen für den zügigen Aufbau einer flächendeckenden und nutzerfreundlichen Ladeinfrastruktur für bis zu zehn Millionen elektrifizierter Fahrzeuge bis 2030 – das bedeutet, dass in den nächsten knapp zehn Jahren insgesamt eine Million öffentliche Ladepunkte zur Verfügung stehen sollen (Bundesregierung, 2020).

Das Gros der Ladungen wird sich davon abgesehen im privaten Raum – also bspw. Garagen – abspielen. Bei einem Anstieg des Anteils batterieelektrischer Fahrzeuge auf rund zwei Drittel aller Neuzulassungen bis 2040, läge das Potenzial für private Ladepunkte bei rund 32 Millionen gemäß der Annahme, dass es gut 41 Millionen Haushalte in Deutschland gibt (Statistisches Bundesamt, 2020) und davon 22,6 Prozent kein Auto besitzen (BMVI, 2018). Zusätzlich zum beschleunigten Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur standen 2020 erstmals 50 Millionen Euro von der Bundesregierung für private Lademöglichkeiten als Fördermittel zur Verfügung stehen (Bundesregierung, 2020). Um die sogenannten „Wallboxes“ ist mit Blick auf die Förderungen ein Wettbewerb zwischen branchenfremden Unternehmen und der Energiebranche entstanden. So bietet bspw. der DAX-Konzern Heidelberger Druck private Ladestationen an. Dies signalisiert die Attraktivität des Marktes. Hier könnten öffentliche Auftraggeber in NRW eng mit Unternehmen in NRW zusammenarbeiten, um Vorreiter bei der Entwicklung einer flächendeckenden öffentlichen Ladeinfrastruktur zu werden.

Anwendungsorientierte Forschung in Kooperation von Hochschulen und Energieunternehmen in NRW könnte in den Bereichen Energiemanagement, digitale, einheitliche Bezahlssysteme, Kundendatenanalyse oder weitere digitale Geschäftsmodelle Potenziale freisetzen. Neben der Ladeinfrastruktur bieten die Analyse der durch die Ladungen entstehenden Kundendaten und die Anreicherung der Wartezeiten bei den Ladezyklen um weitere digitale Geschäftsmodelle wie zielgerichtete Werbung oder Entertainment Wachstumspotenziale. Hierfür könnten bspw. Startups in NRW Plattformen entwickeln.

## 8.2.4 Leistungsfähiges Startup-Ökosystem weiterentwickeln

Für leistungsfähige Startup-Ökosysteme hat NRW gute Voraussetzungen geschaffen: Mit den zwei DigitalHubs in Köln und Dortmund aus der Bundesinitiative und den fünf DigitalHubs in Aachen, Bonn, Düsseldorf, im Münsterland und im Ruhrgebiet aus der Landesinitiative wurden die richtigen Voraussetzungen dafür geschaffen, Startups mehr Gewicht in der Wirtschaftsstruktur zu geben. Das Programm Exzellenz Start-up Center.NRW, mit dem in NRW sechs Universitäten mit insgesamt 150 Millionen Euro durch das Land gefördert werden, zahlt ebenfalls auf die Entwicklung von Startup-Ökosystemen ein, da so universitäre Ausgründungen forciert werden sollen (MWIDE, 2019).

Im Rahmen dieser Programme und der sonstigen Aktivitäten der Regionen in NRW könnte der Fokus stärker auf die Märkte neuer Mobilität in Kombination mit Energiesystemen gelegt werden, um die Umsatzpotenziale in NRW zu heben. Viele der hier vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen binden Startups explizit bei der Marktentwicklung mit ein, um das regionale Innovationssystem noch resilienter zu gestalten und wichtige Entwicklungen wie bspw. mit Blick auf digitale Geschäftsmodelle zu beschleunigen.

Oftmals hapert es aber an den Kontakten zwischen Startups und etablierten Unternehmen. Hierfür wäre ein gezieltes Matching der Startups mit den Unternehmen vor Ort von großer Bedeutung, um direkt Zugang zu den relevanten Märkten und Innovationsimpulsen zu erhalten. Dies könnten – bei richtiger Ausstattung – bspw. die Wirtschaftsförderungsgesellschaften vor Ort übernehmen, da dort das spezifische Wissen über die Geschäftsmodelle und Entscheider in den einzelnen Unternehmen vorhanden ist.

Unterstützt werden könnte das Matchmaking über Plattformen, die zu spezifischen Themen Kontakte bereithalten. Ein gutes Beispiel aus NRW ist die Plattform Matchmaker.Ruhr, auf der knapp 3.500 Startups mit Hashtags über ihr Portfolio und ihre Kompetenzen gelistet sind. Eine Weiterentwicklung und Ausweitung auf ganz NRW hätte eine umfassendere Verankerung zur Folge, wodurch auch die Aufmerksamkeit und damit die Interaktionsdynamik weiter stiegen.

Ganz wichtig für die Mobilität der Zukunft ist das Thema Cyber-Security, was auch in den von Automotiveland.NRW durchgeführten Workshops von regionalen Experten bestätigt wurde. Eine Schlüsselrolle wird hier spielen, von der exzellenten Forschung in die Anwendung zu kommen. Dafür sind Pilotprojekte und Testbeds notwendig, um die Entwicklungen live ausprobieren und verbessern zu können.

Ein zweites wichtiges Thema für Startups könnte der Aufbau von Mobilitätsplattformen. Hier ist allerdings ein Zusammenspiel mit den jeweiligen Verkehrsbetrieben und den Sharinganbietern notwendig. Dies könnte von der Politik stärker forciert werden, um harmonisierte und frei verfügbare Daten möglichst aller Akteure in solche Plattformen einbinden zu können. Diese Plattformen könnten als Hub für viele weitere Mobilitätselemente dienen, bspw. mit Blick auf Reisen, Kulinarik oder Entertainment.

## 8.3 Stärken der Automobilwirtschaft in NRW ausbauen

Die Stärken vieler Unternehmen Nordrhein-Westfalens liegen in der Entwicklung und Produktion von Komponenten, die in der Regel nicht negativ von der automobilen Transformation betroffen sind. Komponenten in den Bereichen Interieur, Exterieur, Fahrwerk und Karosserie sowie Licht werden durch die Transformation eher an Bedeutung und Komplexität gewinnen. Dies liegt u.a. in der Aufwertung des Automobils mit Unterhaltungselementen. In der direkten Wahrnehmung wird die eigentliche Aufgabe

von Autos, Distanzen zu überwinden, ein Stück weit in den Hintergrund geraten, indem neue Nutzungsmöglichkeiten durch das autonome Fahren erschlossen werden. Dadurch steigt bspw. die Bedeutung komfortabler und flexibler Sitze, das ganze Fahrwerk muss noch stärker gedämpft werden und die heutigen Premium-OEMs wie Rolls Royce zeigen, welche große Bedeutung Licht innerhalb der Fahrzeuge in Zukunft haben wird. Mit den neuen Antriebstechnologien gehen Modifizierungen der Karosserien einher, Leichtbau wird weiterhin eine Schlüsselrolle bei deren Weiterentwicklung spielen.

Diese Komponenten werden also in Zukunft teilweise eine wichtigere Rolle als heute spielen. Deshalb ist eine hohe Forschungs- und Entwicklungsleistung und damit einhergehende Investitionen zu erbringen, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden und weiterhin innovative Impulse setzen zu können. Hierzu sind Forschungs- und Entwicklungskooperationen, ein dynamisches Startup-Ökosystem und ein investitionsfreundliches Umfeld wichtige Stellschrauben, um NRW im Wettbewerb attraktiv zu positionieren. Gleichzeitig dürfen die Unternehmen, die am traditionellen Antriebsstrang arbeiten, nicht aus dem Fokus geraten. Diese Unternehmen sehen sich der Herausforderung gegenüber, ihre Kernkompetenzen entlang der Wertschöpfungskette Auto neu zu definieren und sich verwandte Märkte zu eröffnen, in denen ihre Kompetenzen ebenfalls gefragt sind.

Die stärkere KMU-Prägung birgt weitreichende Implikationen für den Automobilstandort NRW. KMUs sind zwar häufig flexibler, haben aber oftmals mehr Unterstützungsbedarf als Großunternehmen, weil sie mit stärker limitierten Ressourcen umgehen müssen. Die aktuelle Corona-Pandemie stellt KMU vor besondere Herausforderungen. Mit schmelzenden Finanzpolstern können Investitionen nicht im notwendigen Ausmaß getätigt werden. Zudem kann eine Negativspirale in Gang gesetzt werden. Kunden – also in der Regel Tier-1-Unternehmen oder OEMs – setzen auf finanzielle Stabilität für mindestens einen Entwicklungszyklus. Wenn ein Unternehmen für diese fünf bis sieben Jahre ein durchwachsendes Testat erhält, können Aufträge storniert oder nicht verlängert werden, wodurch sich die finanzielle Lage weiter verschlechtert.

Die gesamte Automobilwirtschaft NRW ist deshalb auf die Verbesserung der Rahmenbedingungen angewiesen. Dies ist von besonderer Bedeutung, weil in Zukunft sogenannte „greenfield investments“ (Investments „auf der grünen Wiese“; neue Areale ohne bestehende Anbindung an existierende Infrastrukturen) an zugunsten der „brownfield investments“ (stillgelegte Areale, die man zuvor industriell genutzt hat und die dementsprechend infrastrukturell gut angebunden sind) an Bedeutung gewinnen. Dadurch wandeln sich ein Stück weit die Anforderungen an die Rahmenbedingungen. Ansiedlungen wie Tesla in Brandenburg illustrieren diesen Wandel, auf den sich auch NRW einstellen muss. Die Neubewertung von Standorten birgt auf der einen Seite Risiken, weil traditionelle Vorteile nicht mehr ausschlaggebend sein müssen, auf der anderen Seite aber auch Chancen, weil eine neue Dynamik bei Standortentscheidungen entsteht. Große, exzellent erschlossene Industrieflächen, die auch außerhalb traditioneller Automobilregionen liegen können, werden ebenso wichtiger wie die Förder- und Unterstützungskulisse, die den potenziellen Ansiedlungen geboten werden können.

Diese Ausgangslage führt zu mehreren Ableitungen. Die Rahmenbedingungen müssen gestärkt werden, indem sich NRW auf seine Stärken konzentriert: Forschung, Entwicklung und Ausbildung – gleichzeitig aber auch die wesentlichen Schwächen angreift, die zur Wachstumsbremse in der Automobilwirtschaft führen. Dazu gehören vor allem die Digital- und die Verkehrsinfrastruktur sowie die Kosten. Insbesondere KMU müssen unterstützt werden, ihre Innovationsaktivitäten zu intensivieren, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, Investitionen zu tätigen – und dies bei gleichzeitiger Wahrung ihrer finanziellen Stabilität. Nicht zuletzt müssen Neuansiedlungen im Auge behalten werden, indem die neuen Anforderungen an greenfield investments gewürdigt werden.

### 8.3.1 Rahmenbedingungen verbessern

Die Rahmenbedingungen müssen im Vergleich zu anderen wichtigen Automobilstandorten wie Bayern oder Baden-Württemberg signifikant verbessert werden. Der automobiler Wandel ist schon für sich genommen eine enorme Herausforderung für die Unternehmen, die mit hohen Innovations- und Investitionsleistungen einhergehen müssen. Deshalb müssen die Rahmenbedingungen bestmöglich auf die Anforderungen der Unternehmen ausgerichtet sein, um ein wachstumsfreundliches Umfeld bieten zu können und sich gleichzeitig attraktiver für Neuansiedlungen zu positionieren.

In den letzten Jahren waren Produktionsverlagerungen ins Ausland zu beobachten, zumeist um näher beim Kunden zu fertigen, aber auch wegen Kostengründen. In NRW bleiben vor allem Forschung, Entwicklung, Null- und Kleinserienbau. Die Hauptaufgabe ist es deshalb, die wesentlichen Stärken NRWs gezielt weiterzuentwickeln. Dazu gehören insbesondere die Felder Forschung, Entwicklung und Ausbildung. Die Hochschullandschaft in NRW hat exzellente Inseln in wesentlichen Produktionsbereichen.

Dabei sind auch regional differenzierte Strategien zu empfehlen. Während bspw. die Wissenslandschaft im Rheinland europaweit ihresgleichen sucht, könnte sie in Westfalen gezielt an der Wirtschaftsstruktur entlang gestärkt werden. Dies könnte auch dazu führen, dass die Nettoabwanderungen, die in Westfalen in überdurchschnittlicher Weise ausgeprägt sind, gelindert werden, weil attraktive Bildungseinrichtungen vor Ort existieren, die die Jüngeren vor Ort halten. Die Abwanderung von gut ausgebildeten Jungen führt insgesamt für NRW zu geringeren Wachstumspotenzialen. Hier muss generell die Lebensqualität der nordrhein-westfälischen Regionen verbessert werden, um attraktive Angebote für Fach- und Führungskräfte bieten zu können.

Entscheidend ist für die Automobilwirtschaft, die Verkehrs- und Digitalinfrastruktur zu verbessern. Gerade in den ländlicheren Regionen wie Westfalen gibt es hier noch großen Aufholbedarf. Für die exportintensive, stark interregional verflochtene und sehr eng getaktete Automobilwirtschaft ist es ein entscheidendes Leistungskriterium, inwieweit Transportprozesse planbar und reibungslos verlaufen. Hier gibt es sowohl auf der kurzfristigen (bspw. Neubau der Leverkusener Brücke) als auch auf der langfristigen (hohe Staubbelastungen an Autobahnschnittstellen wie Haiger/Burbach in Südwestfalen) Ebene dringend zu lösende Probleme. Mit Blick auf Industrie 4.0 und die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle ist eine leistungsstarke Breitbandversorgung ein weiteres Schlüsselkriterium für die Wettbewerbsfähigkeit der Zukunft. NRW hat hier bereits flankierende Maßnahmen zum Bundesförderprogramm verabschiedet. Wichtig bleibt es, zügiger in die Umsetzung des Ausbaus von gigabitfähigem Internet zu kommen.

Ein weiterer Schlüssel ist der enge Kontakt zwischen der Politik, regionalen Akteuren und den Unternehmen vor Ort, wie die Rahmenbedingungen für ihre Bedürfnisse laufend optimiert werden können. Der bestehende Autozulieferer-Dialog ist ein wichtiges Element, um den Bedarf der Unternehmen unmittelbar registrieren und bewerten zu können und um schnelle Lösungen zu finden und umzusetzen.

### 8.3.2 Bestehende Kompetenzen in NRW vertiefen und weiterentwickeln

Nordrhein-Westfalens Unternehmen der Automobilwirtschaft haben eine besondere Spezialisierung auf die nicht direkt transformationsrelevanten Bereiche wie Fahrwerk, Karosserie, Licht, Interieur und Exterieur oder Leistungselektronik. Diese Komponenten bieten Chancen für die Realisierung von Wachstumspotenzialen im Rahmen des automobilen Wandels. Gleichwohl befinden sich auch diese Unternehmen in einem intensiven, internationalen Wettbewerb, die große Herausforderungen bei der

Preisgestaltung auf der einen Seite und den Investitionsanforderungen auf der anderen Seite mit sich bringt.

Diese Unternehmen gehören vielfach zu den großen in NRW und haben eine dementsprechende Bedeutung für die Beschäftigung und Wertschöpfung in den Regionen. Deshalb ist eine enge Einbindung dieser Unternehmen in die regionale Entwicklungsstrategie von hoher Bedeutung. Im Durchschnitt ist NRW mit Blick auf die Bruttowertschöpfung ein Bundesland mit einer leicht unterdurchschnittlichen industriellen Prägung (20,1 versus 22,7 Prozent in Deutschland). Der Erhalt wertschöpfungsstarker und produktiver Industrie in den einzelnen Regionen NRWs ist der Schlüssel, dort auch in Zukunft Wohlstand und Wachstum zu gewährleisten.

Deshalb erscheint eine Strategie erfolversprechend, in der diese Unternehmen bestmöglich nach ihren spezifischen Bedürfnissen unterstützt werden. Das kann die allgemeinen Rahmenbedingungen wie eine gigabitfähige digitale Infrastruktur, die Höhe der Gewerbesteuern oder geeignete freie Industrie-flächen genauso betreffen wie spezifische Voraussetzungen wie gezielte Kooperationen mit Forschungsinstituten oder Startups, die Einbindung in Förderprojekte bspw. zum Thema Leichtbau oder Leistungselektronik, die Verankerung neuer Ausbildungs- oder Studiengänge vor Ort oder eine Imagekampagne, um die spezifischen Stärken der Standorte hervorzuheben.

Neben diese größeren Unternehmen darf aber auch die überdurchschnittliche KMU-Prägung NRWs nicht aus den Augen gelassen werden. Diese Unternehmen sollten aufgrund ihrer Ressourcenrestriktionen in besonderem Maße begleitet werden. Dabei kann eine Unterstützung bei der Erschließung von Auslandsmärkten (s. Kapitel 8.3.5) ebenso wichtig sein wie ein Innovationskonfigurator, mit dem KMU Impulse erhalten, in welche Märkte sie innerhalb und außerhalb der Automobilwirtschaft mit ihren Kernkompetenzen vorstoßen können. Ein solcher Konfigurator existiert noch nicht, sollte aber plattformbasiert dazu befähigen, Impulse für angrenzende Technologien und Produkte zu erhalten und so ihr Entwicklungs- und Produktportfolio zu erweitern. Dabei könnten auch direkt Ansprechpartner von Forschungseinrichtungen, anderen Unternehmen oder Startups, die sich mit den potenziellen Technologien, Produkten oder Services arbeiten, zur Kontaktaufnahme genannt werden. Die Identifizierung neuer Trends, Technologien und Methoden, deren Anpassung an bestehende Wertschöpfungsmodelle, Produkte und Dienstleistungen sowie die Abschätzung der potenziellen Chancen ist für viele KMU eine große Herausforderung – insbesondere im Hinblick auf finanzielle, zeitliche und personelle Ressourcen sowie den Zugang zu relevanten Forschungsnetzwerken.

### 8.3.3 Kompetenzzentrum Automotive.NRW etablieren

Nordrhein-Westfalen kann als einwohnerstärkstes Bundesland Deutschlands auf eine Vielzahl von Initiativen, Cluster, Netzwerke und Forschungsprojekte verweisen, die für sich genommen oftmals erfolgreich sind, aber dennoch teilweise zu Doppelstrukturen führen und aufgrund ihrer Kleinteiligkeit nicht miteinander koordiniert werden. Zudem nehmen die Herausforderungen für den Automobilstandort NRW weiter zu, weil es nicht mehr nur um die Automobilherstellung geht, sondern um den umfassenderen Begriff der Mobilität, der nun auch die Bereiche Energie und Digitalisierung ergänzt werden muss.

Für eine Bündelung und Steuerung der vielfältigen Aktivitäten in NRW erscheint die Einrichtung eines Kompetenzzentrums Automotive eine zielführende Maßnahme zu sein. Unter einem Dach könnten sowohl Initiativen und Netzwerke gebündelt und gezielte Veranstaltungen bspw. für Innovationsimpulse organisiert werden als auch eigene konkrete Anwendungsprojekte initiiert und begleitet werden.

Um Doppelstrukturen möglichst zu vermeiden, könnte ein bereits tief in der Unternehmenslandschaft verankerter Akteur wie Automotiveland.NRW die Federführung eines solchen Kompetenzzentrum übernehmen. Ein solches Zentrum könnte mehrere wichtige Aufgaben im Rahmen des automobilen Wandels wahrnehmen.

Es könnte erstens die anstehenden Aufgaben innerhalb der Regionen koordinieren und orchestrieren, damit regionale Alleinstellungsmerkmale in Arbeitsteilung entstehen und dann überregionale Synergien gehoben werden. Zweitens könnten Unternehmen, die im Bereich des traditionellen Antriebs aktiv sind, bei der Weiterentwicklung über Übertragung von Kompetenzen unterstützt werden. Drittens könnte eine Kombination aus der Vernetzung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen und dem Betrieb von Reallaboren und Testbeds entwickelt werden. Viertens könnte eine landesweite Schnittstelle zu Querschnittsthemen – wie bspw. Mobilität und Energie – etabliert werden.

#### 8.3.4 Fonds für betroffene Unternehmen prüfen

In NRW ist jeder fünfte Beschäftigte in der Automobilwirtschaft damit betraut, Komponenten für den traditionellen Antriebsstrang herzustellen. Diese Komponenten werden im Zuge des automobilen Wandels deutlich weniger gebraucht. Die Herstellung eines traditionellen Antriebsstrangs ist zu rund 60 Prozent beschäftigungsintensiver als die Herstellung des Antriebsstrangs für Elektrofahrzeuge. Die betroffenen Unternehmen in NRW müssen deshalb unterstützt werden, den Wandel aktiv gestalten zu können, um die Arbeitsplätze weitgehend zu sichern.

Die betroffenen Unternehmen haben teilweise seit Jahrzehnten Kernkompetenzen aufgebaut, die auch im Wandel und nach der Transformation wertvoll sind. Aktuell besteht jedoch eine sehr herausfordernde Lage durch die Corona-Pandemie bei vielen Unternehmen mit weniger starker Eigenkapitaldecke. Um die Kompetenzen zu erhalten, sollte die Einrichtung eines Sonderfonds diskutiert werden, der Unternehmen darin unterstützt, die extremen Herausforderungen aus Pandemie, gleichzeitigem beschleunigtem automobilen Wandel und wachsender internationaler Konkurrenz zu stemmen.

Dabei könnten die Fördermittelzusagen für Zulieferer auf Bundesebene in ein Landesprogramm integriert werden: Bis 2024 sollen demnach zwei Milliarden Euro vor allem für Investitionszuschüsse an die deutsche Schlüsselindustrie gehen. Der Plan sieht außerdem vor, dass der Forschungs- und Entwicklungsbereich besonders gefördert werden soll. Hier hat man vor allem eine schnellere Digitalisierung im Blick. Zugleich liegt ein weiterer Fokus auf der Qualifizierung der Millionen Beschäftigten. Förderung sollen Firmen – vor allem Zulieferer – bekommen, wenn sie sich mit anderen Betrieben zusammenschließen, um Beschäftigte zu qualifizieren und weiterzubilden. Es ist zu prüfen, ob diese Hilfen verknüpft werden können mit weiteren gezielten Mitteln, die die Existenz der Autozulieferer bis zum Ende der Pandemie sicherstellt und Perspektiven für die vom automobilen Wandel betroffenen Unternehmen eröffnet, sich in wachstums- und marginstärkere Bereiche weiterzuentwickeln.

#### 8.3.5 KMU bei der Erschließung neuer Märkte unterstützen

Die Auslandsproduktion in der Automobilwirtschaft hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Für den Standort NRW bedeutet das auf der einen Seite Risiken, weil die Zulieferer den OEMs in bestimmtem Rahmen folgen müssen aufgrund von Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Prozessabläufen. Die Absatzmärkte verschieben sich weiter Richtung Asien. Schon heute ist China der mit Abstand wichtigste Absatzmarkt für deutsche Automobilhersteller. Mit weiteren Produktionsverlagerungen der

OEMs entsteht Druck auf die Zulieferer, ebenfalls Produktionskapazitäten nach Fernost (und in andere wachstumsstärkere Teile der Welt) zu verlagern.

Gleichzeitig entstehen aber auch Chancen für den Standort NRW aufgrund der ausgeprägten Zuliefererstruktur. Die Unternehmen vor Ort können neue OEMs und Absatzmärkte in den Blick nehmen und diese mit einer Exportstrategie beliefern.

Bei diesen Internationalisierungsprozessen sollten insbesondere KMU gezielt unterstützt werden, indem Auslandsmärkte erschlossen werden, Kontakte hergestellt, Bürgschaften eingerichtet oder Unternehmen zusammengebracht werden.

Für eine reibungslose Exportstrategie müssen allerdings auch die Rahmenbedingungen stimmen. So kommen Transportwegen und der digitalen Infrastruktur eine noch wichtigere Bedeutung als ohnehin schon zu.

## 9 Literaturverzeichnis

### **Bauer et. al (2020)**

Wilhelm Bauer / Oliver Riedel / Florian Herrmann / Daniel Borrmann / Carolina Sachs / Stephan Schmid / Matthias Klötzke, ELAB 2.0, Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland ; Abschlussbericht, 15. November 2018, Fraunhofer IAO, DLR – Institut für Fahrzeugkonzepte

### **BDEW (2020)**

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2020, Ladesäulenregister, <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/anzahl-oeffentlicher-ladepunkte-auf-ueber-33000-gestiegen-bdew-unterstuetzt-umfassenden-elektromobilitaetsgipfel>

### **BMU (2019a)**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2019, Das System der CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge, Stand: 04.05.2020, [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Luft/zusammenfassung\\_co2\\_flottengrenzwerte.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/zusammenfassung_co2_flottengrenzwerte.pdf) [25.01.2021]

### **BMU (2019b)**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2019, Wie umweltfreundlich sind Elektroautos?

### **Bundesregierung (2020)**

Bundesregierung, 2020, Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung, [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur.pdf?__blob=publicationFile)

### **BMVI (2018)**

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2018, Ausstattung privater Haushalte mit Fahrzeugen, Verkehr in Zahlen 2018/2019, S. 297

### **BMWi (2019)**

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Automobile Wertschöpfung 2030/2050, IPE Institut für Politikevaluation GmbH, fka GmbH und Roland Berger GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/automobile-wertschoepfung-2030-2050.pdf>

### **Cacilo & Haag (2017)**

Cacilo, A. & Haag, M., 2017, Wirkungen der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung auf Wertschöpfung und Beschäftigung. Hans-Böckler-Stiftung.

### **Daimler (2020)**

Daimler, 2020, Mercedes-Benz und NVIDIA: Software-definierte Fahrzeugarchitektur für künftige Fahrzeugflotte, Pressemitteilung vom 23.6.2021, <https://www.daimler.com/innovation/produktinnovation/autonomes-fahren/mercedes-benz-und-nvidia-planen-zusammenarbeit.html>



**Deloitte (2019)**

Deloitte, 2019, New market, new entries, new challenges, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/manufacturing/deloitte-uk-battery-electric-vehicles.pdf>

**EFI (2021)**

Expertenkommission für Forschung und Innovation, 2021, Jahresgutachten 2021, Berlin

**Fasse (2020)**

Markus Fasse, 2020, „Wie Musikstreaming für die Straße“: Sixt startet Auto-Abos in Handelsblatt, 17.06.2020, <https://www.handelsblatt.com/technik/thespark/autovermietung-wie-musikstreaming-fuer-die-strasse-sixt-startet-auto-abos/25924344.html>

**FAZ (2020a)**

Julia Löhr, Altmaier will Batteriezellen von Tesla fördern, in FAZ.net am 24.11.2020, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/peter-altmaier-will-batteriezellen-von-tesla-foerdern-17068683.html>

**Fockenbrock et al. (2019)**

Dieter Fockenbrock / Markus Fasse / Franz Hubik, Teure Flotte: Der Carsharing-Flop von Daimler und BMW, in Handelsblatt am 19.12.2019, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/mobilitaetsdienste-teure-flotte-der-carsharing-flop-von-daimler-und-bmw/25351186.html>

**Fraunhofer IAO (2020)**

Herrmann, Florian; Beinbauer, Wolfgang; Borrmann, Daniel; Hertwig, Michael; Mack, Jessica; Potincke, Thomas; Praeg, Claus-Peter; Rally, Peter, Beteiligt: Bauer, Wilhelm (Hrsg.); Riedel, Oliver (Hrsg.); Herrmann, Florian (Hrsg.), Beschäftigung 2030, Auswirkungen von Elektromobilität und Digitalisierung auf die Qualität und Quantität der Beschäftigung bei Volkswagen; Abschlussbericht, Stuttgart.

**Fritsch und Puls (2020)**

Thomas Puls / Manuel Fritsch: Eine Branche unter Druck – Die Bedeutung der Autoindustrie für Deutschland, IW-Report 43/2020, Köln.

**GM (2021)**

General Motors, 2021, Pressemitteilung, <https://media.gm.com/media/us/en/gm/news-detail.html/content/Pages/news/us/en/2021/jan/0128-carbon.html>

**Holzer (2019)**

Der Trend geht zum eigenen Auto – warum das Carsharing in der Krise steckt, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/leasing/shared-mobility-der-trend-geht-zum-eigenen-auto-warum-das-car-sharing-in-der-krise-steckt/25291424.html>

**IDW (2020)**

IDW Institut der Wirtschaftsprüfer in Deutschland e.V. (2020) Die neue Mobilität. Trends und Herausforderungen im Automobilssektor. IDW Positionspapier.

**IHS (2020a)**

IHS Markit, 2020, Forecast of light vehicle sales, <https://lmc-auto.com/news-and-insights/the-global-auto-industry-eagerly-moves-past-2020/>

**IHS (2020b)**

IHS Markit, 2020, Navigating a New Reality, [https://www.acg.org/sites/files/IHS%20Market%20LV%20Outlook%20for%20ACG-TMA\\_0.pdf](https://www.acg.org/sites/files/IHS%20Market%20LV%20Outlook%20for%20ACG-TMA_0.pdf)

**IW Consult (2020)**

IW Consult GmbH, 2020, Rohstoffsituation der bayerischen Wirtschaft, Studie für die vbw.

**IW Consult (2020a)**

Hanno Kempermann / Pekka Sagner / Johannes Ewald / Manuela Krause, Wohnen in Deutschland 2020 – Unterschiede zwischen Stadt und Land, Gutachten der IW Consult im Auftrag des Verbands der Sparda-Banken e.V.

**IW Consult (2020b)**

Wasserstoffranking 2020 – ein Vergleich von acht deutschen Metropolregionen, Ranking der IW Consult im Auftrag des Regionalverbands Ruhr.

**IW Consult und Fraunhofer IAO (2018)**

Veränderungen der bayerischen Automobilindustrie durch automobiler Megatrends, Studie für vbw / bayme.

**IW Consult und Fraunhofer IAO (2017)**

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

**Johanning & Mildner (2015)**

Johanning, V. & Mildner, R., 2015, Car IT kompakt: Das Auto der Zukunft – Vernetzt und autonom fahren. Wiesbaden: Springer Vieweg.

**KBA (2021)**

Kraftfahrtbundesamt, Fahrzeugzulassungen (FZ), Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern – Monatsergebnisse.

**KBV (2020)**

Kassenärztliche Bundesvereinigung, Arztdichte (Ärzte je 100.000 EW), Gesundheitsdaten, Regionale Verteilung der Ärzte in der vertragsärztlichen Versorgung, <https://gesundheitsdaten.kbv.de/cms/html/16402.php>.

**Knoedler et al. (2020)**

Arnold, C., Keppler, S., Knödler, H., Reckenfelderbäumer, M. (Hrsg.), Herausforderungen für das Nachhaltigkeitsmanagement, Globalisierung – Digitalisierung – Geschäftsmodelltransformation, Gabler Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

**Koppel et al. (2019)**

Koppel, Oliver / Puls, Thomas / Röben, Enno, 2019, Innovationstreiber Kfz-Unternehmen, Eine Analyse der Patentanmeldungen in Deutschland für die Jahre 2005 bis 2016, IW-Analysen 132, Köln.

**LMC (2021)**

Jeff Schuster, 2021, The global auto industry eagerly moves past 2020, but there will be a lasting impact, <https://lmc-auto.com/news-and-insights/the-global-auto-industry-eagerly-moves-past-2020/>

**LMC (2020)**

LMC Automotive, 2020, Global Light Vehicle Production Forecast, <https://lmc-auto.com/what-we-do/our-services/global-automotive-production-forecast/>

**MDR (2020)**

Spatenstich für Batteriewerk in Schwarzheide. <https://www.mdr.de/sachsen/bautzen/basf-schwarzheide-spatenstich-batteriewerk-100.html>

**MWIDE (2019)**

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019, <https://www.exzellenz-start-up-center.nrw/>

**ntv (2020)**

Newcomer mit Tesla-Potenzial?, <https://www.n-tv.de/auto/Newcomer-mit-Tesla-Potenzial-article21999506.html>

**ntv (2019)**

500 Millionen für die Forschung – Münster soll Batterie-Zentrum werden, in n-tv.de am 28.06.2019, <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Muenster-soll-Batterie-Zentrum-werden-article21115018.html>

**OICA (2020)**

OICA International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (2021)

**Prognos (2020)**

Prognos, 2020, regionale Branchenprognose 2030, <https://regionale-branchenprognose-2030.prognos.com/>

**Statistische Ämter des Bundes und der Länder**, 2020, Statistik der öffentlich geförderten Kindertagespflege. Regionaldatenbank Deutschland.

**Statistisches Bundesamt (2020a)**

Statistisches Bundesamt, 2020, Haushalte und Familien, [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/_inhalt.html)

**Statistisches Bundesamt (2020b)**

Regionalatlas Deutschland, Indikatoren des Themenbereichs „Gesundheits- u. Sozialwesen“, Tabelle AI014-1, Krankenhausbettendichte (Betten je 1.000 EW).

**Statistisches Bundesamt (2020c)**

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

**vbw (2020)**

Vereinigung der bayerischen Wirtschaft, 2020, Zukunftsrat der bayerischen Wirtschaft: Klima 2030. Nachhaltige Innovationen

**vbw (2018)**

Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft, 2018, Veränderungen der bayerischen Automobilindustrie durch automobiler Megatrends, München

**VDA (2020)**

Daten zur Automobilwirtschaft, Ausgabe 2020, Sonderbestellung beim Verband der Automobilindustrie, <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/daten-zur-automobilwirtschaft%2C-ausgabe-2020-%28bezug-als-pdf-per-mail%29.html>

**VuMA (2020)**

IFAK; GfK Media and Communication Research; forsa marplan, 2020, Verbrauchs- und Medienanalyse

**VW (2021)**

Volkswagen, 2021, Volkswagen Konzern und Microsoft beschleunigen Entwicklung des automatisierten Fahrens, Pressemitteilung vom 11.2.2021, <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/pressemitteilungen/volkswagen-konzern-und-microsoft-beschleunigen-entwicklung-des-automatisierten-fahrens-6809>

**Wuppertal Institut (2019)**

Frederic Rudolph, 2019, Der Beitrag von synthetischen Kraftstoffen zur Verkehrswende: Optionen und Prioritäten

**iw**CONSULT

