



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



MITTELSTAND
GLOBAL
MARKTERSCHLIESSUNGS-
PROGRAMM FÜR KMU



Automobil-, Luftfahrt & Zulieferindustrie

Zielmarktanalyse USA 2020
mit Fokus auf den Leichtbau

BMWi-Markterschließungsprogramm für KMU



German American
Chambers of Commerce
Deutsch-Amerikanische
Handelskammern

Impressum

Herausgeber

German American Chamber of Commerce of the Southern US, Inc.
AHK USA-Atlanta
1170 Howell Mill Road, Suite 300
Atlanta, GA 30318

German American Chamber of Commerce of the Midwest, Inc.
AHK USA-Chicago
150 North Michigan Ave, 35th Floor
Chicago, IL 60601

Text und Redaktion

AHK USA-Atlanta
Catherine Malone
Sabrina Nissen
Max Oster
Leslie Southard
Michaela Schobert

AHK USA-Chicago
Brooke Rupprecht
Jasmin Gradowski
David Stock
Jessica Ferkläss

redaktionelle Bearbeitung

AHK USA-Atlanta

AHK USA-Chicago

Gestaltung und Produktion

AHK USA-Atlanta
AHK USA-Chicago

Stand

Oktober 2020

Bildnachweis

© EnginAkyrut

Die Studie wurde im Rahmen des BMWi-Markterschließungsprogramms für das Projekt Geschäftsanbahnung für deutsche Unternehmen und Zulieferer im Bereich Autonomes Fahren erstellt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Die Zielmarktanalyse steht der Germany Trade & Invest GmbH sowie geeigneten Dritten zur unentgeltlichen Verwertung zur Verfügung.

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet der Herausgeber nicht, sofern ihm nicht nachweislich vorzätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt wer-

Inhaltsverzeichnis

Impressum	1
Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Währungsumrechnung	8
1. Executive Summary	9
2. Länderprofil USA	11
2.1 Politischer Hintergrund	11
2.2 Wirtschaft, Struktur und Entwicklung	12
3. Die US-Industrie für Leichtbautechnik	15
3.1 Leichtbautechnik-Industrie auf einen Blick	15
3.1.1 Verkaufszahlen und Absatzentwicklung	15
3.1.2 Zusätzliche Anwendungsbereiche	16
3.2 Produktion in den US-Bundesstaaten	17
3.2.1 Michigan	18
3.2.2 Tennessee	21
3.3 Leichtbauwerkstoffe	24
3.3.1 Eisenmetalle	26
3.3.2 Nichteisenmetalle	26
3.3.3 Faserverbundwerkstoffe	27
3.4 Herstellungsverfahren	28
3.5 Verbindungstechnologien	29
3.7 Konstruktive und technische Auslegung	31
4. Leichtbau in der Automobilindustrie	32
4.1 Trends, Treiber und Herausforderungen	33
4.1.1 Verbesserter Kraftstoffverbrauch und reduzierte CO2-Emissionen	33
4.1.2 Elektrifizierung	34
4.1.3 Autonomes Fahren	36
4.1.4 Trend zu größeren Modellen	37
4.1.5 Schwankende Kraftstoffpreise	38
4.1.6 Herausforderungen für Leichtbau im Automobilssektor	39
4.2 Anwendungsbeispiele	40
4.2.1 Leichtbaumaterialien im Automobilssektor	40
4.2.2 Leichtbau in Automobilanwendungen	41
4.3 Vertriebsstrukturen und -bedingungen	43
5. Leichtbau in der Luftfahrtbranche	45

5.1 Trends und Herausforderungen	46
5.1.1 Besondere Anforderungen an die Leichtbauweise in der Luft- und Raumfahrtindustrie.....	46
5.1.2 Leichtbaumaterialien im Luft- und Raumfahrtsektor	47
5.2 Anwendungsbeispiele.....	48
5.2.1 Die Rolle der Nanotechnologie.....	50
5.2.2 Advanced / Additive Manufacturing	50
5.3 Vertriebsstrukturen- und bedingungen	51
6. Gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen	53
6.1 Zertifizierung und Zulassung.....	53
6.1.1 Zulassung von Maschinen	53
6.2 Sicherheitsstandards	54
6.2.1 Automobilindustrie.....	54
6.2.2 Luftfahrtindustrie.....	55
6.3 Kraftstoffverbrauchsstandards und CO2-Effizienz.....	55
6.3.1 Automobilbranche	55
6.3.1.2 Emissionsregulierung auf Bundesstaatenebene: CARB in Kalifornien	56
6.3.1.3 Auswirkungen der Standards auf die Automobilindustrie	57
6.3.2 Luftfahrtbranche	57
6.3.2.1 Auswirkungen der Standards auf die Luftfahrtbranche	59
6.4 Produkthaftung	59
6.5 Steuersystem.....	61
6.5.1 Steuern auf Bundesebene	61
6.5.2 Steuern auf Ebene der einzelnen Bundesstaaten	61
6.5.3 Steuern auf kommunaler Ebene	62
6.6 Zollinformationen.....	62
7. Markteinstiegsinformationen für deutsche Unternehmen.....	64
7.1 Wettbewerbssituation.....	64
7.2 SWOT-Analyse.....	64
7.3 Marktbarrieren und -hemmnisse	65
7.4 Chancen für deutsche Unternehmen	66
7.5 Einstiegs- und Vertriebsinformationen.....	67
7.5.1 Verkaufsstrategien.....	67
7.5.2 Handelsvertreter	68
7.5.3 Direktvertrieb	69
7.5.4 Finanzierungsmöglichkeiten	69
7.6 Handlungsempfehlungen	70
8. Relevante Marktakteure.....	72

8.1 Automobilnetzwerk	72
8.2 Luft- und Raumfahrtnetzwerk	84
8.3. Forschungseinrichtungen, Institute, Universitäten und Verbände	87
8.4. Spezialisierte Kanzleien, Unternehmensberatungen, Wirtschaftsprüfungsgesellschaften	90
Anhang	92
Experteninterviews	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirtschaftseckdaten der USA 2020.....	12
Abbildung 2: BIP nach Staaten: Fertigung, 2019: Q4	17
Abbildung 3: Geographische Lage Michigans	18
Abbildung 4: Top 10 Fertigungsindustrie in Michigan	19
Abbildung 5: Geographische Lage Tennessee.....	21
Abbildung 6: Top 10 Fertigungsindustrien in Tennessee	22
Abbildung 7: Werkstoffverteilung in US-Fahrzeugen (Stand 2017)	24
Abbildung 8: Werkstoffverteilung bei US-Fahrzeugen 2010-2040 (Rohkarosserie).....	25
Abbildung 9: Prognose zur Entwicklung der Herstellungsverfahren 2015-2035	29
Abbildung 10: Prognose zur Entwicklung der Verbindungsprozesse 2015-2030.....	30
Abbildung 11: Verteilung der Zulieferindustrie in den Vereinigten Staaten	32
Abbildung 12: Geschätzter CO2- und Treibstoffverbrauch, 1975-2018.....	34
Abbildung 13: Technologieanteil für große Hersteller in Nordamerika, Modelljahr 2019.....	35
Abbildung 14: Marktdurchdringung der Antriebstechnik für leichte Nutzfahrzeuge in Nordamerika und weltweit.....	36
Abbildung 15: Produktionsanteil und Kraftstoffverbrauch nach Fahrzeugtyp	37
Abbildung 16: US-Preis für Normalbenzin von 1990 bis 2019	38
Abbildung 17: Durchschnittlicher Aluminium-Anteil in Fahrzeugen in Nordamerika– 1980 bis 2025 (prognostiziert)	40
Abbildung 18: Werkstoffverteilung bei US-Fahrzeugen 2010-2040 (Rohkarosserie).....	41
Abbildung 19: Symbolbild Ford F-150 Pickup Truck, Model 2015.....	41
Abbildung 20: Aufteilung des Anteils von Aluminiumblechen im F-150	42
Abbildung 21: Magna Kofferraum Heckklappe	42
Abbildung 22: SGL Carbon Batteriegehäuse	43
Tabelle 1: Gewichtseinsparung und Relative Kosten versch. Leichtbaumaterialien	25
Tabelle 2: Überblick Leichtfahrzeug Produktion in den Regionen der Vereinigten Staaten	33
Tabelle 3:Herausforderungen der Automobilindustrie aufgrund von Leichtbau	39
Tabelle 4: Vereinfachte Übersicht der drei Ebenen des US-Steuersystems.....	61
Tabelle 5: Deutsche Unternehmen im US-amerikanischen Leichtbaumarkt	65
Tabelle 6: Ausgewählte Automobilhersteller und Zulieferer in Michigan	72
Tabelle 7: Ausgewählte Luftfahrthersteller und Zulieferer in Michigan	84
Tabelle 8: Ausgewählte Luftfahrthersteller und Zulieferer in Tennessee	85
Tabelle 9: Relevante Forschungseinrichtungen im Bereich Leichtbau in Michigan.....	87
Tabelle 10: Relevante Forschungseinrichtungen im Bereich Leichtbau in Tennessee	87
Tabelle 11: Ausgewählte Verbände in den Bereichen Automobil, Luft- und Raumfahrt, Leichtbau in den USA (Fokus auf den mittleren Westen und Südstaaten)	87
Tabelle 12: Kanzleien, Unternehmensberatungen, Wirtschaftsprüfungsgesellschaften aus dem AHK USA Netzwerk (Mittlerer Westen, Südosten)	90

Abkürzungsverzeichnis

AIA	Aerospace Industries Association
AHJ	Authority Having Jurisdiction
AM	Additive Manufacturing
ANSI	American National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
AV	Autonome Vehikel
BIP	Bruttoinlandsprodukt
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAFÉ	Corporate Average Fuel Economy
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CARB	California Air Resources Board
CAR	Center for Automotive Research
CARES	Coronavirus Aid, Relief and Economic Security
CEO	Chief Executive Officer
CFK	Carbonfaserverstärkte Kunststoffe
CFR	Code of Federal Regulations
CNT	Carbon Nanotubes
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
D.C.	District of Columbia
DFM	Design for Manufacturability
DOT	Department of Transportation
EPA	United States Environmental Protection Agency
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EV	Elektrovehikel
FAA	Federal Aviation Administration
FMCSA	Federal Motor Carrier Safety Administration
FMVSSR	Federal Motor Vehicle Safety Standards and Regulations
GTAI	Germany Trade and Invest
GWEC	Global Wind Energy Council
HRSA	Heat-resistant super alloys
IACMI	Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation
ICAO	International Civil Aviation Organization
i.d.R.	in der Regel
kg	Kilogramm
Km	Kilometer
LIFT	Lightweight Innovation for Tomorrow
MPa	Megapascal
MPG	Miles per Gallon
MW	Megawatt

NAFTA	North American Free Trade Agreement
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
NIST	National Institute of Standards and Technology
NRTL	Nationally Recognized Testing Laboratory
NSSN	National Standards Systems Network
OEM	Original Equipment Manufacturer
OSHA	US Department of Labor Occupational Safety & Health Administration
RTM	Resin Transfer Molding
SAFE	Safer Affordable Fuel-Efficient Vehicles Rules
THG	Treibhausgase
u.a.	unter anderem
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UL	Underwriters Laboratories
US	United States
USA	United States of America
USD	US-Dollar
USMCA	United States-Mexico-Canada Agreement
VN	Vereinte Nationen
z.B.	zum Beispiel

Währungsumrechnung

Alle Angaben sind in US-Dollar bzw. in US-Cent angegeben.¹

1 USD = 0,8437 EUR (Stand: 04.09.2020)

1 EUR = 1,1852 USD (Stand: 04.09.2020)

¹ Vgl. [Finanzen.net \(kein Datum\): Währungsrechner](#), abgerufen am 04.09.2020

1. Executive Summary

Der globale Markt für Leichtbaumaterialien war und ist auch weiterhin im Aufschwung, und soll Prognosen zu Folge von 145,73 Mrd. USD im Jahr 2019 auf 276,81 Mrd. USD im Jahr 2027 steigen. Dies entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 8,3%. Im Jahr 2019 hatten die USA mit 19,7% den zweitgrößten Marktanteil in der Leichtbauindustrie.²

Die Luft- und Raumfahrt und die Automobilindustrie sind die zwei größten Abnehmer von Leichtbauwerkstoffen in den USA. In den vergangenen Jahren und auch zukünftig wird die Gewichtsreduktion von Flug- und Fahrzeug bei gleichbleibender, oder gar bessere Leistungsfähigkeit eine wesentliche Rolle spielen. Für beide Industrien gilt es Vorgaben der Regierung (Emissionsstandards) zu erreichen und Kraftstoffeffizienz zu steigern. Ein weiterer zentraler Treiber für den Leichtbau in der Automobilindustrie ist die steigende Anzahl von Elektrofahrzeugen und somit die Verbesserung der Reichweite von Elektrofahrzeugen durch Gewichteinsparungen. In der Luft- und Raumfahrtindustrie ist derzeit der Wandel der Antriebstechnik und Verbrennungsmotoren bis hin zu innovativen Lösungen im Bereich Urban Air Mobility (UAM) der größte Treiber.³

Die USA sind der größte Markt für die Luft- und Raumfahrtindustrie. Beinahe die Hälfte (49%) des globalen Marktvolumens der Industrie entfällt auf die USA. Generell entfallen 54% des Marktvolumens der weltweiten Luft- und Raumfahrtindustrie auf die Fertigungsbranche, bestehend aus OEMs, Tier 1 und untergeordnete fertigende Unternehmen von Flug- und Raumfahrzeugen und deren Bestandteilen. Regelmäßig werden die USA daher auch als attraktivster Standort für die Fertigungsindustrie der Luft- und Raumfahrt gewählt.⁴ Die Luft- und Raumfahrtindustrie wurde jedoch stark von der weltweiten Coronavirus-Pandemie getroffen, dies ist nicht nur im Luftverkehr, sondern auch bei den Herstellern zu merken. 2020 sollten ursprünglich 1.066 Flugzeuge hergestellt und an den Endkunden geliefert werden, die Zahlen sind nun auf ca. 522 Flugzeuge gefallen.

Die USA ist ebenfalls einer der größten Absatzmärkte für Neufahrzeuge. Die Nachfrage nach Personenkraftwagen ist, nach kontinuierlichem Wachstum in den vergangenen Jahren, aufgrund niedriger Benzinpreise und niedriger Zinssätze auch im Jahr 2019 weiter angestiegen. Im Jahr 2019 wurden in den USA knapp 17,5 Mio. Kraftfahrzeuge verkauft. Doch auch die Automobilindustrie verzeichnete aufgrund der Coronakrise sinkende Verkaufszahlen, Vergleich zum Vorjahr gingen Fahrzeugverkäufe um 38% zurück. Im Jahr 2020 werden Verkaufszahlen voraussichtlich zwischen 14,5 und 16,4 Mio. Kraftfahrzeuge liegen.⁵

Trotz den Herausforderungen und Auswirkungen der weltweiten Coronapandemie auf die Luft- und Raumfahrt, als auch Automobilindustrie, besteht für die Anwendung von Leichtbauwerkstoffen und generell für den US-Amerikanischen Leichtbausektor weiterhin großes Potential.

Der Materialmix bei der Herstellung von Flug- und Fahrzeugen, wird sich auch in den kommenden Jahren weiterentwickeln und zugunsten von leichteren Werkstoffen mit verbesserten Eigenschaften verändern. Experten zufolge wird in der Luft- und Raumfahrtindustrie in den kommenden Jahren vermehrt auf Kohlefaser und andere faserverstärkte Werkstoffe gesetzt. Beim Fahrzeugbau werden Automobilhersteller, besonders bei Fahrzeugkomponenten, wie zum Beispiel Batteriegehäusen zunehmend Stahl mit Aluminium und faserverstärkte Werkstoffe einsetzen.⁶

Die Verbreitung und Verwendung von Verbindungstechnologien wird sich durch den höheren Materialmix in Flugzeugen und Fahrzeugen in den nächsten Jahren verändern. Da durch den Einzug von nicht metallischen Werkstoffen Schweißverfahren nur noch bedingt einsetzbar sein werden, benötigt die Industrie alternative Verbindungstechnologien. Hierbei sind besonders Klebstoffe im Aufschwung, die es ermöglichen artfremde Werkstoffe miteinander zu verbinden.

Durch den signifikanten Wandel in Bezug auf die verwendeten Materialien im Bereich Leichtbau, die vorrangig die Wertschöpfungskette betreffen, sowie durch die hohe Varianz und Vielfalt der einsetzbaren Werkstoffe, ergeben sich eine Reihe an Herausforderungen aber auch Chancen für u.a. deutsche Marktakteure in der Luftfahrt- und Automobilindustrie, die ein großes Potenzial haben die Industrien zu verändern.

² Globe Newswire [Lightweight Materials Market By Product, By Application \(Automotive, Aviation, Energy, Others\), and By Distribution Channel \(Offline Stores, Online Stores\), Forecasts to 2027](#), abgerufen am 13.08.2020

³ Gespräch mit Dale Brosius, Chief Commercial Officer for IACMI Vehicle Technology Area, Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation am 14.09.2020

⁴ Vgl. PwC (2020): [2020 Aerospace Manufacturing Attractiveness Ranking](#), abgerufen am 16.09.2020

⁵ Statista: [U.S. Automotive Industry - Statistics & Facts](#), abgerufen am 13.08.2020

⁶ Gespräch mit Dale Brosius, Chief Commercial Officer for IACMI Vehicle Technology Area, Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation am 14.09.2020

Viele deutsche Mittelständler haben sich bereits erfolgreich in den USA ansiedeln können. Sowohl im Mittleren Westen als auch im Südosten der USA sind renommierte Forschungs- und Entwicklungszentren aber auch Ingenieurbüros etabliert, welche eine sehr wichtige Anlaufstelle für Zulieferer, Ingenieurdienstleister und Anlagenbauer darstellen, um innovative Ideen und Lösungsansätze im Bereich der Automobil- und Luftfahrtindustrie bzw. der Produktionsanlagenplanung einzubringen.

2. Länderprofil USA

Die USA sind ein großes, rohstoffreiches Land, dessen Territorium sehr gut erschlossen ist. Mit ca. 9,8 Mio. km² haben die USA etwa die 25-fache Größe Deutschlands und sind damit das flächenmäßig drittgrößte Land der Welt nach Kanada und Russland.⁷

2.1 Politischer Hintergrund

Die USA können sich auf eine 200-jährige demokratische Tradition mit einer erheblichen politischen und gesellschaftlichen Stabilität berufen. Das Land hat ein präsidentiales, föderales Regierungssystem mit zwei starken politischen Parteien: die Demokraten und die Republikaner. Die Regierung beruht auf drei unabhängigen Säulen, die gegenseitige Kontrolle aufeinander ausüben.

Hauptstadt der USA ist Washington, D.C. an der Ostküste. An der Spitze der Exekutive steht ein gewählter Präsident, dessen Amtszeit vier Jahre beträgt. Seit 2017 ist Donald J. Trump amtierender Präsident der USA, am 3. November 2020 stehen die nächsten Präsidentschaftswahlen an, wo entschieden wird, ob Präsident Trumps Amtszeit um vier weitere Jahre verlängert wird, oder ob der ehemalige Vizepräsident Joe Biden das Amt übernehmen wird.⁸ Die Legislative, auch Kongress genannt, besteht aus zwei Kammern (dem Senat und dem Repräsentantenhaus), die sich aus den gewählten Repräsentanten der 50 Bundesstaaten zusammensetzen. Die Legislative hat nicht nur die Entscheidungsgewalt über die Gesetze, sondern auch über das Budget. Die Judikative ist föderal aufgebaut und der Oberste Gerichtshof steht an ihrer Spitze.⁹ Das politische System der USA unterscheidet sich dabei von denen vieler europäischer Länder. Obwohl die zentrale Regierung der USA besonders in den außenpolitischen Bereichen oder der nationalen Verteidigung uneingeschränkte Befugnisse genießt, muss sie ihre Macht in anderen Bereichen mit den einzelnen Bundesstaaten teilen. Darunter fallen vor allem die Themen Besteuerung, Gesetzesvorschriften und Subventionen, die dadurch in jedem Staat, oder sogar Landkreis, unterschiedlich sein können. Darüber hinaus sind die Repräsentanten im Kongress ihren jeweiligen Bundesstaaten bzw. Wahlbezirken gegenüber verantwortlich, nicht ihrer Partei. Aus diesem Grund stimmen sie nicht unbedingt einheitlich mit der Parteilinie überein, wie es bei parlamentarischen Systemen normalerweise der Fall ist.

Das in den Vereinigten Staaten bestehende Mehrheitswahlrecht begünstigt die Positionierung von nur zwei Parteien. Dritte Parteien haben es schwer, bei politischen Entscheidungen auf Bundesebene mitzuwirken. Während sich die Demokraten als progressiv bezeichnen und dem Staat eine größere Rolle einräumen, stehen die Republikaner verstärkt für eine freie Marktwirtschaft und konservative Werte.

Die USA sind unterteilt in 50 Bundesstaaten, die wiederum in über 3.000 Landkreise (counties) untergliedert sind. In diesen Landkreisen befinden sich Städte und Gemeinden (municipalities, cities/communities), die alle über bestimmte Steuer- und Rechtshoheiten verfügen. Städte, vor allem wenn sie größer sind, können unabhängig von counties sein bzw. mehrere dieser umfassen. Dies spielt besonders für die Unternehmen, die sich nicht nur auf den reinen Export in die USA beschränken, sondern eigene Geschäftseinheiten und Produktionsstätten in den USA aufbauen, eine Rolle.

Trotz einer Einwohnerzahl von mehr als 329,9 Mio.¹⁰ ist die Bevölkerungsdichte aufgrund der Größe des Landes mit 33 Einwohnern pro km² relativ gering.¹¹ Im Vergleich dazu hat Deutschland eine Bevölkerungsdichte von 233 Einwohnern pro km².¹²

Obwohl es keine festgelegte Amtssprache in den USA gibt, werden alle amtlichen Schriftstücke und Gesetzestexte auf Englisch verfasst. Durch die verstärkte Immigration lateinamerikanischer Bevölkerungsgruppen in den vergangenen Jahren bilden diese Gruppen ca. 18,5% der Gesamteinwohnerzahl.¹³ Infolgedessen steigt die Verbreitung der spanischen Sprache sowohl in der Gesellschaft allgemein als auch in der Wirtschaft. Z.B. sind sowohl Produktetiketten als auch Gebrauchsanleitungen oft

⁷ Central Intelligence Agency (2020) [The World Factbook - USA \(2020\)](#), abgerufen am 22.07.2020

⁸ USA.gov (2020) [Presidents, Vice Presidents, and First Ladies of the United States](#), abgerufen am 28.08.2020

⁹ Bundeszentrale für politische Bildung [Dossier: USA](#), abgerufen am 22.07.2020

¹⁰ U.S.Census Bureau (2020) [U.S. and World Population Clock](#), abgerufen am 22.07.2020

¹¹ Länderdaten.info (2020) [Bevölkerungsdichte im internationalen Vergleich](#), abgerufen am 22.07.2020

¹² Länderdaten.info (2020) [Bevölkerungsdichte im internationalen Vergleich](#), abgerufen am 22.07.2020

¹³ U.S. Census Bureau (2020) [Quick Facts \(2019\)](#), abgerufen am 22.07.2020

zweisprachig: in Englisch und Spanisch. Auch Kundendienste verschiedener Firmen werden häufig in beiden Sprachen angeboten und einige Werbeplakate sind auf die Spanisch sprechende Bevölkerung abgestimmt.¹⁴

2.2 Wirtschaft, Struktur und Entwicklung

Das Wirtschafts- und Finanzsystem der USA zeichnet sich durch unternehmerische Initiative und Innovationsgeist aus. Die Vereinigten Staaten erwirtschaften etwa ein Fünftel des jährlichen Welteinkommens und sind damit vor der Volksrepublik China die größte Volkswirtschaft der Welt.¹⁵ Als Nation haben die USA einen ausgeprägten Dienstleistungssektor, der 80,0% zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) beiträgt. Der Industriesektor erwirtschaftet ca. 19,1% und die Landwirtschaft rund 0,9% des BIP.¹⁶

Das Wirtschaftswachstum lag mit 2,3% im Jahr 2019 unter den Werten von 2018 (2,9%) und 2017 (2,4%).¹⁷ Zwischen 2017 – 2018 konnte eine Verbesserung bzw. Erholung der Wirtschaft beobachtet werden. Dies beruhte hauptsächlich auf einer gestiegenen Konsum- und Investitionsbereitschaft sowie einer weiterhin unterstützenden Rolle der Geldpolitik. Ab 2019 ist jedoch eine Verlangsamung bzw. Stagnierung des Wachstums zu beobachten, Prognosen zu Folge wird sich dieser Trend auch 2020 fortsetzen. Unternehmen sind in der Regel zurückhaltender, wenn es um größere Investitionen geht. Des Weiteren ist die Konsumbereitschaft von 3,0% (2018) auf 2,2% (2020) gefallen.¹⁸

Die offizielle Arbeitslosenquote ist gering. Zwischen Januar 2016 und Januar 2020 ist die Arbeitslosenquote von 4,9% auf 3,6% gesunken.¹⁹ Allerdings werden Langzeitarbeitslose nicht in dieser Statistik berücksichtigt. Die Auswirkungen der weltweiten Corona-Pandemie auf u.a. die Arbeitslosenquote werden im Nachfolgenden detaillierter ausgeführt.

Deutschland und die USA sind wichtige Handelspartner

Wirtschaftlich sind Deutschland und die USA eng verbunden und bilden füreinander wichtige Investitionsstandorte: Die Vereinigten Staaten sind der größte einzelne Absatzmarkt Deutschlands. Laut dem Statistischen Bundesamt wurden im Jahr 2019 Waren im Gesamtwert von 118,7 Mrd. EUR in die USA exportiert, dies ist ein Anstieg von 5,4 Mrd. EUR im Vergleich zum Vorjahr.²⁰ Ebenso ist Deutschland der wichtigste Handelspartner der USA in Europa, 2019 wurden Waren im Gesamtwert von 71,4 Mrd. EUR aus den USA nach Deutschland importiert, dies ist ein Anstieg von 6,9 Mrd. EUR im Vergleich zu 2018.²¹ Zudem sind die USA nach China das wichtigste Lieferland für die deutsche Wirtschaft außerhalb Europas.

Rund 4.700 deutsche Unternehmen sind in den USA angesiedelt, die für 700.000 Arbeitsplätze in den USA verantwortlich sind.²² Deutsche Firmen haben bis Ende 2018 umgerechnet 474 Mrd. USD in den USA investiert. Deutschland ist damit der viertgrößte ausländische Arbeitgeber und der sechstgrößte ausländische Investor in den Vereinigten Staaten.²³

Abbildung 1: Wirtschaftseckdaten der USA 2020

Bevölkerung:	329,9 Mio. (2020)
Hauptstadt:	Washington, D.C.
Korrespondenzsprachen:	Englisch, Spanisch
BIP:	21.439 Mrd. USD
BIP pro Kopf:	65.112 USD
Bevölkerungszuwachs:	0,6% (2018)
Arbeitslosenquote:	3,6% (2019)
Jährliche Neuverschuldung:	106,2% des BIP Brutto
Währungsreserven:	128,9 Mrd. USD
Warenimport:	2.567 Mrd. USD
davon aus Deutschland:	118,7 Mrd. USD
Warenexport:	1.644 Mrd. USD
davon nach Deutschland:	71,40 Mrd. USD

¹⁴ Vgl. USA.gov (kein Datum): [About the United States](#), abgerufen am 22.07.2020

¹⁵ Vgl. Central Intelligence Agency (2020): [The World Factbook - USA \(2020\)](#), abgerufen am 22.07.2020

¹⁶ Vgl. Central Intelligence Agency (2020): [The World Factbook - USA \(2020\)](#), abgerufen am 22.07.2020

¹⁷ Vgl. STATISTA (2020): [Real GDP Growth of the United States from 1990 - 2019](#), abgerufen am 22.07.2020

¹⁸ Vgl. German American Trade Quarterly (Q1 2020), p.9, abgerufen am 18.03.2020

¹⁹ Vgl. U.S. Bureau of Labor Statistics (2020): [Labor Force Statistics: Employment Status](#), abgerufen am 22.07.2020

²⁰ Vgl. GTAI (2020): [Wirtschaftsdaten Kompakt USA](#), abgerufen am 22.07.2020

²¹ Vgl. GTAI (2020): [Wirtschaftsdaten Kompakt USA](#), abgerufen am 22.07.2020

²² Vgl. German American Business Outlook 2020, p. 3, abgerufen am 23.03.2020

²³ Vgl. German American Business Outlook 2020, p. 16, abgerufen am 23.03.2020

Laut der Studie „German American Business Outlook 2020“, die allerdings im Herbst 2019, d.h. kurz vor bzw. zu Beginn der weltweiten Coronavirus-Pandemie durchgeführt wurde, ist die Stimmung der deutschen Unternehmen auf dem US-Markt positiv. Trotz Sorgen bezüglich protektionistischen Entwicklungen in der US-Handelspolitik erwarten ein Großteil (96 %) der befragten deutschen Tochtergesellschaften eine positive Geschäftsentwicklung im Jahr 2020.²⁴ Rund 85 % der befragten Unternehmen planen Investitionen in den nächsten drei Jahren. 21 % der befragten Unternehmen sogar um mehr als 10 Mio. USD; etwa 31 % planen Investitionen zwischen 1-10 Mio. USD und rund 34 % wollen bis zu 1 Mio. USD in diesem Zeitraum investieren. Die befragten Unternehmen nennen die Nachfrage und die Nähe zu den Kunden als die Hauptgründe für ihre Marktaktivitäten in den USA.²⁵ Den Einfluss der globalen COVID-19-Pandemie auf die US-Wirtschaft gilt es weiterhin zu beobachten, erste Auswirkungen werden im Folgenden genauer beleuchtet.

US-Wirtschaftsentwicklung durch Handelskonflikt und Coronakrise

Trotz politisch motivierter Herausforderungen im Handel mit China und der EU bleibt die US-Wirtschaft im Jahr 2019 stabil und wuchs um rund 2,3 %. Für das Jahr 2020 prognostizierte das Congressional Budget Office zunächst ein Wachstum von rund 2,2 %, was einem Minus von 0,1 % zum Vorjahr bedeutet.²⁶ Vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie wird aktuellen Berechnungen zufolge für das Jahr 2020 allerdings mit einem Einbruch des BIP von bis zu 6,4 % gerechnet.²⁷ Für das Jahr 2021 gehen Experten jedoch trotzdem von einem Wachstum von 4,7 % aus.²⁸ Vor dem wirtschaftlichen Schock durch die Corona-Pandemie schätzten Experten die Gefahr einer Rezession als eher unwahrscheinlich ein, da Steuererleichterungen, private Konsumbereitschaft und niedrige Zinsen auf dem Immobilienmarkt Konjunkturoffnungen weckten. Infolge der durch das Coronavirus verhängten Ausgangssperren und Schließungen sehen sich die USA seit März 2020 jedoch mit wirtschaftlichen Schwierigkeiten konfrontiert. Nicht nur das öffentliche Leben, auch die gesamte Industrie war landesweit zeitweise weitgehend stillgelegt.²⁹ Der Betrieb vieler Unternehmen wurde, unter Einhaltung verschiedener sanitären Auflagen, seit Mai langsam wieder aufgenommen. Da die Auflagen jeweils von den Behörden vor Ort bestimmt werden ist es momentan schwierig, ein generelles Stimmungsbild der landesweiten Situation festzuhalten.

Seit März versucht die US-Regierung die schweren Folgen für die Wirtschaft und die Bevölkerung mit enormen Finanzhilfen, wie dem Coronavirus Aid, Relief, and Economic Security (CARES) Act, abzufedern. Der CARES Act enthielt über 2,2 Bio. USD, um Kommunen zu unterstützen, kleine Betriebe zu retten, Arbeitsplätze zu sichern und Arbeitnehmer und Familien finanziell zu entlasten. Finanziert wurden unterschiedliche Maßnahmen für in Not geratene Unternehmen, Aufstockung der Arbeitslosenhilfe, Steuervergünstigungen, Darlehen und Staatsbürgschaften sowie Verbesserungen im Gesundheitsschutz. Die Effektivität dieser Maßnahmen wird sich vor allem daran messen, wie schnell die Hilfen bei der Zielgruppe ankommen und wie groß das Fördermaß individuell ausfällt.

Weltweit sind nach Ausbruch des Coronavirus Einschränkungen und Einreisestopps in Kraft getreten, die den internationalen Reiseverkehr weitestgehend zum Stillstand gebracht haben. Die USA sind hier keine Ausnahme: Anfang Februar wurden die ersten Einreisestopps veranlasst. Länder, die hiervon betroffen waren und immer noch sind, sind u.a. Länder im Schengen-Raum, China, Großbritannien Irland und der Iran. Neben den Einreisestopps wurde die Vergabe von bestimmten Visa, die befristete Arbeitsgenehmigungen enthalten (H-1B, H-2B, L-1 und J-1), bis Ende 2020 eingestellt. Dies betrifft u.a. deutsches Fachpersonal, was wiederum zu suspendierten Projekten sowie verzögerten Wartungsarbeiten und Installationen bei amerikanischen Kunden führt.³⁰

Die Auswirkungen des Coronavirus und die Einschränkungen im Reiseverkehr haben die Luftfahrtindustrie besonders schwer getroffen. Durch die Einreisestopps sind ungefähr 70% der weltweiten Luftflotte in den vergangenen Monaten auf dem Boden geblieben. Experten zufolge wird es mindestens bis 2022 dauern, bis die Anzahl der Flüge und Flugzeuge im Einsatz wieder auf dem Niveau wie vor Corona ist. Vor der Corona-Pandemie hatten Hersteller, wie z.B. Boeing und Airbus noch Sorgen um Produktionsengpässe, um der ansteigenden Nachfrage gerecht zu werden. Hersteller stehen vor überfüllten Lagern und steigendem Inventar, da immer mehr Endabnehmer ihre Bestellungen stornieren. Der Rückgang der Nachfrage und das steigende Inventar wird sich außerdem auf die Aftermarket-Unternehmen im Bereich Wartung,

²⁴ Vgl. GACC (2019): [German American Trade Quarterly 2020 - German American Business Outlook 2020](#), abgerufen am 23.03.2020

²⁵ Vgl. GACC (2019): [German American Trade Quarterly 2020 - German American Business Outlook 2020](#), abgerufen am 23.03.2020

²⁶ Vgl. GTAI (2020): [Wirtschaftsdaten Kompakt USA \(2020\)](#), abgerufen am 21.07.2020

²⁷ Vgl. GTAI (2020): [Covid-19 hat die USA fest im Griff \(2020\)](#), abgerufen am 22.07.2020

²⁸ Vgl. GTAI (2020): [Wirtschaftsdaten Kompakt USA \(2020\)](#), abgerufen am 21.07.2020

²⁹ Vgl. GTAI (2020): [Covid-19 hat die USA fest im Griff \(2020\)](#), abgerufen am 22.07.2020

³⁰ Vgl. GTAI (2020): [Covid-19 hat die USA fest im Griff \(2020\)](#), abgerufen am 22.07.2020

Reparatur und Instandsetzung auswirken. Es wird erwartet, dass Aufträge für Unternehmen in diesem Bereich halbiert werden, von einem erwarteten Umsatz von 91 Mrd. USD zu rund 42 Mrd. USD. Die Struktur der Luftfahrtindustrie und das Zusammenspiel von Originalgerätehersteller, Aftermarket-Unternehmen und Zulieferunternehmen wird sich in den kommenden Jahren zunehmend verändern, um den neuen Anforderungen des Marktes gerecht zu werden. Unternehmen, besonders Originalgerätehersteller, werden vermehrt auf Joint Ventures und Akquisen setzen, um die Komplexität der Zulieferketten zu reduzieren und um somit enger mit den Zulieferunternehmen verbunden zu sein.³¹

Die Automobilindustrie wurde ebenfalls sehr stark von den Auswirkungen der Corona-Pandemie beeinträchtigt. Die größte Herausforderung sind die einbrechenden Absatzzahlen. Prognosen zufolge werden diese im aktuellen Jahr von ca. 17 Mio. verkauften Fahrzeugen im Jahre 2019 auf ca. 13 Mio. verkaufte Fahrzeuge fallen. Neben den abnehmenden Absatzvolumen sind Lieferketten, die durch die Coronakrise stellenweise unterbrochen wurden, eine weitere Herausforderung. Dies trifft vor allem den Import von Bauteilen- und Komponenten aus China. Bereits vor der Corona-Pandemie war der Warenbezug aus China für US-Unternehmen zunehmend mit den ansteigenden Schutzzöllen belastet. Beide Faktoren bewegen immer mehr Automobilhersteller dazu Lieferketten neu- und umzudenken. Einerseits sollen Sicherheitsbestände in den USA weiter ausgebaut werden, auf vier bis acht Wochen. Zudem tendieren einige Unternehmen dazu Produktion von Kfz-Teilen nach u.a. Brasilien und Mexiko zu verlagern. Laut einer Umfrage von Mitte 2020 überlegen bereits zwei Drittel der Automobilhersteller die Produktion und den Einkauf wieder in die USA zu verlagern.³²

Arbeitslosigkeit nach der Coronapandemie

Vor dem Ausbruch der Corona-Pandemie lagen die Arbeitslosenzahlen in den USA mit 3,7 % auf dem niedrigsten Stand seit 50 Jahren. Seit dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie stieg die Arbeitslosigkeit in den USA jedoch rapide an. Seit Beginn der Pandemie im März, bis Juli 2020 haben insgesamt 50 Mio. US-Amerikaner Arbeitslosenunterstützung beantragt.³³ Im April lag die Arbeitslosigkeit bei 14,7 %, temporär auf dem bisherigen Höchststand. Die von den Entlassungen besonders betroffenen Branchen sind insbesondere die Gastronomie, Tourismus- und Hotellerie sowie der Einzelhandel. Durch die Lockerungen der Corona-Schutzmaßnahmen im Mai und Juni 2020 konnten jedoch bereits viele Arbeitnehmer an ihre Arbeitsplätze zurückkehren. Anfang Juni meldete das U.S. Bureau of Labor Statistics daher einen Zuwachs von rund 4,8 Mio. Arbeitsplätzen und damit einem Rückgang der Arbeitslosenzahlen auf 11,1 %. Wie sich diese Entwicklung fortsetzt, wird sich in den kommenden Wochen und Monaten zeigen und ist aufgrund der Unvorhersagbarkeit der Ereignisse aktuell schwer kalkulierbar.³⁴

Investitionsklima und -förderung

Die USA sind weiterhin ein hochattraktiver Investitionsstandort, trotz COVID-19-Pandemie bedingten Herausforderungen und handelspolitischen Veränderungen. Anreize bieten nach wie vor attraktive steuerliche Bedingungen und Abschreibungsmöglichkeiten sowie die Aussicht auf ein Auffrischen der Kaufkraft und des Konsums. Die Verhängung von Sonderabgaben auf Einfuhren bzw. Quotenregelungen setzen internationale Handelspartner punktuell unter Druck und weitere handelspolitische Entscheidungen bleiben abzuwarten. Das Investitionsklima bleibt aufgrund der Unsicherheiten und mangelnder Planungssicherheit durch den Handelskonflikt eher moderat und dämpft auch die Industrieproduktion ein. Die US-Notenbank rechnet jedoch mit ansteigenden Investitionen aufgrund des im Januar 2020 unterzeichneten United States-Mexico-Canada Agreements (USMCA) zwischen den USA, Mexiko und Kanada. Das Abkommen löst das vorherige NAFTA-Abkommen ab und sichert einen weitgehend zollfreien Handel zwischen den drei Staaten.³⁵ Auch das im Januar 2020 geschlossene Teilabkommen zwischen China und den USA lässt auf Entspannung im Tarifkonflikt und auf mehr Zuversicht an den Finanzmärkten hoffen.³⁶ Mit dem Abkommen verpflichtet sich China, die Importe aus den USA innerhalb von zwei Jahren auf 200 Mrd. USD zu erhöhen.³⁷ Zudem lassen die graduellen Öffnungen des Marktes und des öffentlichen Lebens auf einen wirtschaftlichen Aufschwung nach dem Höhepunkt der Corona-Krise hoffen. Unternehmen können mit Optimismus auf eine neu gewonnene Konsumfreude nach wochenlangen Schließungen schauen und sich diesen Auftrieb wirtschaftlich zunutze machen.

³¹ Vgl. Forbes Magazine (2020): [Why Aerospace's Recovery From COVID-19 May Take Five Years](#), abgerufen am 23.07.2020

³² Vgl. GTAI (2020): [Covid-19 hat die USA fest im Griff](#), abgerufen am 22.07.2020

³³ Vgl. GTAI (2020): [Covid-19 hat die USA fest im Griff](#), abgerufen am 22.07.2020

³⁴ Vgl. U.S. Bureau of Labor Statistics (2020): [The Unemployment Situation](#), abgerufen am 23.07.2020

³⁵ Vgl. Office of the United States Trade Representative (2020): [United-States-Mexico-Canada Agreement](#), abgerufen am 03.02.2020

³⁶ Vgl. Deutsche Welle (2020): [USA und China besiegeln erstes Handelsabkommen](#), abgerufen am 03.02.2020

³⁷ Vgl. ZEIT Online (2020): [Entscheidend ist, was nicht drinsteht](#), abgerufen am 03.02.2020

3. Die US-Industrie für Leichtbautechnik

3.1 Leichtbautechnik-Industrie auf einen Blick

Beim Leichtbau handelt es sich nicht um einen eigenständigen Industriezweig, sondern vielmehr um eine Querschnittstechnologie bzw. Konstruktionsphilosophie mit dem Ziel der maximalen Gewichteinsparung. Unter das Thema fallen sowohl der Einsatz bestimmter Werkstoffe als auch bestimmte Design-, Konstruktions- und Herstellungsprozesse.

Das Wachstum des Leichtbaumarktes wird neben dem Energiesektor (v.a. Windturbinen) und der Medizintechnik vor allem durch die Nachfrage aus der Transportbranche getrieben. So kamen die ersten Impulse für Leichtbaukonstruktionen ursprünglich aus der Luft- und Raumfahrt, da die Gewichteinsparung bei Flugzeugen massiv den Kostenfaktor Treibstoff und auch Flugzeiten verringern kann. Auch wenn der Einsatz von Leichtbau aus der Luft- und Raumfahrt stammt, ist es heute v.a. die Automobilindustrie, in der diese Materialien bzw. Designs Anwendung finden. So hat BMW beispielsweise im Jahr 2018, durch den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen, das Gewicht des Gran Turismo-Modells der 6er Serie im Vergleich zum Vorgängermodell um ca. 150kg reduzieren können.³⁸

3.1.1 Verkaufszahlen und Absatzentwicklung

Prognosen zufolge soll der internationale Markt für Leichtbaumaterialien von 145,73 Mrd. USD im Jahr 2019 auf 276,81 Mrd. USD im Jahr 2027 steigen. Dies entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 8,3%. Im Jahr 2019 hatten die USA mit 19,7% den zweitgrößten Marktanteil in der Leichtbauindustrie. Dies ist in erster Linie auf die steigende Nachfrage in der Automobilindustrie in den USA zurückzuführen. Das Wachstum wird unter anderem jedoch auch durch Innovationen im Materialbereich der Luft- und Raumfahrtindustrie angetrieben. Darüber hinaus wird erwartet, dass Anlagenhersteller für erneuerbare Energien den US-amerikanischen Leichtbaumarkt vorantreiben werden. Der Markt erlebt bereits jetzt einen Nachfrageschub, der auf die zunehmenden Emissionsminderungsvorschriften vieler Industrien zurückzuführen ist. Zunehmende staatliche Investitionen in Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien, wie Wasserkraft und Windenergie, treiben die Nachfrage auf dem Markt ebenfalls an.³⁹

Luftfahrtindustrie

Die Luft- und Raumfahrtindustrie machte 2019 8,3% des weltweiten Leichtbaumarktes aus. In der Luft- und Raumfahrtindustrie werden herkömmliche Materialien ebenfalls durch Leichtbauwerkstoffe ersetzt, um die Treibstoffeffizienz von Flugzeugen zu verbessern.

Laut einem Bericht der Aerospace Industry Association ist die US-amerikanischen Luft- und Raumfahrtindustrie in den Jahren von 2010 – 2018 kontinuierlich gewachsen und gipfelte 2018 mit einem Umsatz von über 929 Mrd. USD, insgesamt ca. 2.5 Mio. Beschäftigten und einem Handelsüberschuss von fast 90 Mrd. USD. Die Flugzeugbauindustrie, als Teilsektor der Luft- und Raumfahrtindustrie, ist in den USA zwischen 2017 und 2018 um etwa 7,3% gewachsen. Im Jahr 2019 erwirtschaftete dieser Teilsektor eine Bruttoleistung von ungefähr 225 Mrd. USD.⁴⁰ Dieser Erfolg ist unter anderem innovativen Fertigungsmethoden zuzuschreiben und war in der gesamten Lieferkette zu spüren. Die Produktion stieg im Vergleich zu 2017 um 4%, was einen Anstieg von ca. 459 Mrd. USD bedeutet.⁴¹ Eine Zunahme bei der Herstellung von Flugzeugmodulen führt zusammen mit der zunehmenden Verbreitung von Leichtbaukomponenten zu einem Nachfrageschub für den Markt. Aluminium, Polymere und Verbundwerkstoffe sowie hochfester Stahl werden verwendet, um die Emissions- und Sicherheitsstandards der Industrie zu erfüllen.⁴² Die Luftfahrtindustrie wurde jedoch stark von den Auswirkungen der Coronakrise beeinträchtigt. Experten zufolge wird es bis zu fünf Jahre dauern, bis sich die Branche von den Folgen der Krise erholt hat.⁴³ Trotz den Auswirkungen der Pandemie wird der internationale Luft- und Raumfahrt- sowie der Verteidigungsmarkt im Jahr 2025 auf 1.600 Mrd. USD geschätzt, welches einer jährlichen Wachstumsrate von 3,5% zwischen den Jahren 2019 bis 2025 entspricht.⁴⁴

³⁸ Vgl. SpotLightMetal (2018): [Lightweight Construction in the BMW 6 Series GT](#), abgerufen am 28.08.2020

³⁹ Vgl. Reports and Data (2020): [Lightweight Materials Market](#), abgerufen am 13.08.2020

⁴⁰ Vgl. IBIS World (2020): [Aircraft, Engine & Parts Manufacturing Industry in the US - Market Research Report](#), abgerufen am 13.08.2020

⁴¹ Vgl. Aerospace Industries Association (2019): [2019 FACTS & FIGURES](#), abgerufen am 12.08.2020

⁴² Vgl. Globe Newswire (2020): [Lightweight Materials Market To Reach USD 276.81 Billion By 2027](#), abgerufen am 12.08.2020

⁴³ Vgl. Forbes Magazine (2020): [Why Aerospace's Recovery From COVID-19 May Take Five Years](#), abgerufen am 23.07.2020

⁴⁴ Vgl. PR Newswire (2019) [Global \\$1600 Bn Aerospace & Defence Market Outlook to 2025](#), abgerufen am 12.08.2020

Automobilindustrie

Die Automobilindustrie ist bislang einer der größten Abnehmer von Leichtbauwerkstoffen. 2019 machten Leichtbaumaterialien für die Automobilindustrie ca. 78,5%, und damit den größten Marktanteil des weltweiten Leichtbaumarktes aus.⁴⁵ Automobilhersteller haben begonnen, an Innovationen im Bereich des Multimaterial-Designs zu arbeiten, um die Kraftstoffeffizienz der Fahrzeuge zu erhöhen. Die Verwendung von Polymeren und Verbundwerkstoffen bei der Konstruktion von Fahrzeugen wird aufgrund ihrer Leichtbau-Eigenschaft zunehmen. Es wird erwartet, dass die ansteigende Zahl und Verfügbarkeit von kraftstoffeffizienteren Fahrzeugen den Markt zunehmen stimulieren wird.⁴⁶ Der US-amerikanische Markt soll in den kommenden Jahren das größte Wachstum für automobiler Leichtbauwerkstoffe verzeichnen. Die Nachfrage nach Personenkraftwagen ist aufgrund niedriger Benzinpreise und niedriger Zinssätze im vergangenen Jahr angestiegen. Auch die Nachfrage nach leichten Lastkraftwagen und Lieferwagen ist in der Region rapide angestiegen.⁴⁷ Aufgrund der Coronakrise erlebt die US-amerikanische Automobilindustrie im März 2020 jedoch einen starken Nachfragerückgang: Die Fahrzeugverkäufe gingen im Vergleich zum Vorjahr um 38% zurück. Im Jahr 2020 werden Verkaufszahlen voraussichtlich zwischen 14,5 und 16,4 Mio. Kraftfahrzeugen liegen, je nach Schwere der Auswirkungen der Coronavirus-Pandemie. Im Jahr 2019 wurden in den USA knapp 17,5 Mio. Kraftfahrzeuge verkauft.⁴⁸

Der weltweite Markt für Leichtbauwerkstoffe in der Automobilindustrie nach der Coronakrise wird schätzungsweise von 69,7 Mrd. USD im Jahr 2020 auf 99,3 Mrd. USD bis 2025 wachsen, bei einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 7,3%.⁴⁹

3.1.2 Zusätzliche Anwendungsbereiche

Aufgrund steigender Investitionen im Bereich erneuerbare Energien, insbesondere im europäischen Raum, wird für Europa eine jährliche Wachstumsrate von 8,2% von der Verwendung von Leichtbaumaterialien im Energiesektor erwartet.⁵⁰ Besonders im Bereich von Windenergie, wo Rotorblätter bislang aus Fiberglas hergestellt werden, tendiert man zukünftig zu CFK, um das Gewicht der Rotorblätter zu reduzieren und diese somit einerseits aerodynamischer zu gestalten und zudem Produkteffizienz zu steigern.⁵¹ Zu weiteren Anwendungsbereichen gehören allgemein auch das Bauwesen, wo herkömmliche Baukomponenten durch Leichtbauwerkstoffe ersetzt werden, welches strukturelle Vorteile und somit Materialeinsparungen auf anderen Ebenen mit sich bringt. Weitere Sektoren, in denen der Leichtbau weltweit von Bedeutung ist, sind der Maschinenbau; auch hier kann durch Gewichtsreduktion gewisser Komponenten Energieeffizienz während der Produktion gesteigert werden, und Medizintechnik, wo CFK immer häufiger zur Produktion von Prothesen eingesetzt wird. Dies trägt nicht nur zur Gewichtsreduktion der Prothesen bei, sondern erhöht ebenfalls die Belastbarkeit.⁵² Auch im Schiffbau sollen Leichtbauwerkstoffe zunehmend angewendet werden. Hier trifft die Anwendung von Leichtbaumaterialien jedoch immer noch auf massive Widerstände aufgrund ungenügender und unausgereifter Füge- und Verbindungstechnologien für Faserverbundmaterialien und Stahl.⁵³

⁴⁵ Vgl. Reports and Data (2020): [Lightweight Materials Market By Product, By Application and Distribution Channel](#), abgerufen am 13.08.2020

⁴⁶ Vgl. Reports and Data (2020): [Lightweight Materials Market To Reach USD 276.81 Billion By 2027](#), abgerufen am 12.08.2020

⁴⁷ Vgl. PR Newswire (2020): [Automotive Lightweight Material Market Post COVID-19 is Estimated to Grow](#), abgerufen am 13.08.2020

⁴⁸ Vgl. Statista (2020): [U.S. Automotive Industry - Statistics & Facts](#), abgerufen am 13.08.2020

⁴⁹ Vgl. PR Newswire (2020): [Automotive Lightweight Material Market Post COVID-19 is Estimated to Grow](#), abgerufen am 13.08.2020

⁵⁰ Vgl. Grand View Research (2018): [Lightweight Materials Market Worth \\$225.3 Billion By 2024 | CAGR 8.9%](#), abgerufen am 12.08.2020

⁵¹ Vgl. Markets and Markets (kein Datum): [Carbon Fiber Market worth \\$13.3 billion by 2029](#), abgerufen am 12.08.2020

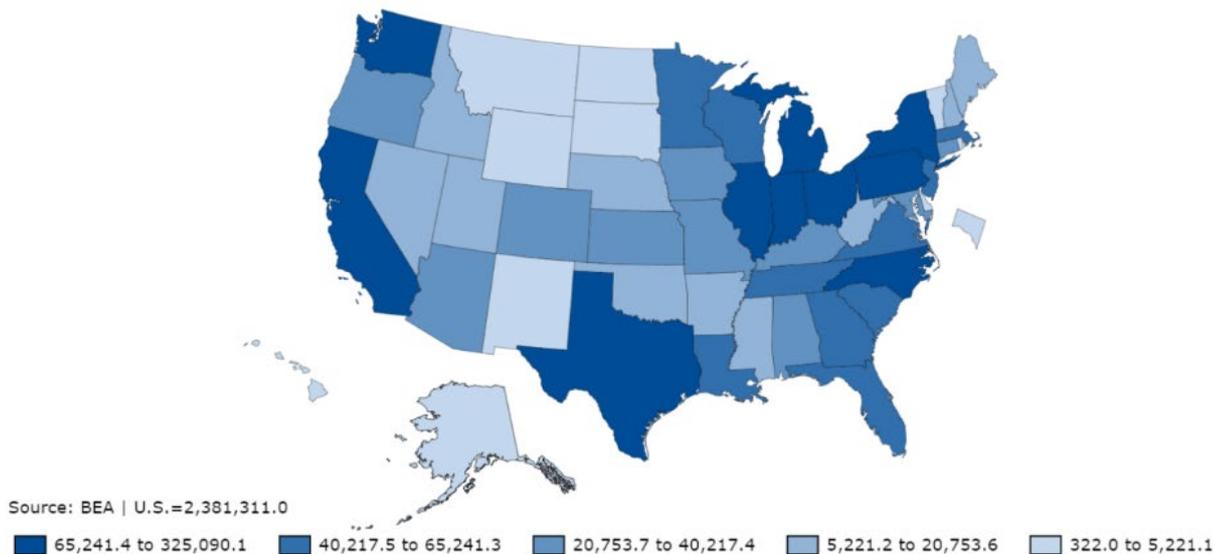
⁵² Vgl. Germany Trade and Invest (GTAI): [Markets Germany \(1/20\)](#), p. 4 – 11

⁵³ Vgl. Hyconnect (2020): [Neue Verbindungstechnologien für maritimen Leichtbau](#), abgerufen am 12.08.2020

3.2 Produktion in den US-Bundesstaaten

Sowohl der mittlere Westen als auch die Südstaaten der USA sind für ihre attraktiven Standortfaktoren für die herstellenden Industrien bekannt. Die Hersteller der Transportausrüstung profitieren von modernen Technologie- und Forschungseinrichtungen, einer guten Anbindung zu wichtigen Handelsrouten und einer spezialisierten Arbeitnehmerschaft.

Abbildung 2: BIP nach Staaten: Fertigung, 2019: Q4



Quelle: Bureau of Economic Analysis (2019): [GDP by Industry](#), abgerufen am 15.05.2020

Abbildung 2 zeigt die Wirtschaftsleistung jedes US-Bundesstaates, die von der verarbeitenden Industrie beigesteuert wird. Wie die Abbildung zeigt, gehören Michigan sowie die umliegenden Bundesstaaten, die die Great Lakes Region bilden, zu den wirtschaftlich stärksten Gebieten des Landes im Bereich der verarbeitenden Industrie. Die Great Lakes Region umfasst die Bundesstaaten Michigan, Wisconsin, Illinois, Indiana und Ohio. In diesen Staaten wird ca. ein Fünftel des Fertigungsindustrieanteiles am gesamten BIP der USA erwirtschaftet. Im Jahr 2019 trug das verarbeitende Gewerbe allein in dieser Region 491,1 Mrd. USD zum BIP bei, was 16,6% der gesamten Wirtschaftstätigkeit der Region ausmacht.

Neben der Great Lakes Region ist auch der Südosten der USA ein wichtiges Zentrum für das produzierende Gewerbe. Der Südosten der USA umfasst die Bundesstaaten Kentucky, West Virginia, Virginia, Tennessee, North und South Carolina, Georgia, Alabama, Florida, Mississippi, Louisiana und Arkansas. Im Jahr 2019 entfielen auf das gesamte verarbeitende Gewerbe im Südosten ein BIP von 542,8 Mrd. USD, was 12% des gesamten BIP in dieser Region ausmacht.⁵⁴

Die folgenden zwei Kapitel stellen die Staaten Michigan und Tennessee als regionale Vorreiter der Leichtbautechnik im Bereich der Automobil- und Luftfahrtindustrie vor.

⁵⁴ Vgl. Bureau of Economic Analysis (2019): [Regional Data GDP and Personal Income](#), abgerufen am 15.05.2020

3.2.1 Michigan

Abbildung 3: Geographische Lage Michigans



Bevölkerung: 9.986.857 Einwohner (2019)
Fläche: 146.435 km²
BIP: 541,6 Mrd. USD (2019)
Export: 55.315 Mrd. USD (2019)
Import: 142.447 Mrd. USD (2019)
Erwerbstätigenquote: 4,75 Mio. (Dez. 2019)

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von [United States Census Bureau \(2019\)](#), [Bureau of Economic Analysis \(2019\)](#), und [Bureau of Labor Statistics \(2019\)](#), abgerufen am 15.05.2020

Michigan liegt im Herzen einer starken Wirtschaftsregion, die als Great Lakes Region bekannt ist – gemeinsam mit den Bundesstaaten Illinois, Wisconsin, Indiana und Ohio. Im Jahr 2019 steuerte die Great Lakes Region ein Gesamt-BIP von 2,9 Bill. USD bei. Dieser Zahl zufolge ist die Great Lakes Region allein die achtgrößte Volkswirtschaft der Welt.⁵⁵ Die Hauptindustrie der Great Lakes Region ist das verarbeitende Gewerbe. Michigan spielt in dieser Gesamtzahl eine große Rolle, da es mit seiner expansiven Fertigungsindustrie 100,6 Mrd. USD zum BIP beiträgt. Während die Fertigungsindustrie im Landesdurchschnitt der USA nur mit ca. 11% zum gesamten Bruttoinlandsprodukt beiträgt sind es in Michigan fast 20%.⁵⁶

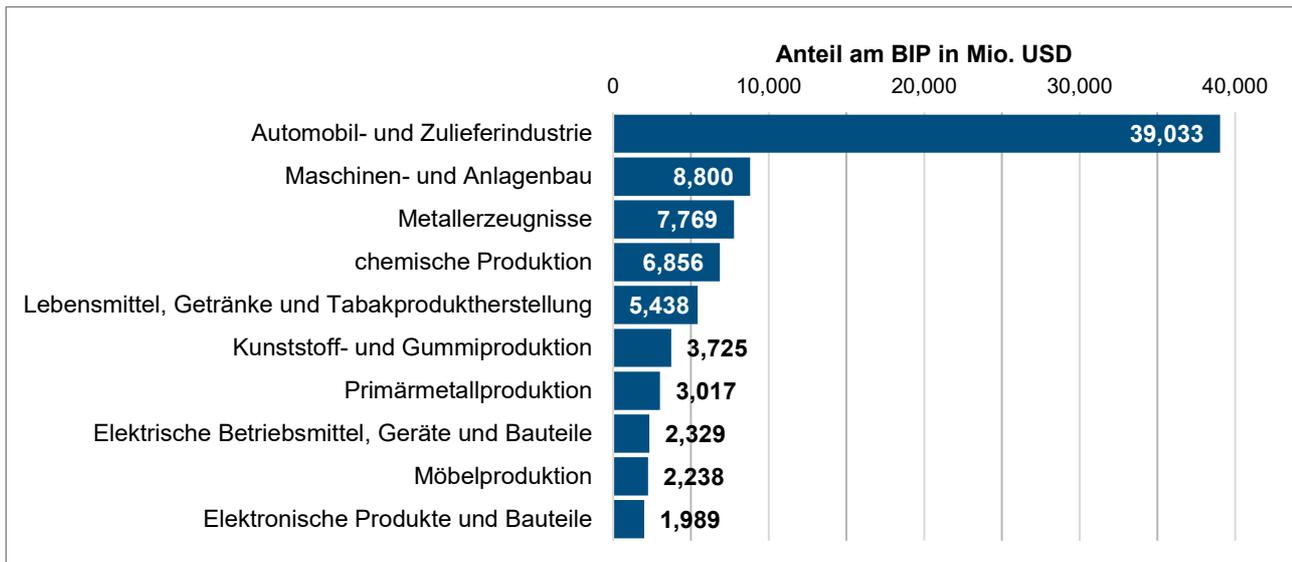
Automobilindustrie in Michigan

Detroit und der gesamte Staat Michigan sind stark von der Automobilindustrie und den direkt oder indirekt nahestehenden Industrien geprägt. Die Top 10 Wirtschaftszweige der Fertigungsindustrie in Michigan werden durch die folgende Grafik verdeutlicht (Abbildung 3). Nach Angaben des Bureau of Economic Analysis stellt die Automobil- und Zulieferindustrie einen großen Teil der verarbeitenden Industrie in Michigan dar. Dieser Sektor trägt im Vergleich zum übrigen verarbeitenden Gewerbe mehr als viermal so viel zur Produktion bei.

⁵⁵ Vgl. Bureau of Economic Analysis (2019): [Interactive Data, GDP by Industry](#), abgerufen am 15.05.2020

⁵⁶ Vgl. Bureau of Economic Analysis (2019): [Interactive Data, GDP by State](#), abgerufen am 15.05.2020

Abbildung 4: Top 10 Fertigungsindustrie in Michigan



Quelle: Eigene Darstellung nach Bureau of Economic Analysis: [Interactive Data](#), abgerufen am 23.05.2020

Das produzierende Gewerbe in Michigan wird zum Großteil durch die Automobilindustrie getragen. Die Dichte von Unternehmen der Automobilindustrie macht den Standort wichtig, um Netzwerke mit Kunden und Lieferanten aufzubauen und zu pflegen und um die neuesten technischen Innovationen der Industrie nicht zu verpassen. Einschließlich der Zulieferer gibt es in Michigan über 1.900 Fertigungsbetriebe für der Automobil- und Mobilitätsmarkt.⁵⁷

- **96 der 100 größten Automobilzulieferer Nordamerikas** sind in Michigan vertreten, und 60 haben hier ihren Hauptsitz.
- **21 Original Equipment Manufacturers (OEMs)** haben einen Hauptsitz oder Technologiezentren in Michigan.
- Michigan ist die #1 unter den Exporteuren von Transportausrüstung in den USA.
- Michigan beschäftigt mehr als **118.200 Ingenieure**.
- Zwischen 2009 und 2018 erhielt Michigan Investitionen von OEMs und Zulieferern **in Höhe von 32,8 Mrd. USD**. Dies ist mehr als Mexiko, der Süden der Vereinigten Staaten und Kanada zusammen

Quelle: Detroit Regional Partnership (2019): [Mobility & Automotive](#), abgerufen am 19.05.2020

Die amerikanischen Hersteller Ford, Fiat Chrysler und General Motors, auch bekannt als Detroit Three, haben ihren Sitz im Großraum Detroit. Zudem haben die größten Automobilzulieferer wie ZF North America, Lear Corporation, Borgwarner, American Axle & Manufacturing Holdings und viele andere ihren Hauptsitz im Großraum Detroit. Michigan verfügt über ein ausgedehntes Mobilitäts-Ökosystem, das Innovatoren und Hersteller mit einer Vielzahl von Kontakten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg verbindet. Zudem hat Michigan die höchste Konzentration an Elektro- und Maschinenbauingenieuren in den Vereinigten Staaten. Durch die hohe Dichte an global führenden Unternehmen der Automobilindustrie ist Michigan auch national führend in Forschungs- und Entwicklungsausgaben in der Mobilitätsbranche.

Luffahrtindustrie in Michigan

Michigan ist die Heimat von mehr als 600 mit der Luft- und Raumfahrt verbundenen Unternehmen.⁵⁸ Laut dem US Aerospace Manufacturing Attractiveness Ranking 2020 von PricewaterhouseCoopers (PwC) rangiert Michigan auf Platz acht der attraktivsten Luft- und Raumfahrt-Produktionsstandorte in den USA. Einige Faktoren, die sich auf diese Rangliste auswirkten, waren Michigans niedrige Geschäftskosten, hochqualifizierte Arbeitskräfte, eine Niedrigsteuerepolitik und eine florierende Wirtschaft.⁵⁹

⁵⁷ Vgl. Detroit Regional Partnership (2019): [Mobility & Automotive](#), abgerufen am 18.09.2020

⁵⁸ Vgl. Michigan Economic Development Corporation (kein Datum): [Pure Aerospace](#), abgerufen am 17.09.2020

⁵⁹ Vgl. PricewaterhouseCoopers (2020): [2020 Aerospace manufacturing attractiveness rankings](#), abgerufen am 17.09.2020

Michigan bietet die Talente und Fertigungsressourcen, die es zu einem attraktiven Standort für die Luft- und Raumfahrt machen. Der Bundesstaat beheimatet zwei Institute für die Herstellung von Leichtbauwerkstoffen in den USA, LIFT- Lightweight Innovation for Tomorrow und das Institute for Advanced Composite Material Innovation, was diesen Bundesstaat zu einem erstklassigen Standort für Materialforschung und -entwicklung macht. Darüber hinaus ist Michigan aufgrund der hohen Konzentration von Elektro-, Maschinenbau- und Wirtschaftsingenieuren ein idealer Standort, um mit qualifizierten Arbeitskräften ein Unternehmen aufzubauen. Michigans expandierende Fertigungsindustrie, die hohe Konzentration hoch qualifizierter Arbeitskräfte, die F&E im Bereich Leichtbauwerkstoffe und das günstige Geschäftsklima sind essentielle Faktoren, die zu seinem umfassenden Luft- und Raumfahrtökosystem beitragen.

Forschung und Entwicklung

Im Bereich Forschung und Entwicklung bietet Michigan ebenfalls viele Möglichkeiten, da es zahlreiche Forschungsinstitute und Universitäten mit einem Fokus auf neue Werkstoffe beheimatet. Durch eine enge Kooperation von Unternehmen, Universitäten, dem Bundesstaat Michigan und einiger Institute, die auf Bundesebene arbeiten und in Michigan eine Niederlassung haben, hat sich ein äußerst dynamisches Ökosystem etabliert, das ideale Voraussetzungen für die Arbeit an innovativen Technologien und Materialien bietet. Ein detaillierter Überblick über die F&E-Institute in Michigan ist in der Übersicht der Marktakteure in Kapitel 9 zu finden.

Internationale Handelsbeziehungen

Michigan hat eine Einwohnerzahl von ca. 9,9 Mio. von denen mit ca. 5,4 Mio. etwas mehr als die Hälfte im Großraum Detroit wohnen. Michigan und insbesondere die Region um Detroit bietet viele logistische Vorteile sowohl zwischen Europa und Nordamerika als auch weltweit. Nach Informationen des Detroit Regional Partnership werden täglich 500 Mio. Dollar an Handelsströmen zwischen Michigan und Kanada über die Ambassador Bridge, den verkehrsreichsten Grenzübergang in Nordamerika, abgewickelt. Die Eröffnung der Gordie Howe International Bridge ist für 2024 geplant, was einen verstärkten grenzüberschreitenden Handel ermöglichen wird. Darüber hinaus haben Unternehmen in der Region Detroit in einem Radius von ca. 500km Zugang zu über 47 Mio. US-amerikanischen und kanadischen Kunden. Detroit ist die sechstgrößte Metropolregion der USA hinsichtlich des Exports. Unternehmen aus Michigan exportieren Produkte in mehr als 230 Länder.⁶⁰

Deutschland ist ein wichtiger Handelspartner für Michigan. Im Jahr 2019 importierte Michigan insgesamt Waren im Wert 142,4 Mrd. USD, und der Großteil der importierten Waren entfiel auf die Automobilindustrie.⁶¹ Deutschland liegt bei den nach Michigan importierten Gütern insgesamt auf Platz 5 und bei der Betrachtung von Ländern außerhalb des USMCA auf Platz 3. Im Jahr 2019 importierte Michigan Waren im Wert 4,540 Mrd. USD aus Deutschland.⁶²

Im Gegenzug dazu wurden im Jahr 2019 Güter im Wert von 55,3 Mrd. USD aus Michigan exportiert. Die Mehrzahl dieser Güter stammt aus dem produzierenden Gewerbe. Deutschland rangiert als Importeur von Gütern aus Michigan weltweit auf dem vierten Platz und im Vergleich zu Märkten außerhalb Nordamerikas auf dem zweiten Platz. Im Jahre 2019 wurden aus Michigan Waren im Wert von 2,045 Mrd. USD nach Deutschland exportiert.⁶³

⁶⁰ Vgl. Detroit Regional Partnership (2019): [The Region](#), abgerufen am 19.05.2020

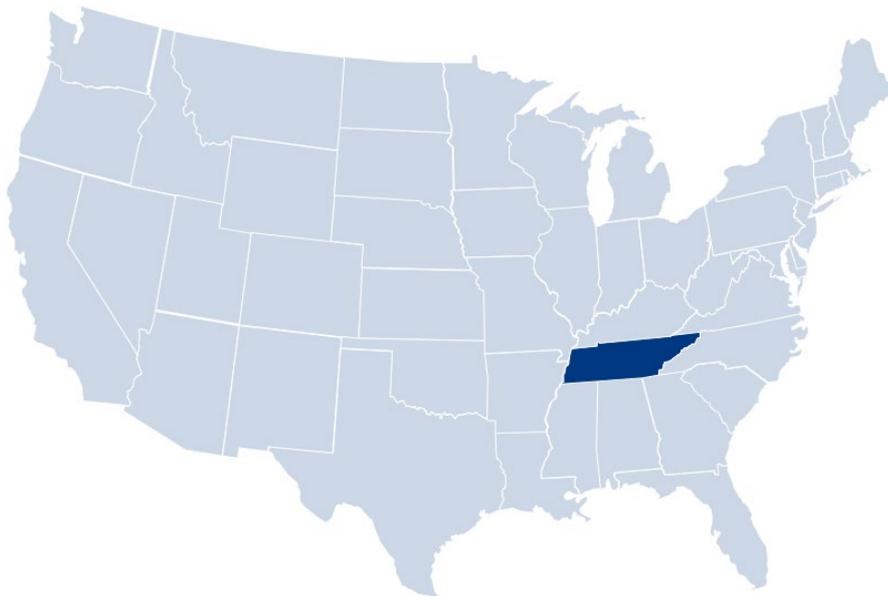
⁶¹ Vgl. US Census Bureau (2019): [State Imports for Michigan](#), abgerufen am 19.05.2020

⁶² Vgl. US Census Bureau (2019): [State and Metropolitan Area Trade Data](#), abgerufen am 19.05.2020

⁶³ Vgl. US Census Bureau (2019): [State and Metropolitan Area Trade Data](#), abgerufen am 19.05.2020

3.2.2 Tennessee

Abbildung 5: Geographische Lage Tennessee



Bevölkerung: 6.829.174 Einwohner (2019)
Fläche: 109.157.639 km ²
BIP: 380,3 Mrd. USD (2019)
Export: 31,068 Mrd. USD (2019)
Import: 87,187 Mrd. USD (2019)
Erwerbstätigenquote: 2,93 Mio. (Mai 2020)

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von [United States Census Bureau \(2019\)](#), [Bureau of Economic Analysis \(2019\)](#), und [Bureau of Labor Statistics \(2019\)](#), abgerufen am 22.07.2020

Tennessee befindet sich im Südosten der USA, umschlossen von acht Bundesstaaten, viele davon mit starkem Profil in der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Zwischen 2018 und 2019 wuchs das BIP Tennesseees um 2,2% auf 380 Mrd. USD an, was dem landesweiten durchschnittlichen Wachstum gleicht.^{64,65} Damit belegt der Bundesstaat wirtschaftlich Rang 18 innerhalb der USA. Bei einer Fläche von 109,157 Quadratkilometern beherbergt Tennessee eine Bevölkerung von und 6,8 Mio. Einwohnern (Schätzung 2019).^{66,67}

Die Wirtschaft der amerikanischen Südstaaten hat sich in den letzten Jahrzehnten stark diversifiziert, technologisiert und ihren Fokus von traditionellen Industrien wie Landwirtschaft, Textilien und Chemikalien auf zukunftsorientierte Sektoren wie moderne Fertigungstechnologien, Informatik und dem Energiesektor verwandte Technologien gelenkt.

Die folgende Graphik zeigt die top zehn Industrien im Bundestaat Tennessee nach Ihrem Anteil am BIP.

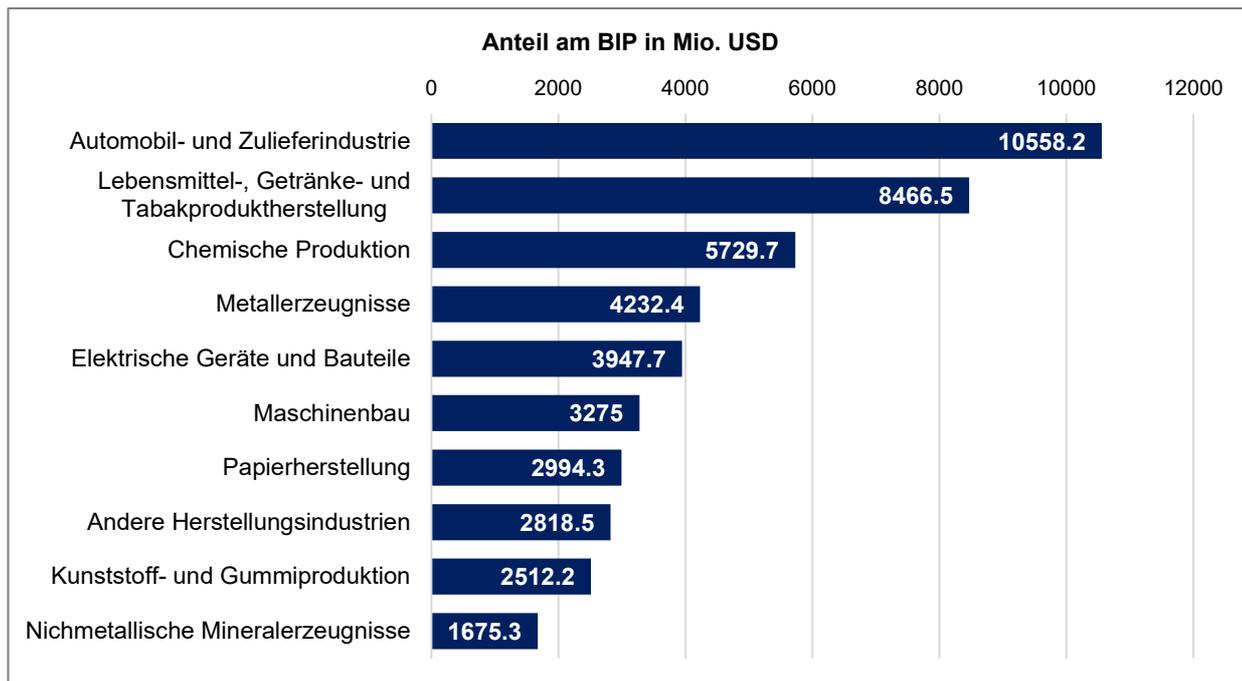
⁶⁴ Vgl. BEA (2020): [Gross Domestic Product by State: 4th Quarter and Annual 2019](#), abgerufen am 27.07.2020

⁶⁵ Vgl. AEI (2020): [Putting America's Enormous \\$21.5T Economy into Perspective](#), abgerufen am 27.07.2020

⁶⁶ Vgl. U.S. Census Bureau (2019): [Quick Facts Tennessee](#), abgerufen am 27.07.2020

⁶⁷ Vgl. TN State Government (2020): [County and State Facts](#), abgerufen am 27.07.2020

Abbildung 6: Top 10 Fertigungsindustrien in Tennessee



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von [Bureau of Economic Analysis: Interactive Data](#), abgerufen am 12.08.2020

Besonders die Automobilindustrie gewinnt im Süden dank regionaler Förderungen, neuer Forschungseinrichtungen und günstigem Zugang zu internationalen Handelsknotenpunkten stark an Zuwachs. Mehr als 1000 Automobil-Firmen befinden sich allein in den sieben Südoststaaten, einschließlich mehr als einem Dutzend großer Fertigungsfabriken, u.A. der Hersteller Hyundai, Mercedes, Volvo, General Motors, Volkswagen, BMW, Honda, Kia und Toyota.⁶⁸

Der Bundesstaat Tennessee ist landesweit einer der stärksten in der Industrie. So umfasst das lokale Automobilcluster u.a. den Hauptsitz von Nissan USA und Mitsubishi Motors North America sowie große Herstellungsfabriken der Marken Volkswagen Group of America, Nissan USA und General Motors. Insgesamt sind laut dem Tennessee Department of Economic and Community Development mehr als 920 Einrichtungen in Tennessee der Automobilbranche zuzuordnen.⁶⁹

Die Präsenz eines starken Zuliefernetzwerks und einer gut ausgebildeten, spezialisierten Arbeitnehmerschaft im Automobilsektor macht den Standort auch für den Luft- und Raumfahrtsektor attraktiv. Die Industrien weisen ähnliche Lieferketten, straffe Produktionszeitenspannen und eine Abhängigkeit von der Luftfracht auf.⁷⁰ Mehrere NASA-Einrichtungen, wie das Kennedy Space Center in Florida und das Stennis Space Center im Süden Mississippis, nennen die Südstaaten ihr zu Hause. Bereits im Jahr 2016 schätzten Experten, dass sich rund 21% aller Raumfahrzeug-Hersteller und 17% aller Flugzeugbau und -bauteil-Hersteller im Süden der USA befinden.⁷¹

In Tennessee sitzen über 70 Firmen im Bereich Luft- und Raumfahrt und Verteidigung, wie zum Beispiel Triumph Aerostructures, Eaton Corp., Standard Aero Alliance, Honeywell, BAE Systems Ordinance und Bell Helicopters, sowie die größte Flugsimulationseinrichtung der Welt, das U.S. Air Force Arnold Engineering Development Complex (AEDC).⁷²

⁶⁸ Vgl. Cognegy (2016): [Shift Gears Towards the Automotive Industry in the Southeastern United States](#), abgerufen am 21.07.2020

⁶⁹ Vgl. TNECD (2020): [Automotive](#), abgerufen am 21.07.2020

⁷⁰ Vgl. Trade & Industry Development (2017): [The Southeast is Cleared for Takeoff](#), abgerufen am 21.07.2020

⁷¹ Vgl. IBIS World (2016): [Economic Clusters of the Western and Southern United States](#), abgerufen am 21.07.2020

⁷² Vgl. TNECD (2020): [Aerospace-Defense](#), abgerufen am 21.07.2020

Forschung und Entwicklung

Im Bereich der modernen Fertigungstechnologien ist der Bundesstaat Vorreiter der Region. Im Sektor „Advanced Manufacturing“ verfügt der Staat in 34 von seinen insgesamt 95 Verwaltungsbezirken jeweils über mehr als 500 Angestellte, und im Sektor „Advanced Materials“ in zwölf Bezirken über jeweils mehr als 500 Angestellte.^{73,74} Die Beschäftigungsdichte in diesem Sektor ist in Tennessee um mindestens 38% höher als der nationale Durchschnitt.⁷⁵

Darüber hinaus gibt es mehrere renommierte Forschungseinrichtungen und Institute im Bereich neuer Werkstoffe, die in Tennessee ihre Heimat haben und die mit der lokalen Industrie kooperieren. So haben sich im Jahr 2020 die University of Tennessee, Oak Ridge National Laboratory und Volkswagen zusammengeschlossen und eine Heckklappe aus einem neu entwickelten Verbundwerkstoff für den Volkswagen Atlas gefertigt. Der Volkswagen Atlas wird in Chattanooga, Tennessee hergestellt und ist dank der neuen Heckklappe um 35% leichter und günstiger in der Produktion.⁷⁶

Eine Auflistung der Forschungseinrichtungen im Leichtbaubereich in Tennessee befindet sich in Kapitel 8.3.

Internationale Handelsbeziehungen

Der Bundesstaat Tennessee bemüht sich aktiv um ausländische Direktinvestitionen und besitzt Standortmarketingagenturen in Japan, Südkorea, China, Irland, Frankreich, Spanien, Österreich, Deutschland, der Schweiz, Italien und dem Vereinten Königreich. Derzeit befinden sich über 1000 ausländische Unternehmen in Tennessee, die 140.500 Einwohner beschäftigen. Im Jahr 2019 verzeichnete das Tennessee Department of Economic and Community Development 34 ausländische Projekte im Wert von 1.4 Mrd. USD, die ein Drittel aller neu geschaffenen Arbeitsplätze im Bundesstaat für das Jahr 2019 sowie fast die Hälfte der gesamten Kapitalinvestitionen in den Staat ausmachten. Hinter diesen Projekten stehen vor allem Volkswagen (1000 neue Arbeitsplätze, 800 Mio. USD), der koreanische Hersteller elektrischer Betriebsmittel Hyosung Heavy Industries (410 neue Arbeitsplätze, 86.9 Mio. USD), der deutsche Klimatisierungsgeräte-Hersteller STULZ Air Technology Systems (250 neue Arbeitsplätze, 2 Mio. USD), und das chinesische Unternehmen Global Track Manufacturing, ebenfalls aus dem Transportbereich, (250 neue Arbeitsplätze, 2 Mio. USD).⁷⁷

Laut dem Tennessee Department of Economic and Community Development (Ministerium für Wirtschaft und Gemeindeentwicklung) ist Deutschland mit einem Gesamtbeitrag von mehr als 5 Mrd. Dollar an ausländischen Direktinvestitionen der größte europäische Investor in diesem Bundesstaat.⁷⁸ Laut dem Tennessee Department of Economic and Community Development (Ministerium für Wirtschaft und Gemeindeentwicklung) ist Deutschland mit einem Gesamtbeitrag von mehr als 5 Mrd. Dollar an ausländischen Direktinvestitionen der größte europäische Investor in diesem Bundesstaat (Stand: 2019).⁷⁹ Hinsichtlich der wichtigsten Handelspartner steht Deutschland im Jahr 2019 bei den Importen nach Tennessee an sechster Stelle mit 4,6 % des gesamten Handelsvolumens.⁸⁰ Deutschland belegte im selben Jahr bei den Exporten aus Tennessee den siebten Platz.⁸¹

Im Jahr 2019 exportierte der Staat Tennessee Waren im Wert von rund 31 Mrd. Dollar.⁸² Zu den Top fünf Exportkategorien gehören Medizinische Instrumente, große Kraftfahrzeuge, Luftfahrzeuge, mittelgroße Kraftfahrzeuge und Baumwolle.⁸³ Transportausrüstung ist mit 19.2% das Hauptexportgeschäft.⁸⁴

⁷³ Vgl. U.S. Census Bureau (2010): [About the Geographic Areas](#), abgerufen am 10.07.2020

⁷⁴ Vgl. TNECD (2020): [County Profile Tool](#), abgerufen am 10.00.2020

⁷⁵ Vgl. TNECD (2020): [Advanced Manufacturing](#), abgerufen am 21.07.2020

⁷⁶ Vgl. The University of Tennessee System (2020): [Lightening Volkswagen's Load With Composite Manufacturing](#), abgerufen am 17.09.2020

⁷⁷ Vgl. TNECD (2020): [International Business](#), abgerufen am 21.07.2020

⁷⁸ Vgl. The Tennessean (2019): [Germany is a Key Ally of and Partner to Tennessee](#), abgerufen am 10.07.2020

⁷⁹ Vgl. The Tennessean (2019): [Germany is a Key Ally of and Partner to Tennessee](#), abgerufen am 10.07.2020

⁸⁰ Vgl. U.S. Census Bureau (2020): [State Imports for Tennessee](#), abgerufen am 22.07.2020

⁸¹ Vgl. U.S. Census Bureau (2020): [State Exports for Tennessee](#), abgerufen am 22.07.2020

⁸² Vgl. TNECD (2020): [International Business](#), abgerufen am 21.07.2020

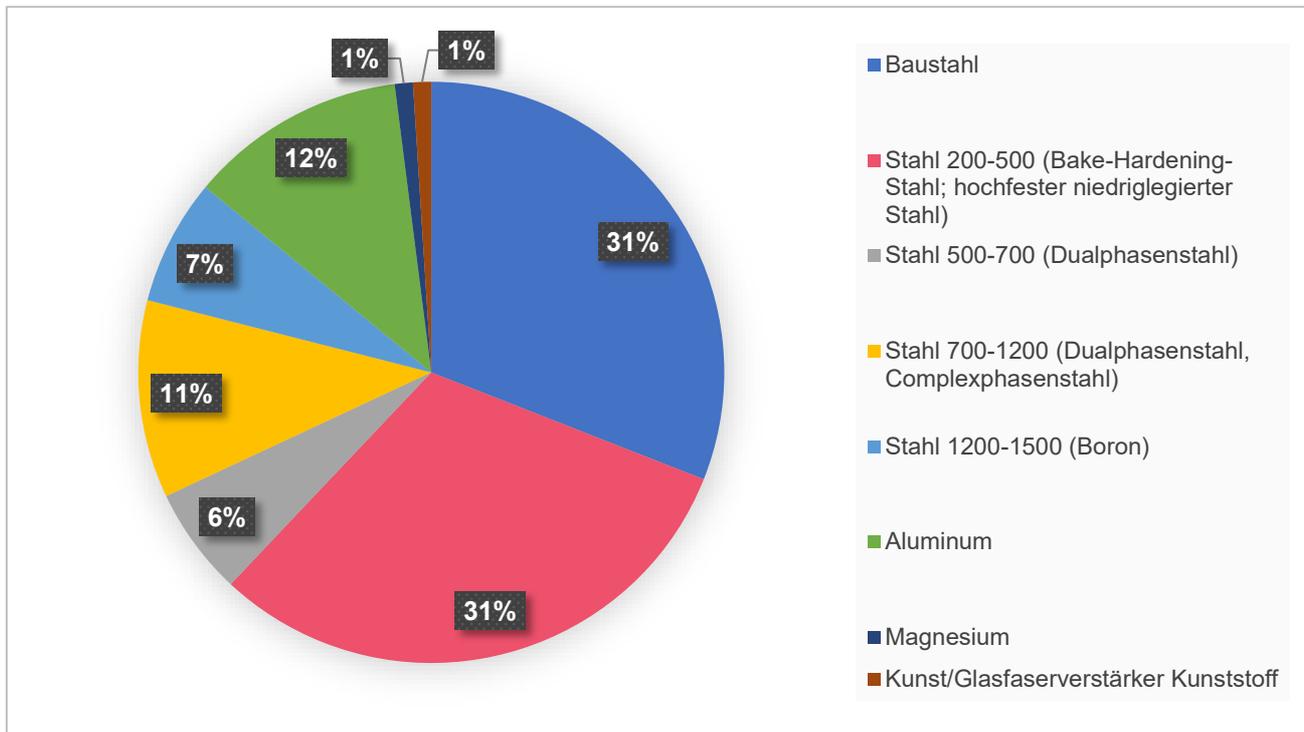
⁸³ Vgl. U.S. Census Bureau (2019): [Total U.S. Exports from Tennessee](#), abgerufen am 29.07.2020

⁸⁴ Vgl. TNECD (2020): [Automotive](#), abgerufen am 21.07.2020

3.3 Leichtbauwerkstoffe

Wurde hinsichtlich der Zukunft der Leichtbautechnik noch vor zehn Jahren von einem Wettlauf zwischen Stahl und Aluminium ausgegangen, lautet heute der Konsens, dass diese von einem Materialmix geprägt sein wird, welcher sich von Fahrzeug zu Fahrzeug unterscheidet. Zwar wird heute in der Tat mehr Aluminium eingesetzt als zuvor, allerdings blieb der erwartete Ansturm auf das Material aus, während die Eisenmetallbranche mit verbesserten hochfesten Stählen konterte. Auch der Einsatz von neuen Verbundwerkstoffen gilt inzwischen als langfristig vielversprechend.⁸⁵ Die nachfolgende Grafik illustriert den derzeitigen Einsatz von Materialien basierend auf 14 essenziellen Bauteilen in 42 massengefertigten Fahrzeugen (Stand 2017):

Abbildung 7: Werkstoffverteilung in US-Fahrzeugen (Stand 2017)



Quelle: Eigene Darstellung nach: Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 30.08.2020

Fahrzeuge bestehen heute vornehmlich aus Stahlstrukturen (86%) und Teilen aus Aluminium (12%). Die Stahlgüteklassen reichen dabei von Baustahl mit einer Zugfestigkeit von etwa 270 Megapascal (MPa) bis hin zu heißgeformten Borstahl von 1500 MPa. Magnesium und Polymer-Verbundwerkstoffe werden bislang nur geringfügig bei Luxusfahrzeugen eingesetzt (2%).⁸⁶

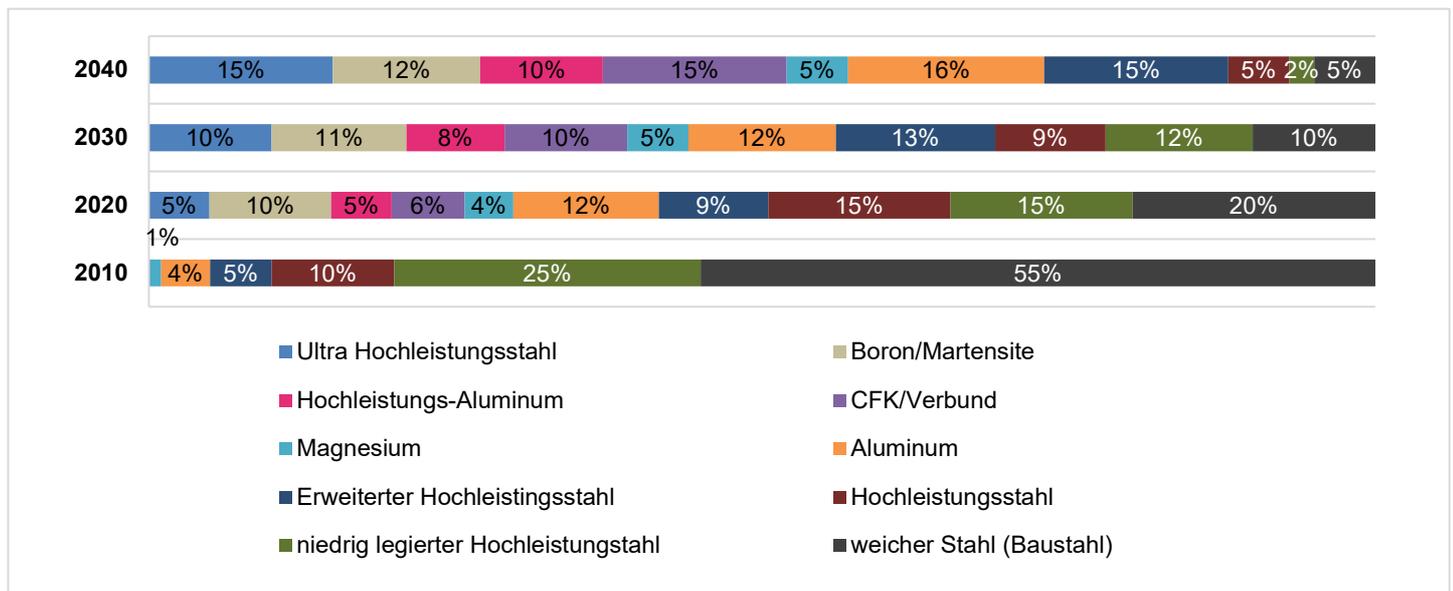
Der Materialmix im Fahrzeug wird sich in den kommenden Jahren zugunsten der leichteren Werkstoffe mit verbesserten Eigenschaften austarieren. Nach einer Studie des Center for Automotive Research (CAR) wird besonders der Anteil von hochfesten Stählen und carbonfaserverstärkten Verbundstoffen im Fahrzeugbau deutlich zunehmen. Ausgleichend wird der Anteil von Baustahl—hier am Beispiel der Rohkarosserie—von 20% im Jahr 2020 auf 5% im Jahr 2040 schrumpfen. Auch die Nichteisenmetalle Aluminium und Magnesium werden verstärkt zum Einsatz kommen.⁸⁷

⁸⁵ Vgl. [SME: Lightweighting's New Phase \(September 2019\)](#), abgerufen am 28.08.2020

⁸⁶ Vgl. Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 28.08.2020

⁸⁷ Vgl. Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 28.08.2020

Abbildung 8: Werkstoffverteilung bei US-Fahrzeugen 2010-2040 (Rohkarosserie)



Quelle: Eigene Darstellung nach: Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 28.08.2020 abgerufen am 30.08.2020

Dale Brosius, Chief Commercialization Officer am Institut für weiterentwickelte Verbundwerkstoffinnovationen (IACMI) bestätigte gegenüber der AHK USA diese Entwicklung. Langfristig erwarte Brosius im Automobilbereich eine Verlagerung von Stahl zu Aluminium und, in ausgewählten Bereichen, zu Verbundwerkstoffen (Beispiel: Batteriegehäuse). In der Luftfahrt würden Carbonfaser Materialien Aluminium allmählich ersetzen, so Brosius.⁸⁸

Weiterentwicklungen auf dem Gebiet des Leichtbaus sind komplex und forschungsintensiv. Der Einsatz von Leichtbauwerkstoffen sorgt im Idealfall für Gewichtseinsparungen von etwa der Hälfte der Gesamtmasse, allerdings eignet sich nicht jedes Material, das theoretisch zur Verfügung steht, auch für alle zur Frage stehenden Bauteile. Neben Gewicht und Härte existiert eine ganze Reihe an weiteren Faktoren, wie Kosten, Steifigkeit, Schwingung, Reparierbarkeit und Umweltfaktoren, die bei der Entwicklung und Montage mitberücksichtigt werden müssen. Stimmt die Beschaffenheit des Materials, ist der Kostenpunkt oftmals der ausschlaggebende Faktor für die Verwendung in massengefertigten Fahrzeugen.^{89,90} Die folgende Tabelle zeigt die jeweilige prozentuale Gewichtsreduktion und Kostenaufschlag pro Leichtbauwerkstoff gegenüber Baustahl. Gegenüber hochfestem Stahl weisen carbonfaserverstärkte Verbundstoffe einen hohen Preisnachteil auf.

Tabelle 1: Gewichtseinsparung und Relative Kosten versch. Leichtbaumaterialien

Material	Gewichtseinsparung (%)	Relative Kosten Pro Bauteil (%)
AHSS - Weiterentwickelter Hochfester Stahl	15-20	100-150
Glasfaser Verbundwerkstoff	25-35	100-150
Aluminium	40-50	130-200
Magnesium	55-60	150-250
Carbonfaser Verbundwerkstoff	55-60	200-1000

Quelle: Eigene Darstellung nach: [Advanced Lightweight Materials And Manufacturing Processes For Automotive Applications \(November 2015\)](#), abgerufen am 30.08.2020

⁸⁸ Gespräch mit Dale Brosius, Chief Commercialization Officer, Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation (IACMI) am 14.09.2020

⁸⁹ Vgl. [SME: Lightweighting's New Phase \(September 2019\)](#), abgerufen am 28.08.2020

⁹⁰ Vgl. [Technology Roadmaps: Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion \(Juni 2017\)](#), abgerufen am 28.08.2020

3.3.1 Eisenmetalle

Hochleistungsstähle sind Stähle, die durch verbesserte Eigenschaften eine Gewichtsreduktion ermöglichen. Hochfeste Stähle erlauben eine Gewichtsreduktion von bis zu 25% und sind dabei stärker und formbarer als herkömmlicher Stahl bei vergleichsweise geringen Kosten (siehe Tabelle 1). Außerdem sind sie weitestgehend mit anderen in Fahrzeugen häufig eingesetzten Materialien und Fertigungstechniken kompatibel. Allerdings nimmt die Zähigkeit des Werkstoffs mit zunehmender Festigkeit ab und sorgt für neue Probleme in der Bearbeitung und Montage. Die Bearbeitung des Materials ist komplexer als bei Baustahl und die Werkzeugkosten höher durch stärkeren Verschleiß.⁹¹

Laut der CAR Studie aus dem Jahr 2017 wird sich der Verbrauch von konventionellem Stahl im Fahrzeugbau in den nächsten Jahren stark verringern (hier am Beispiel Rohkarosserie) und dafür der Verbrauch von Hochleistungsstählen stark ansteigen. Die Bedeutung von Stählen in der Automobilindustrie bleibt allerdings auch in Zukunft bestehen. Besonders für kleinere Modelle werden auch in Zukunft hauptsächlich Stähle eingesetzt werden. Hochleistungsstähle sind heute bereits eine gute Alternative im Niedrigpreissektor. Durch die höheren Festigkeiten können zum Beispiel die Blechdicken reduziert werden, was zu Gewichtseinsparungen führt, während die Sicherheitsstandards weiterhin eingehalten werden können. Hierbei ergeben sich Situationen, bei denen auf allen Seiten Vorteile entstehen (Win-Win-Situationen).⁹²

3.3.2 Nichteisenmetalle

Zu den für den Leichtbau bevorzugten Nichteisenmetallen zählen Aluminium, Magnesium und Titan. Aluminium wird derzeit im Automobilbau als leichtere, aber teurere Alternative zu Stahl verwendet, vor allem für Motorhauben, Kofferraumhauben und Türen. Der große Vorteil bei der Verwendung von Aluminium ist, dass die Technologie ausgereift ist und technische Eigenschaften wie Steifigkeit und Festigkeit mit sich bringt. Nachteilig ist zu erwähnen, dass Aluminium rund doppelt so teuer wie Stahl ist, die Umformbarkeit begrenzt ist und die Verbindung zu anderen Werkstoffen problematisch sein kann.⁹³

Laut einer Studie der Firma McKinsey & Company ist seit dem Jahr 2017 und bis zum Jahr 2030 ein stetiger Anstieg von 3% in der Nachfrage nach Aluminium zu erwarten. Der Anteil der Automobilbranche an diesem Verbrauch soll dabei von 25 auf 30% anwachsen, was wiederum einem Wachstum von etwa 4% entspricht.⁹⁴

Laut Expertenaussage werden Gussbauteile aus Stahlguss im Automobilbau durch moderne Gussprozesse mit Aluminium- oder Magnesiumguss-Bauteilen ersetzt werden. Hierdurch kann Gewicht durch die Verwendung des leichteren Werkstoffs reduziert werden. Zudem ergeben sich auch weitere Gewichtseinsparmöglichkeiten durch bspw. eine Neukonstruktion des Bauteiles. Durch moderne Prozesse können dünnwandige Aluminiumussteile weiteres Gewicht und somit auch Werkstoff einsparen. Hierbei sind die eigentlichen Prozesskosten oftmals gleichbleibend. Somit können durch die Rekonstruktion und Werkstoffsubstitution nicht nur Gewicht, sondern auch Kosten eingespart werden. Im Beispiel eines Gussbauteiles aus Stahl, welches zu Aluminiumguss gewechselt wurde mit einem neuen Design mit verschiedenen Wandstärken, konnten 70% des Gewichtes eingespart werden, während die Kosten auf gleichem Niveau blieben.⁹⁵

Mit der geringsten Dichte aller metallischen Konstruktionswerkstoffe haben Magnesiumlegierungen das Potenzial, das Bauteilgewicht, um bis zu 70% zu verringern.⁹⁶ Magnesium wird im Automobilbau hauptsächlich für Gussbauteile im Antriebsstrang und Teilbaugruppen verwendet. Magnesiumlegierungen zeichnen sich durch eine hohe Steifigkeit und Festigkeit aus. Die Verwendung von Magnesium im Automobilbau ist allerdings aus verschiedenen Gründen begrenzt. Zum einen sind die Rohstoffe kostspielig und auch die Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit sind nicht optimal. Additive zur Verbesserung der Eigenschaften der Legierungen sind ebenfalls sehr teuer und rar. Zudem werden auf dem US-Automobilmarkt Magnesiumwerkstoffe nicht in großen Mengen von Zulieferern angeboten.⁹⁷

⁹¹ Vgl. Office of Energy & Renewable Energy (2016): [Timeline - A Path to Lightweight Materials in Cars and Trucks](#) abgerufen am 28.08.2020

⁹² Vgl. Gespräch mit Industrieexperten. Zitiert in: GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 17.09.2020

⁹³ Vgl. Office of Energy & Renewable Energy (2016): [Timeline - A Path to Lightweight Materials in Cars and Trucks](#) abgerufen am 28.08.2020

⁹⁴ Vgl. World Materials Forum (2018): [Impact of Demand Uncertainty for Automotive Powertrains and Body on Bulk Materials](#), abgerufen am 28.08.2020

⁹⁵ Vgl. Gespräch mit Industrieexperten. Zitiert in: GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 17.09.2020

⁹⁶ Angaben zu Beschaffenheiten und Gewichtersparnis-Potenzial der Leichtbau-Materialien gegenüber Stahl variieren geringfügig je nach Studie.

⁹⁷ Vgl. Office of Energy & Renewable Energy (2016): [Timeline: A Path to Lightweight Materials in Cars and Trucks](#) abgerufen am 28.08.2020

Titan wird als Hochtemperaturmetall im Antriebsstrang verwendet. Verglichen mit konventionellem Stahl können so bis zu 55% an Gewicht eingespart werden. Der Vorteil ist hierbei die sehr hohe Festigkeit gegenüber dem Komponentengewicht und die sehr hohe Temperaturbeständigkeit. Extrem nachteilig sind allerdings die sehr hohen Kosten und die schwere Bearbeitung, die Titan nur für spezielle Anwendungen interessant macht.⁹⁸

3.3.3 Faserverbundwerkstoffe

Kohlenstofffasern besitzen aufgrund Ihrer hervorragenden Eigenschaften laut Experten das beste Potenzial für den Leichtbau. Bei etwa halbem Gewicht verglichen zu Stahl sind Kohlenstofffasern bis zu zehnmal stärker und können bis zu 70% des Gewichts einsparen. Hohe Steifigkeit, hohe Festigkeit und die Realisierbarkeit von komplexen Formen verbunden mit dem Gewichtssparpotenzial sind die größten Vorteile von Verbundwerkstoffen. Dem gegenüber stehen jedoch hohe Produktionskosten und komplexe Verbindungsanforderungen mit anderen Werkstoffen im Fahrzeug.^{99, 100}

Trotz der hohen Kosten, welche bei bis zu 500 Dollar pro Pfund (0,45 kg) liegen können, wird das Material besonders im Luftfahrtbereich geschätzt und schon weitaus länger und großzügiger verbaut als im Automobilsektor. Die Hälfte des Gesamtgewichts des Airbus A350 XWB Passagierflugzeugs besteht aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK). Auch in der Formel 1, wo die Performance im Vordergrund steht, wird das Material vermehrt eingesetzt.¹⁰¹

Die hohen Preise für CFK werden über die nächsten Jahre bzw. Jahrzehnte voraussichtlich sinken. McKinsey & Company hat hierfür bereits 2012 ein moderates und ein aggressives Szenario erstellt. Nach diesen Szenarien wird der Preis zwischen 2010 und 2030 um 45% bzw. 67% fallen. Der niedrigere Preis wird durch geringere Rohstoffkosten und optimierte Prozesse begründet.

Andere Experten sehen die Entwicklung der CFK kritischer. „Ich glaube nicht, dass wir innerhalb der nächsten zehn Jahre eine Menge an Wachstum im Bereich der Verbundwerkstoffe sehen werden. Es ist keine Frage der Technologie, die Kosten sind einfach zu hoch,“ sagte der ehemalige CAR Vorsitzende Jay Baron gegenüber dem Fachverband SME Anfang 2019.¹⁰²

Laut Raymond Boeman, Associate Director for IACMI Vehicle Technology Area beim Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation (IACMI) sind Verbundwerkstoffe im Vergleich zu anderen Werkstoffen trotz der hohen Kosten ein großes Thema in der Automobilindustrie. Die Beliebtheit von Verbundwerkstoffen begründet sich auf der Möglichkeit bis zu 60% des Gewichtes einzusparen, der Korrosionsbeständigkeit, der elektrischen Isolation und der Tatsache, dass weitere Funktionen direkt in das Material integriert werden können. Bei Produktionsbedarfen bis zu 150.000 Komponenten können Verbundwerkstoffe bereits heute als eine wirtschaftliche Alternative zu anderen Werkstoffen angewendet werden.¹⁰³

Auch Dan Coughlin, Vice President, Composites Market Development bei der American Composites Manufacturers Association ist der Meinung, dass Verbundwerkstoffe ohne großen Aufwand individuell an verschiedene Anwendungen angepasst werden können, womit in der Regel auch die Werkzeugkosten geringer sind. Des Weiteren haben Glasfaserverbundwerkstoffe die Eigenschaft zu isolieren, besonders gegenüber Elektrizität. Diese vorteilhafte Eigenschaft steigert die Attraktivität von Verbundwerkstoffen. Besonders mit dem Blick auf E-Mobility werden diese Eigenschaften wichtiger denn je.¹⁰⁴

Neben der Herstellung und Verwendung neuer Werkstoffe wird durch das Verwenden von Verbund- und Kunststoffwerkstoffen auch die Entsorgung und Wiederverwertung der verwendeten Materialien ein wichtiges Thema. Es wird in diesem Feld in verschiedene Richtungen geforscht. Auf der einen Seite können biologisch abbaubare Stoffe verwendet werden, um zum Beispiel Kohlefasern mit Polyester zu verbinden. Nach der Trennung können diese Werkstoffe einfach entsorgt werden. Ein weiterer Ansatz ist, durch

⁹⁸ Vgl. Office of Energy & Renewable Energy (2016): [Timeline: A Path to Lightweight Materials in Cars and Trucks](#) abgerufen am 28.08.2020

⁹⁹ Vgl. Office of Energy & Renewable Energy (2016): [Timeline: A Path to Lightweight Materials in Cars and Trucks](#) abgerufen am 28.08.2020

¹⁰⁰ Vgl. [The Road to Lightweighting: The Tech & Materials Leading the Way \(Dezember 2018\)](#) abgerufen am 28.08.2020

¹⁰¹ Vgl. [The Road to Lightweighting: The Tech & Materials Leading the Way \(Dezember 2018\)](#) abgerufen am 28.08.2020

¹⁰² Vgl. [SME: Lightweighting's New Phase \(September 2019\)](#), abgerufen am 28.08.2020

¹⁰³ Gespräch mit Raymond Boeman, Associate Director for IACMI Vehicle Technology Area, Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation am 14.09.2020

¹⁰⁴ Gespräch mit Dan Coughlin, Vice President, Composites Market Development, American Composites Manufacturers Association (ACMA). Zitiert in: GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 17.09.2020

chemische Prozesse die Werkstoffe aufzulösen und zu entsorgen bzw. wiederzuverwenden. Allerdings konnte die Forschung hier bisher keine großen Erfolge verbuchen.¹⁰⁵

Im Polyesterbereich existiert ein vergleichbares Problem. Mittlerweile kann man dort die Stoffe in seine molekularen Bestandteile zurückführen und daraus anschließend neues Material herstellen. Eine vergleichbare Technologie für Kohlefasern ist noch nicht bekannt, befindet sich allerdings in der Entwicklung. Entgegen des Recyclings in der Industrie ist die USA im Verbraucherbereich in der Entwicklung weit hinter dem deutschen Standard. Hier ergeben sich auch Möglichkeiten für deutsche Unternehmen.¹⁰⁶

3.4 Herstellungsverfahren

Leichtbau wird nicht nur durch die Substitution von Werkstoffen vorangetrieben, sondern auch durch die Weiter- und Neuentwicklung von Produktionsprozessen und -verfahren. Diese Prozesse machen es teils erst möglich, die komplexen Werkstoffe zu verarbeiten, teilweise erlauben sie aber auch durch ihre Technologie neue technologische Freiheiten zu gestalten.

Das Center for Automotive Research sieht nach einem Bericht vor allem die folgenden fünf Verfahren als wichtig für Leichtbauindustrie der Zukunft:

- Verfahren zu warmumgeformtem Stahl (hot formed steel)
- Verfahren zu warmumgeformtem Aluminium (warm formed aluminum)
- Resin Transfer Molding (RTM)
- Druckguss für dünnwandige Aluminiumbauteile (high pressure thin walled aluminum die casting)
- 3D-Druck

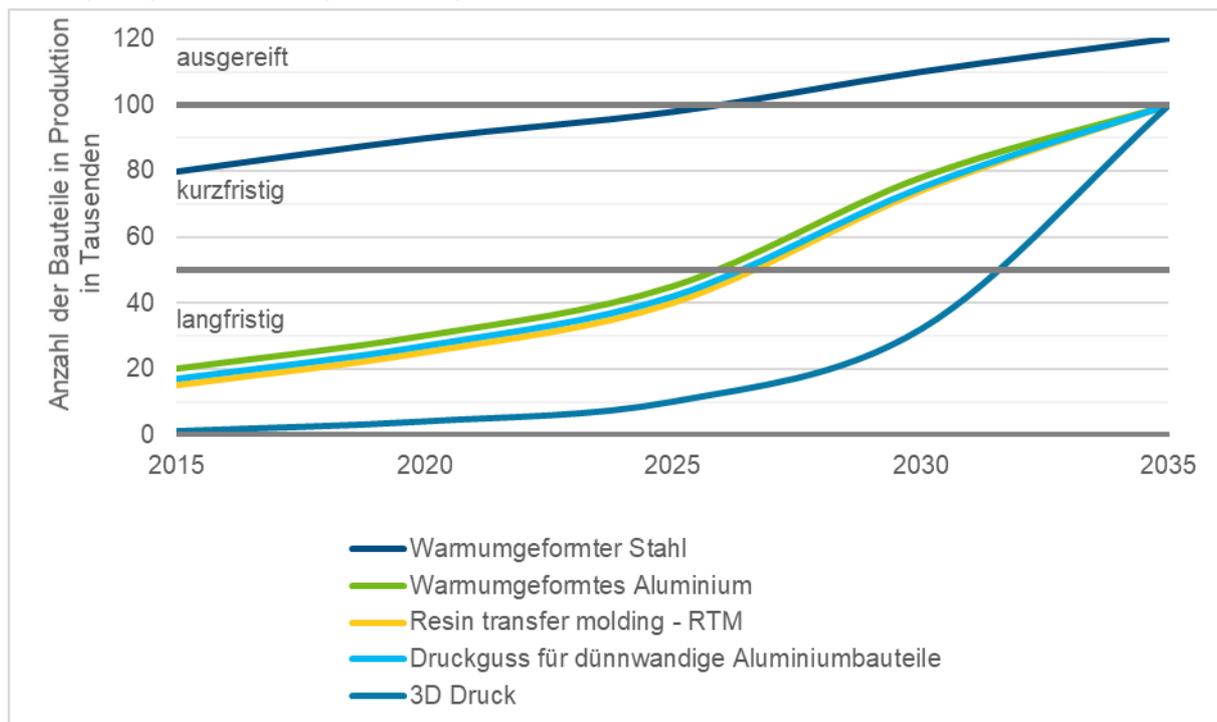
Es wird erwartet, dass warmumgeformte hochfeste Stähle in der nahen Zukunft ausgereift sein werden und somit auch in großer Serie eingesetzt werden können. Andere Verfahren wie 3D-Druck und RTM (Resin Transfer Molding) werden auch vermehrt in der Automobilproduktion eingesetzt werden, auch wenn ihre Entwicklung noch ausgereift werden muss und große Stückzahlen erst in 10 bis 20 Jahren zu erwarten sind.¹⁰⁷

¹⁰⁵ Gespräch mit Peter G. Hedger Jr., Director of Marketing and Communications, Magnum Venus Products. Zitiert in: GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 17.09.2020

¹⁰⁶ Gespräch mit Volker Plehn, Director Business Development, Toray Resin Company. Zitiert in: GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 17.09.2020

¹⁰⁷ Vgl. Eigene Darstellung nach: Center for Automotive Research (2017): [Technology Roadmaps - Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 20.06.2020

Abbildung 9: Prognose zur Entwicklung der Herstellungsverfahren 2015-2035



Quelle: Eigene Darstellung nach: Center for Automotive Research (2017): [Technology Roadmaps - Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 20.06.2020

Um diese Ziele erreichen zu können, müssen für die einzelnen Verfahren die folgenden Probleme gelöst werden (siehe nachfolgende Tabelle).-

Die hier aufgezählten Verfahren sind nur ein Ausschnitt von vielversprechenden Prozessen, welche den Weg in die Massenproduktion schaffen können. Die Industrie arbeitet auch an anderen Verfahren, welche die Anforderungen der Industrie und die Voraussetzungen der Werkstoffe in funktionierende Prozesse abbilden können. Eine der fortschrittlicheren Fertigungstechnologien ist Additive Manufacturing (AM), Schaummetallherstellung und fortschrittliche Metallumformung. Diese Technologie könnte die Flexibilität der Leichtbauweise sowohl bei der Materialauswahl als auch bei der Strukturoptimierung erheblich erweitern. Obwohl die Vorteile von AM viel Aufmerksamkeit auf sich ziehen, gibt es Herausforderungen für AM, um mit konventionellen Herstellungsmethoden konkurrieren zu können. Dazu gehören die Qualität der gefertigten Komponenten, zeitaufwändige Prozesse, relativ teure Rohmaterialien und die Festlegung von Standards, Qualifikationsanforderungen und Zertifizierungen.¹⁰⁸

Raymond Boeman, Associate Director for IACMI Vehicle Technology Area beim Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation sieht die besondere Herausforderung der Verwendung und Handhabung von Verbundwerkstoffen bei der Optimierung der Werkstoffhandhabung von Kohlenstoff, um die Kosten des Produktes zu reduzieren. Das Problem hierbei sind die derzeit relativ langen Prozesse und der Anteil an Abfall und Ausschuss. Wenn die Prozesse verbessert werden und Kohlenfasern gezielter eingesetzt werden können (nur dort wo sie auch gebraucht werden) und die Prozesse schneller ablaufen können, können auch die Kosten reduziert werden.¹⁰⁹

3.5 Verbindungstechnologien

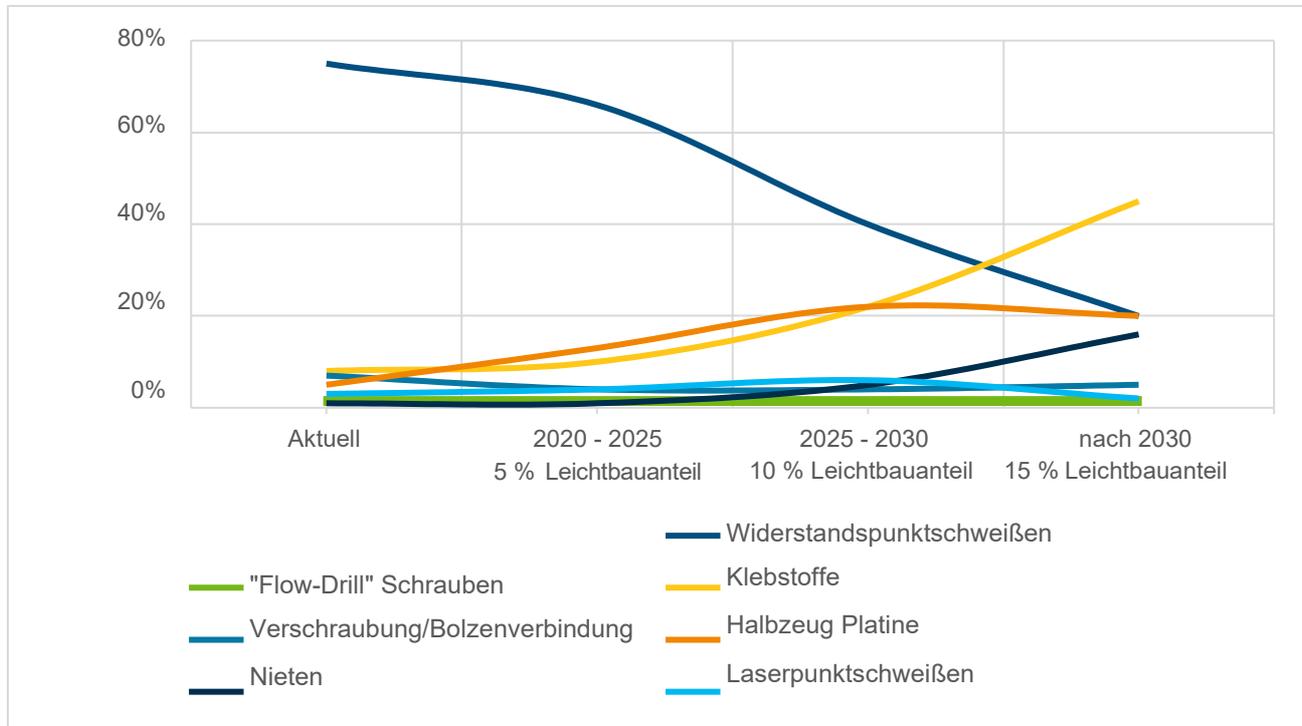
Durch den Ansatz, immer den „optimalen“ Werkstoff für jede Anwendung verwenden zu wollen, ergeben sich neue Herausforderungen in der Verbindung dieser Werkstoffe mit unterschiedlichsten Eigenschaften.

¹⁰⁸ Vgl. TechBriefs (2019): [Lightweighting in Aerospace Component and System Design](#), abgerufen am 28.08.2020

¹⁰⁹ Vgl. Gespräch mit Raymond Boeman, Associate Director for IACMI Vehicle Technology Area, Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation am 14.09.2020

Die Verbreitung und Verwendung der Verbindungstechnologien wird sich durch den höheren Materialmix in Fahr- und Flugzeugen in den nächsten Jahren verändern. Die Bedeutung von Widerstandspunktschweißen wird abnehmen und die Bedeutung von Klebstoffen wird zunehmen (siehe nachfolgende Abbildung).

Abbildung 10: Prognose zur Entwicklung der Verbindungsprozesse 2015-2030



Quelle: Eigene Darstellung nach [Center for Automotive Research: Technology Roadmaps - Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion \(Juni 2017\)](#), abgerufen am 20.08.2020

Da durch den Einzug von nicht metallischen Werkstoffen Schweißverfahren nur noch bedingt einsetzbar sein werden, benötigt die Industrie alternative Verbindungstechnologien. Hierbei sind besonders Klebstoffe im Aufschwung, die es ermöglichen artfremde Werkstoffe miteinander zu verbinden. Allerdings ergeben sich durch die hohe Varianz und Vielfalt der Werkstoffe auch Herausforderungen, welche für einen erfolgreichen Einsatz gelöst werden müssen:

- Elektrochemische Korrosion
- Verschiedene Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe
- Bearbeitungszeiten der Verbindungen (z.B. Aushärtung von Klebeverbindungen)
- Standardisierung der Werkstoffe (geringe Standardisierung unter alternativen Werk- und Verbindungsstoffen)
- Möglichkeit zur zerstörungsfreien Prüfung
- Intellektuelles Eigentum neu entwickelter Technologien
- Festhalten an traditionellen und bekannten Verfahren
- Reparaturfähigkeit von alternativen Verbindungen
- Mangelndes Fachwissen¹¹⁰

Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten für Unternehmen mit innovativen Lösungen die Verbindungstechnologien der Leichtbauindustrie zu gestalten.

In der Verbindungstechnologie ist durch den Einzug neuer Werkstoffe noch sehr viel Entwicklungspotential. Jede neue Werkstoffverbindung muss validiert werden. Zum heutigen Stand sind bereits sehr viele Werkstoffkombinationen getestet und können eingesetzt werden. Allerdings werden durch weitere neue Werkstoffe weitere Tests und Evaluierungen notwendig. Durch den Ansatz

¹¹⁰ Vgl. Center for Automotive Research (2017): [Technology Roadmaps - Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 20.08.2020

jedes Bauteil aus dem optimalen Werkstoff herstellen zu wollen ergeben sich viele Verbindungsstellen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es sich in manchen Fällen lohnt das Umfeld eines Bauteiles genauer anzuschauen, um die Anforderungen der Baugruppe nicht nur durch neue Werkstoffe zu substituieren, sondern auch die komplette Baugruppe durch neue Herstellverfahren neu zu bewerten und zu konstruieren. So konnte eine Baugruppe, welche aus mehr als 100 Einzelbauteilen aus verschiedensten Werkstoffen (Stahl, Aluminium, Faserverbundwerkstoffen und Kunststoff) bestand, vereinfacht werden und besteht heute aus nur noch 16 Bauteilen mit einem Aluminiumbauteil als Hauptbauteil.¹¹¹

3.7 Konstruktive und technische Auslegung

Neben der Auswahl von verschiedenen Leichtbauwerkstoffen und den neuen bzw. verbesserten Herstellungsprozessen ergeben sich auch Gewichtseinsparpotenziale durch ein effizienteres Design.

Hierbei liegt der Fokus auf dem Gesamtsystem eines Fahr- bzw. Flugzeugs. Dies beginnt mit der Auswahl des richtigen Werkstoffs in der richtigen Größe an der richtigen Stelle verbunden mit der passenden Fertigungstechnologie. Hierzu sind auch moderne CAE-Methoden im Einsatz um Bauteile, Baugruppen und das Gesamtfahrzeug mit computergestützten Methoden zu berechnen und simulieren. Durch moderne Berechnungs- und Designwerkzeuge wird ein gezielter Einsatz von Werkstoffen möglich. Verbunden mit der Erfahrung der Automobilzulieferer und Luftfahrtzulieferer und deren Zulieferer können so die technischen Eigenschaften der Werkstoffe zielgerichtet ausgeschöpft werden.

Laut eines Spezialisten der Verbundwerkstoffbranche gibt es besonders bei Verbundwerkstoffen hinsichtlich der technischen Auslegung von Leichtbaumaterialien noch Entwicklungsbedarf der Berechnungswerkzeuge. Des Weiteren muss auch die Erfahrung wie sie bspw. durch die langjährige Verwendung von metallischen Werkstoffen aufgebaut wurde noch für Verbundwerkstoffe aufgebaut werden.

Das Wissen zu homogenen Verbundwerkstoffen ist, anders als bei anderen, isotropen Werkstoffen, unter den Konstrukteuren noch nicht so stark verbreitet. Deshalb sind viele Komponenten und Produkte aus Verbundwerkstoffen überdimensioniert und zu stark ausgelegt. Außerdem sind auch die Konstruktions- und Berechnungswerkzeuge für homogene Werkstoffe meist nicht ausgereift. Die Komplexität der homogenen Werkstoffe ist um ein Vielfaches höher als die der isotropen Werkstoffe, durch die weitere Faktoren, wie Faserorientierung und Matrixwerkstoff beachtet werden müssen.¹¹²

Die Designoptimierung von Leichtbaukomponenten bietet noch viel Potenzial in den nächsten Jahren. Viele Möglichkeiten werden auch aufgrund von zeitlichen Engpässen im Entwicklungsprozess nicht komplett ausgeschöpft. Dies erlaubt auch in der Zukunft noch weitere große Entwicklungspotenziale. Besonders bei US-Automobilherstellern lag der Fokus bislang auf den größeren Fahrzeugklassen, wie Trucks und SUVs. Diese Technologien werden in der Zukunft auch mehr und mehr in den günstigeren und kleineren Einstiegsmodellen bzw. Kleinwagen verwendet werden. Besonders auch bei der Elektromobilität wird Leichtbau, unabhängig von der Fahrzeuggröße wichtig sein.¹¹³

In Deutschland entwickelte Technologien und Produkte für die effektive Kraftstoffverbrauchsoptimierung werden auf dem US-amerikanischen Markt übernommen. Da der US-Automobilmarkt preissensibler als der deutsche Markt ist, werden in der Regel keine „überentwickelten“ Bauteile angeboten.¹¹⁴

Europäische Hersteller müssen darauf vorbereitet sein, Ihre Produkte an den US-Markt anzupassen, beziehungsweise direkt für den US-Markt zu konzipieren und zu entwickeln.

¹¹¹ Vgl. GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 10.08.2020

¹¹² Gespräch mit Raymond Boeman, Associate Director for IACMI Vehicle Technology Area, Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation am 14.09.2020

¹¹³ Vgl. GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 10.08.2020

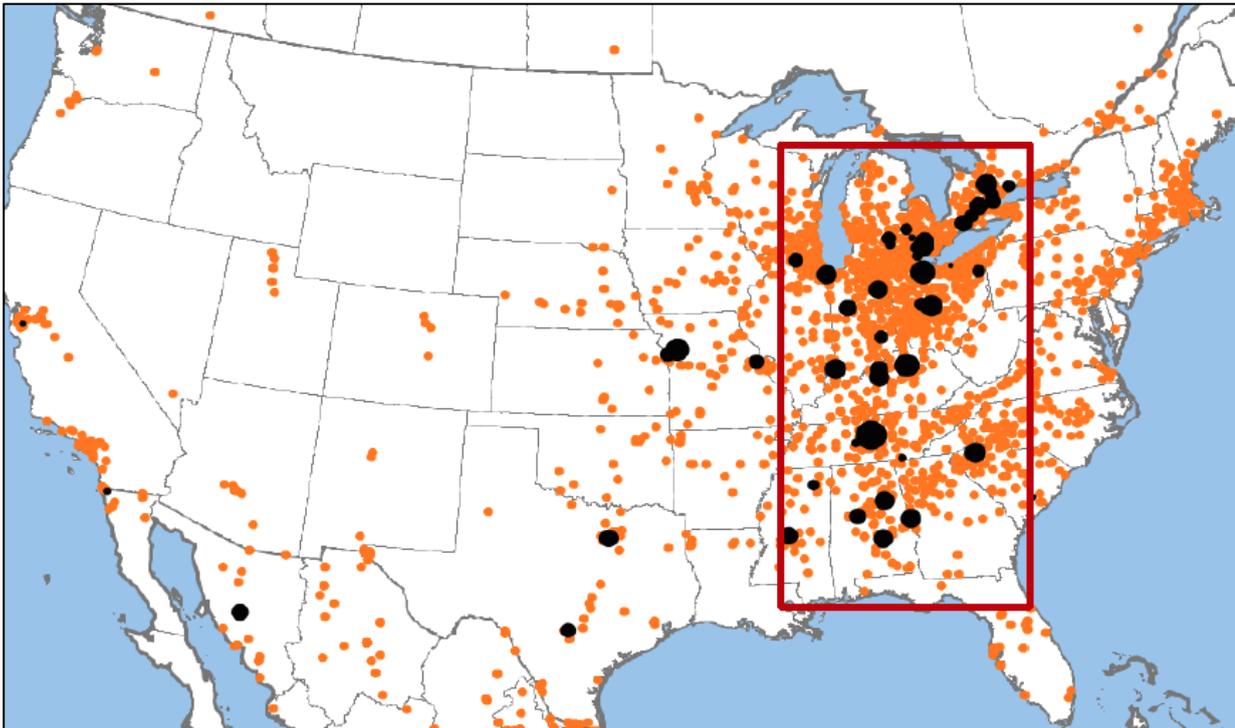
¹¹⁴ Vgl. GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 10.08.2020

4. Leichtbau in der Automobilindustrie

Gemessen an den Neuzulassungen von Automobilen sind die USA hinter China der zweitgrößte Markt der Welt.¹¹⁵ Auch im Inland spielt die US-Automobilindustrie als Schlüsselindustrie eine sehr wichtige Rolle. Historisch gesehen hat die US-Automobilindustrie allein in den letzten Jahrzehnten im Durchschnitt 3 bis 3,5% zum gesamten US-Bruttoinlandsprodukt beigesteuert.¹¹⁶

Heute erstreckt sich die US-Automobilindustrie hauptsächlich entlang eines etwa 1.400 km langen Nord-Süd-Korridors, vom Mittleren Westen bis zu den Südstaaten der USA. Entlang dieses Korridors, der sogenannten Automotive Alley, befinden sich nahezu alle bekannten Vertreter des US-Automobilmarktes. 98% der gesamten US-Automobilproduktion sind hier angesiedelt.¹¹⁷ Die Stärke der Automobilindustrie in dieser Region ist im Vergleich zu anderen Regionen sowohl in den Vereinigten Staaten als auch in Nordamerika beispiellos (siehe nachfolgende Abbildung).

Abbildung 11: Verteilung der Zulieferindustrie in den Vereinigten Staaten



Quelle: Thomas Klier, Federal Reserve Bank Chicago (2016), abgerufen am 03.08.2020

Abbildung 11 zeigt die Anzahl der Liefer- und Montagewerke von Automobilzulieferern in den USA. Die amerikanischen Hersteller Ford, Fiat Chrysler und General Motors, auch bekannt als Detroit Three, haben ihren Sitz im Großraum Detroit im Norden. Die großen asiatischen Automobilhersteller haben Werke sowohl im Mittleren Westen als auch im Süden. Im Süden ist die Ansammlung von Autoherstellern aus Korea und Deutschland besonders konzentriert. Die Zulieferindustrie ist unabhängig des Herkunftslandes in allen Gebieten des Automobilkorridors zu finden.

Neben diesem traditionsreichen Automobil-Cluster entwickelt sich der Westen der Vereinigten Staaten zurzeit ebenfalls zu einem Standort, an dem die Zukunft der Automobiltechnik mitentwickelt wird. Besonders hinsichtlich Elektromobilität hat sich Kalifornien, insbesondere durch die dort ansässige Serienfertigung des US-Elektroautomobilherstellers Tesla, zu einem bedeutenden Standort entwickelt.

Die folgende Tabelle fasst die Verteilung der Produktion von Leichtfahrzeugen in den Schwerpunktreionen der Automobilindustrie zusammen.

¹¹⁵ Vgl. Statista (2020): [Largest automobile markets worldwide in 2019, based on new car registrations](#), abgerufen am 13.07.2020

¹¹⁶ Vgl. Center for Automotive Research (2010): [Contribution of the Automotive Industry to the Economies of all Fifty State and the United States](#), abgerufen am 13.07.2020

¹¹⁷ Vgl. Automotive News (2020): [2019 North America car & truck production by plant, Dec. & YTD](#), abgerufen am 13.07.2020

Tabelle 2: Überblick Leichtfahrzeug Produktion in den Regionen der Vereinigten Staaten

Standort	2019	2018	% Änderung
Summe Mittlerer Westen (Illinois, Indiana, Kansas, Kentucky, Michigan, Missouri, Ohio)	5.528.361	5.781.345	-4,3%
Summe Südosten (Alabama, Georgia, Mississippi, South Carolina, Tennessee, Texas)	3.205.967	3.184.918	0,7%
Summe Westen (California)	124.366	127.020	-2,1%
Anteil Mittlerer Westen	62,4%	63,6%	
Anteil Südosten	36,2%	35%	
Anteil Westen	1,4%	1,4%	

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung nach Automotive News (2020): [Data Center](#), abgerufen am 03.08.2020

4.1 Trends, Treiber und Herausforderungen

Laut der "State of the Profession Survey" des Assembly Magazine ist das Interesse am Einsatz von Leichtbauwerkstoffen seit 2017 um 11 Prozentpunkte gestiegen.¹¹⁸ Traditionell konzentrierten sich die Bemühungen um Leichtbau in der Automobilindustrie auf Sportwagen mit geringem Volumen oder auf Luxuslimousinen der Oberklasse. Durch die Gelegenheit, hier in geringeren Stückzahlen neue Technologien zu testen, konnten wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse gesammelt werden, so dass in den letzten Jahren immer mehr Leichtbau-Technologien ebenso Einzug in den Massen-Automobilmarkt finden konnten.

Da eine Verringerung des Fahrzeuggewichts um 10% zu einer Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs um 6-8% führen kann, sind die Hersteller ständig bestrebt, ihre Fahrzeuge leichter zu machen, während sie gleichzeitig dem Trend der US-Verbraucher zu größeren und leistungstärkeren Fahrzeugen folgen.¹¹⁹ Wie bereits in Kapitel 3.4 beschrieben, werden unterschiedliche Leichtbau-Materialien genutzt, um das durch hohe Sicherheitsstandards, Infotainment und andere Technologien durch neueste Entwicklungen im Automobilsektor gestiegene Fahrzeuggewicht auszugleichen.

Die folgenden Informationen in diesem Kapitel enthalten Einzelheiten zu den Trends, Treibern und Herausforderungen für Leichtbauwerkstoffe und -technologie in der Automobilindustrie in den USA.

4.1.1 Verbesserter Kraftstoffverbrauch und reduzierte CO2-Emissionen

Im Laufe der Jahre ist der Druck auf Automobilhersteller gestiegen, Emissionen zu reduzieren, um die angestrebten Kraftstoffeinsparungsstandards in ihren US-Flotten zu erreichen. Nach Angaben des „Center for Sustainable Systems“ der University of Michigan verbraucht der Transportsektor der USA mehr als ein Drittel der Energie des Landes und ist für 27% der Treibhausgasemissionen verantwortlich.¹²⁰ Aufgrund dieser ernüchternden Tatsache haben die Hersteller unermüdlich daran gearbeitet, leichtere Materialien in ihre Fahrzeugkonstruktionen zu integrieren, um die Effizienz zu verbessern. Dies ist eine Abkehr von der Einführung von Innovationen im Automobilbau auf Kosten des Gewichts, da in der Vergangenheit andere Eigenschaften wichtiger waren als niedriger Kraftstoffverbrauch und geringere Emissionen. Im Jahr 2005 gab es einen Wendepunkt: 2005 war das erste Jahr, in dem mehr Leistung bei geringerem Gewicht erreicht wurde. Seit diesem Wendepunkt sind die CO2-Emissionen um 23% gesunken, während der Kraftstoffverbrauch um 30% gestiegen ist, so der Automotive Trends Report der US-Umweltschutzbehörde Environmental Protection Agency (EPA). Darüber hinaus haben sich zwischen 2004-2018 die CO2-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch in zwölf dieser vierzehn Jahre im Durchschnitt verbessert und immer wieder neue Rekorde aufgestellt.¹²¹

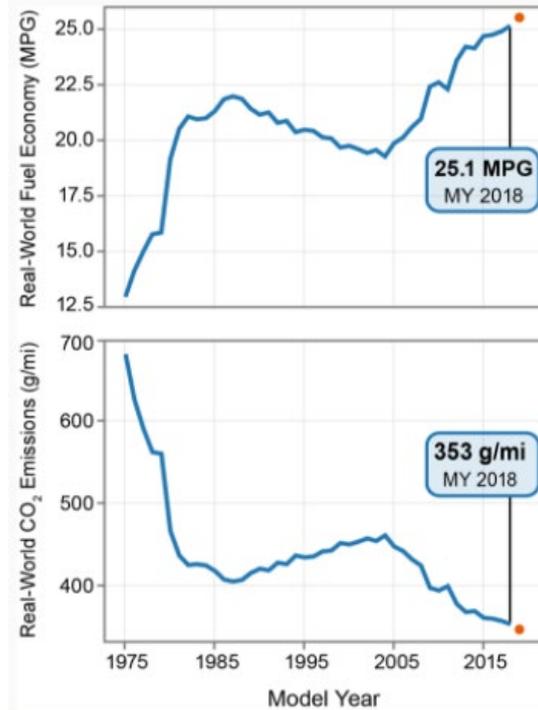
Der Trend der CO2-Emissionsreduzierung und die durchschnittlichen Verbesserungen des Kraftstoffverbrauchs von 1975 bis 2018 sind in Abbildung 12 dargestellt. Wie zu sehen ist, begannen die durchschnittlichen CO2-Emissionen ab 2005 drastisch zu sinken, da auch der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch sank, was nach US-Messweise eine erhöhte Reichweite mit einer verbrauchten Gallone (3,8 Liter) Kraftstoff bedeutet.

¹¹⁸ Vgl. Assembly: State of the Profession 2018: [Smart Factories Demand Smarter Engineers](#), abgerufen am 21.07.20

¹¹⁹ Vgl. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (kein Datum): [Lightweight Materials for Cars and Trucks](#), abgerufen am 21.07.20

¹²⁰ Vgl. University of Michigan Center for Sustainable Systems (2013): [The Impact of Vehicle Electrification and Lightweight Materials](#), abgerufen am 21.07.20

¹²¹ Vgl. United States Environmental Protection Agency (2020): [Automotive Trends Report](#), abgerufen am 21.07.20

Abbildung 12: Geschätzter CO₂- und Treibstoffverbrauch, 1975-2018

Quelle: United States Environmental Protection Agency (2020): [Automotive Trends Report](#), abgerufen am 21.07.20

Im Jahr 2012 legte die National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) Standards fest, nach denen der kombinierte durchschnittliche flottenweite Kraftstoffverbrauch im Modelljahr 2021 mindestens 40,3-41,0 Meilen pro Gallone (MPG) betragen muss. Die US-Umweltschutzbehörde EPA gab als Teil derselben Regelung für das Modelljahr 2025 Treibhausgasstandards heraus.¹²² Kürzlich wurden die Safer Affordable Fuel-Efficient Vehicles Rules (SAFE) von der NHTSA aufgestellt, die die Standards für Kraftstoffverbrauch und Treibhausgasemissionen für die Modelljahre 2021 bis 2026 definieren. Diese Standards für Kraftstoffverbrauch und Kohlendioxidemissionen werden jedes Jahr um 1,5 % strenger.¹²³ Obwohl die SAFE- Standards weniger streng sind als die früheren Corporate Fuel Economy Standards (CAFE), die 2012 festgelegt wurden, haben sie langfristig keinen wesentlichen Einfluss auf die weitere Entwicklung in der Leichtbauindustrie. Leichtbautechnologien und Produktentwicklungen sind in der Regel drei bis fünf Jahre von der Umsetzung entfernt, so dass Änderungen der Vorschriften im Allgemeinen nur kurzfristige Auswirkungen haben. Die Hersteller werden weiterhin leichtere und effizientere Fahrzeuge produzieren, um mit den langfristigen Trends zur Elektrifizierung und zu autonomen Fahrzeugen Schritt zu halten und um auf dem globalen Markt, der auf emissionsärmere Autos und Lastwagen ausgerichtet ist, wettbewerbsfähig zu bleiben. Emissionsnormen und -vorschriften werden in Kapitel 6 ausführlicher erörtert.

4.1.2 Elektrifizierung

Die fortgeschrittene Batterieentwicklung, die durch die zunehmenden globalen Emissionsvorschriften weiter vorangetrieben wird, hat die Erwartungen an einen schnelleren Wechsel zur Elektrifizierung des Automobilmarktes erhöht. Während jedes Fahrzeug leichte Materialien verwenden kann, sind sie besonders wichtig für Hybrid-Elektro-, Plug-in-Hybrid-Elektro- und Elektrovehikel (EV). Die Verwendung von Leichtbauwerkstoffen in diesen Fahrzeugen kann das Gewicht von Antriebssystemen wie Batterien und Elektromotoren ausgleichen, die Effizienz verbessern und die rein elektrisch betriebene Reichweite erhöhen. Alternativ könnte die Verwendung von Leichtbauwerkstoffen auch dazu führen, dass kleinere und kostengünstigere Batterien für den Antrieb des Fahrzeugs genügen, wobei die rein elektrische Reichweite von Plug-in-Fahrzeugen erhalten bleibt.

Die benötigte Technologie zum Antrieb von Elektrofahrzeugen ist im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor vergleichsweise hoch. Während die Batterie die traditionellen Verbrennungsmotor- und Antriebsstrangkomponenten ersetzen würde, was Gewicht spart, erfordern schwere Technologien wie Wärmemanagementsysteme und Batteriepakete nach wie vor eine leichtere Konstruktion, um das Gewicht minimal zu halten und so die Leistung und Reichweite des Fahrzeugs mit einer Batterieladung zu optimieren.

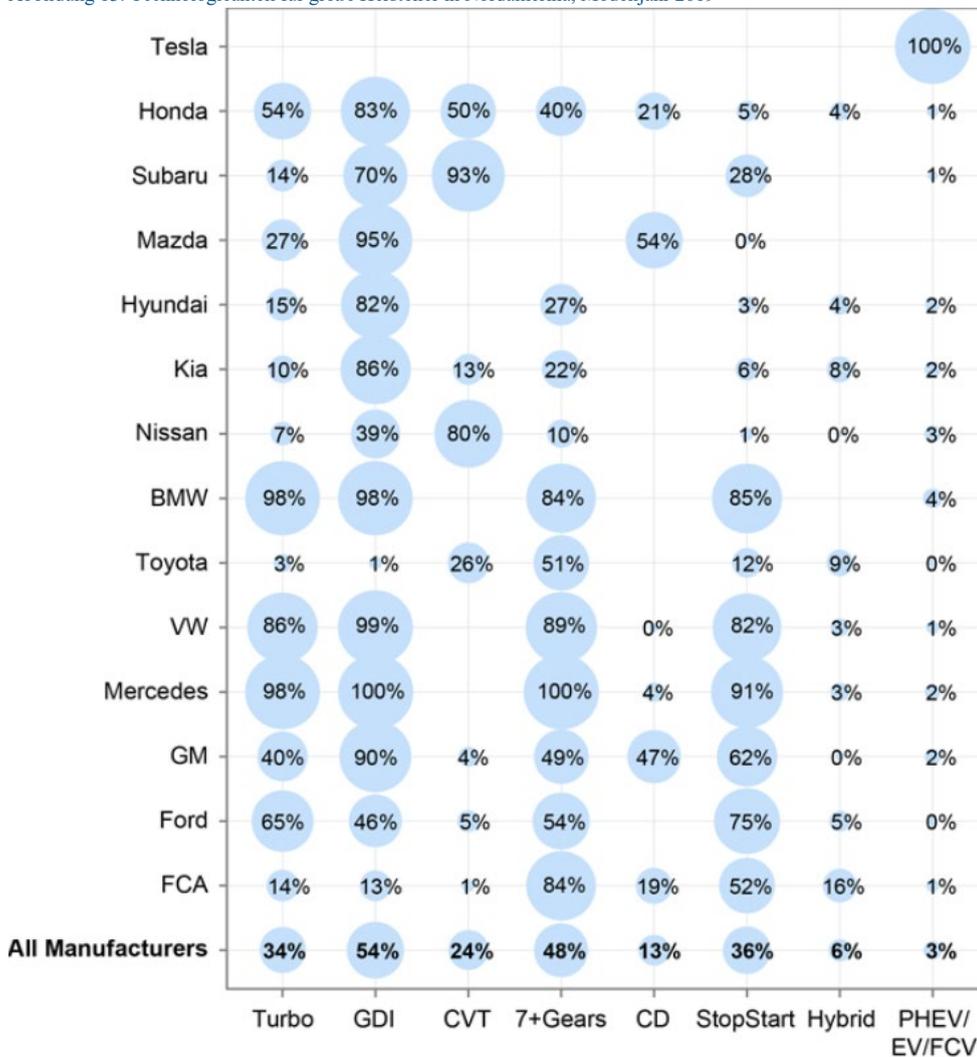
Der Wettlauf zur Elektrifizierung ist eine der Hauptantriebskräfte für den Fortschritt der Leichtbauindustrie innerhalb des Automobilsektors. Laut einer Marktstudie von McKinsey & Company näherten sich die weltweiten EV-Verkäufe im Jahr 2019 2,3 Mio.

¹²² Vgl. U.S. Department of Transportation (2014): [Corporate Average Fuel Economy \(CAFE\) Standards](#), abgerufen am 21.07.20

¹²³ Vgl. National Highway Traffic Safety Administration (2020): [SAFE, The Safer Affordable Fuel-Efficient 'Safe' Vehicles Rule](#), abgerufen am 21.07.20

Fahrzeugen und repräsentierten eine Gesammarktdurchdringung von 2,4%. Darüber hinaus sind die EV-Modellpipelines der OEMs voller als je zuvor und es wird erwartet, dass bis 2025 etwa 400 neue batteriebetriebene EV-Modelle auf den Markt kommen werden.¹²⁴ Laut GTAI deuten Umfragen vor der COVID 19-Pandemie darauf hin, dass etwa ein Drittel der US-Autofahrer beim nächsten Autokauf auf ein Elektromodell umsteigen könnten.¹²⁵ Der Branchenexperte Adam Halsband von Forward Engineering North America beschreibt die Marktentwicklung wie folgt: „Im Hinblick auf die Entwicklung und Markteinführung neuer Materialien sind elektrische Vehikel ein Antrieb, um Einsatzmöglichkeiten neuer Leichtbaumaterialien zu erforschen.“¹²⁶

Abbildung 13: Technologieanteil für große Hersteller in Nordamerika, Modelljahr 2019



- Turbo: Turbolader
- CD: Zylinderabschaltung
- Hybrid: Hybrid-Elektro-Kfz
- GDI: Benzindirekteinspritzung
- 7+ Gears: Getriebe mit sieben oder mehr Gängen
- StopStart: Start-Stop-Automatik
- PHEV/EV/FCV: Elektro-, Plug-in-Hybrid-, Wasserstofffahrzeug
- CVT: Stufenloses Getriebe

Quelle: United States Environmental Protection Agency (2020): [Automotive Trends Report](#), abgerufen am 21.07.20

Trotz der erzielten Fortschritte müssen EVs noch stärker vom Massenmarkt akzeptiert werden. Es gibt nach wie vor Bedenken der Verbraucher hinsichtlich der Batterien, des Ladevorgangs und der Reichweite, die eine größere Nachfrage nach EVs verhindert haben. Darüber hinaus haben die rekordtiefen Ölpreise der letzten Jahre unter dem Gesichtspunkt der Kosteneinsparungen keinen großen Anreiz zur Einführung von EVs geboten. Abbildung 13 gibt einen Überblick über die US-Fahrzeugflotten der großen Automobil-OEMs, basierend auf den Betriebstechnologien. Wie Abbildung 13 zeigt, machen Plug-in-Hybrid-EVs, EVs und Brennstoffzellen-EVs aktuell nur zwischen 1 % und 4 % der US-Fahrzeugflotten der OEMs aus, mit Ausnahme von Tesla, die zu 100 % Elektrofahrzeuge herstellen. In den kommenden Jahren könnte die Entwicklung und Integration leichter Materialien in EVs dazu beitragen, viele Herausforderungen der Industrie zu bewältigen und zu einer raschen Akzeptanz auf dem Massenmarkt zu führen.

¹²⁴ Vgl. McKinsey & Company (2020): [The road ahead for e-mobility](#), abgerufen am 21.07.20

¹²⁵ Vgl. Germany Trade & Invest (2020): [US-Kfz-Bauer halten an ihren Investitionen in Elektroautos fest](#), abgerufen am 21.07.20

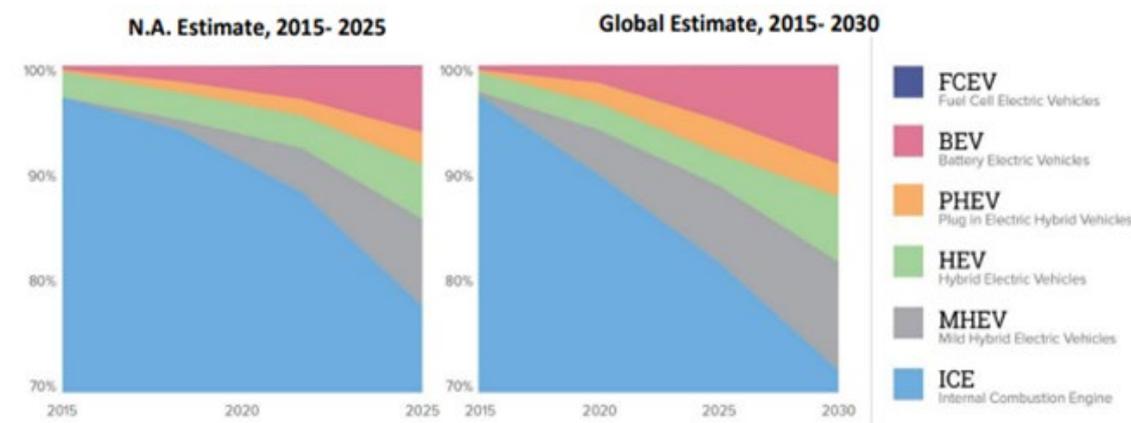
¹²⁶ Gespräch mit Adam Halsband, Managing Director von Forward Engineering North American am 30.06.2020

Volker Plehn, Director Business Development bei der Toray Resin Company und Peter G. Hedger Jr., Director of Marketing and Communications bei Magnum Venus Products sind der Ansicht, dass der Kunde bzw. Verbraucher der ausschlaggebende Faktor ist, wenn es um die Weiterentwicklung im Leichtbau geht. Neue bzw. „grüne“ Technologien wie EVs werden in ihrer Nachfrage steigen.¹²⁷

Der amerikanische Hersteller Tesla ist die bekannteste Elektrofahrzeugmarke der Welt. Im Jahr 2019 verkaufte Tesla weltweit fast 300.000 Einheiten des neuen Modell 3.¹²⁸ Die Ästhetik der Tesla-Fahrzeuge und die größere Reichweite im Vergleich zu anderen EVs sind die Hauptgründe für ihren Erfolg. Der Hauptsitz von Tesla befindet sich in Palo Alto, Kalifornien, und die Produktionsstätten befinden sich in Kalifornien, Nevada und Texas. Obwohl Tesla der bekannteste Hersteller von EVs ist, entwickeln traditionelle US-Automobilhersteller wie Ford, General Motors und FCA ihre EV-Pipeline weiter, um auf dem E-Mobilitätsmarkt konkurrenzfähig zu sein.

Nach Angaben des Center for Automotive Research wird erwartet, dass EVs bis 2030 mindestens 20% Marktanteil in Nordamerika und fast 30% Marktanteil weltweit haben werden.¹²⁹ Abbildung 14 enthält eine Schätzung des nordamerikanischen und weltweiten Marktanteils von EVs, Hybriden und herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Während EVs und Hybride in den nächsten 10 Jahren sowohl in Nordamerika als auch weltweit weiter Marktanteile gewinnen dürften, werden Verbrennungsmotoren weiterhin ein sehr starker Kosten-/Effizienztreiber für die Verbraucher sein und daher auf absehbare Zeit relevant bleiben.

Abbildung 14: Marktdurchdringung der Antriebstechnik für leichte Nutzfahrzeuge in Nordamerika und weltweit



- FCEV: Elektrisches Wasserstofffahrzeug
- BEV: Batteriebetriebenes Elektrofahrzeug
- PHEV: Plug-In Hybridfahrzeug
- HEV: Hybridfahrzeug
- MHEV: Mild-Hybridfahrzeug
- ICE: Verbrennungsmotor

Quelle: Center for Automotive Research: Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 21.07.20

4.1.3 Autonomes Fahren

Nahezu alle großen Automobilhersteller und eine Vielzahl von Technologieunternehmen investieren aktiv in Technologien, die ein autonomes Fahren ermöglichen. Laut McKinsey & Company wird eine vollständige Autonomie mit der Level-5-Technologie, die jederzeit und überall einsetzbar ist, frühestens im Jahr 2030 erwartet. Die Akzeptanz dieser Technologie wird jedoch bis zu diesem Zeitpunkt noch schneller voranschreiten.¹³⁰ Es wird erwartet, dass Autonome Vehikel (AVs) und ihre Technologien die traditionellen Geschäfts- und Mobilitätsmodelle der Autohersteller neu ordnen werden und daher das Fahrzeugdesign und den Materialmix stark beeinflussen werden. Außerdem stehen die Automobilhersteller unter zusätzlichem Druck, diese Fahrzeuge leicht zu halten, da Komponenten in AVs, wie Sensoren, Sensorreinigungssysteme, Komfort- und Infotainmentfunktionen sowie redundante Teile für die Sicherheit weiter an Gewicht zunehmen werden. Darüber hinaus wird die weitere Konstruktion und Entwicklung von

¹²⁷ Gespräch mit Peter G. Hedger Jr., Director of Marketing and Communications, Magnum Venus Products und Volker Plehn, Director Business Development, Toray Resin Company. Zitiert in: GACC (2017): [Automobil- & Zulieferindustrie – Zielmarktanalyse USA](#), abgerufen am 17.09.2020.

¹²⁸ Vgl. Statista (2020): [In-depth: eMobility 2020](#), abgerufen am 21.07.20

¹²⁹ Vgl. Center for Automotive Research: Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 21.07.20

¹³⁰ Vgl. McKinsey & Company: [Autonomous Driving](#), abgerufen am 23.07.20

Leichtbauwerkstoffen in Fahrzeugen in Betracht gezogen werden müssen, um die Kompatibilität und Funktionalität mit diesen Technologien, wie z.B. den Sensoren, zu gewährleisten.

Die Weiterentwicklung von AVs wirkt sich unter Sicherheitsaspekten auch auf das Design und die Anforderungen zukünftiger Fahrzeuge aus. Durch die Sicherheitsverbesserungen, die sich aus autonomen Fahrzeugen ergeben, können viele Unfälle verhindert und Verkehrstote vermieden werden. Dies gibt den Fahrzeugkonstruktoren die langfristige Flexibilität, in Zukunft die Größe der Fahrzeug-Crashstruktur zu reduzieren und leichtere Materialien bei der Gesamtkonstruktion des Fahrzeugs zu verwenden.

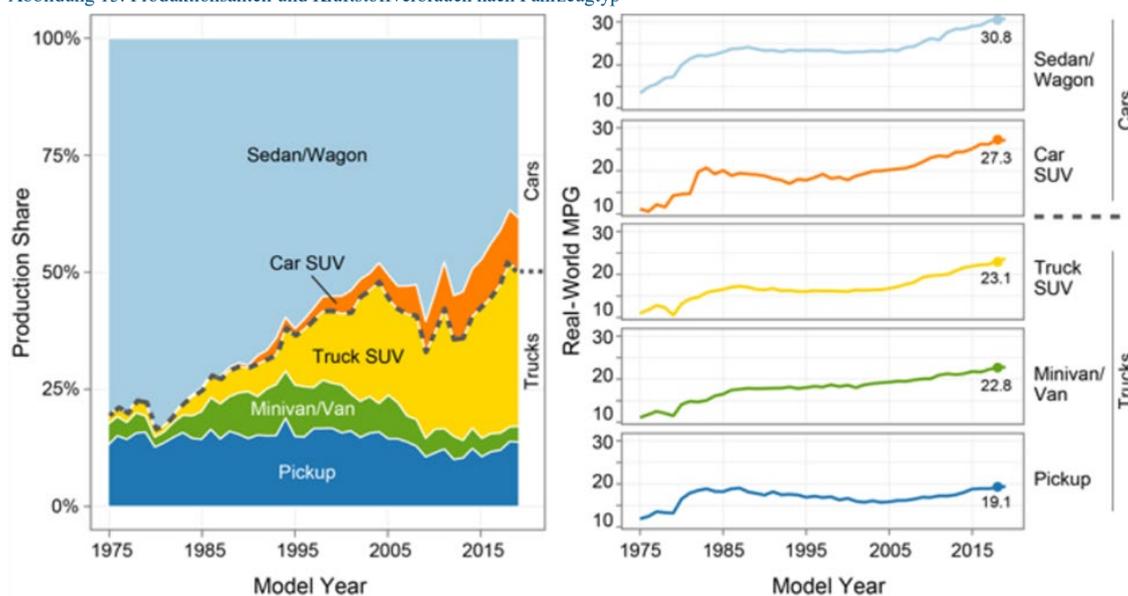
Nach Vorhersagen der Industrie ist der Wettlauf in Richtung Autonomiestufe 5 bei Fahrzeugen noch etwa ein Jahrzehnt entfernt. Robo-Taxis (selbstfahrende, e-Hailing-Fahrzeuge) und autonome kommerzielle Lastkraftwagen werden voraussichtlich einige der ersten Anwendungsbeispiele sein, in denen diese Technologie in großem Maßstab integriert wird.¹³¹ Herausforderungen wie Datenerfassung, Straßentests, Entwicklung von Algorithmen zur genauen Erkennung und Erfassung von Objekten und Vorschriften sind jedoch nur einige Beispiele für die aktuellen Hindernisse, die einer schnelleren Einführung autonomer Technologien in den USA im Wege stehen. Dies bedeutet, dass AVs ein langfristiger Treiber für die Entwicklung von Leichtbaumaterialien sind, da die Entwicklung von Neuigkeiten im AV-Bereich noch einige Jahre in Anspruch nehmen wird.

4.1.4 Trend zu größeren Modellen

Die Verkaufszahlen der letzten Jahre zeigen, dass größere Modelle ihren Anteil am Autoverkauf in den USA steigern konnten. Besonders hervorzuheben sind die SUVs und die etwas kleineren Crossover, die das Design, die Leistung und die Ausstattung eines SUVs auf einer kleineren Fahrzeugplattform bieten. Dieser Trend ist hauptsächlich auf die niedrigen Benzinpreise der letzten Jahre zurückzuführen.

Abbildung 15 zeigt eine Aufschlüsselung des US-Marktanteils im Jahr 2018 nach fünf Fahrzeugtypen: Stufenheck-Pkw/Kombis, SUVs auf Pkw-Basis (mit selbsttragender Karosserie, häufig gleichzusetzend mit Crossover, z.B. Toyota RAV4), SUVs auf Truck-Basis (Leiterrahmen mit aufgesetzter Karosserie, z.B. Jeep Wrangler), Pickup-Trucks und Transporter/Minivans. SUVs auf Pkw-Basis sind im Allgemeinen kleinere SUVs mit Zweiradantrieb, während SUVs auf Truck-Basis größere Fahrzeuge mit Allradantrieb sind. Die Unterscheidung zwischen SUVs auf Pkw- und auf Truck-Basis ist wichtig, da Pkw und Trucks in den USA unterschiedlichen Standards für Treibhausgasemissionen und Kraftstoffverbrauch unterliegen. Grund hierfür ist, dass reguläre Pkw dem alltäglichen Gebrauch zugerechnet werden, während Pickup-Trucks und artverwandte Fahrzeuge als Arbeitsfahrzeuge angesehen werden.

Abbildung 15: Produktionsanteil und Kraftstoffverbrauch nach Fahrzeugtyp



Quelle: United States Environmental Protection Agency (2020): [Automotive Trends Report](#), abgerufen am 23.07.20

Aus Abbildung 15 ist zu erkennen, dass sich der US-Markt weiter in Richtung größerer Modelle bewegt. SUVs (sowohl auf Pkw- als auch auf Truck-Basis) zusammen erreichten im Modelljahr 2018 einen rekordverdächtigen Marktanteil von 46%, während der Marktanteil von Stufenheckmodellen und Kombis im selben Jahr auf 37% zurückging, was weniger als die Hälfte des Marktanteils von Stufenheckmodellen und Kombis im Modelljahr 1975 ausmachte. Alle fünf Fahrzeugtypen haben in diesem Zeitraum

¹³¹ Vgl. McKinsey & Company: [Autonomous Driving](#), abgerufen am 23.07.20

rekordverdächtig niedrige CO₂-Emissionen und einen rekordverdächtig niedrigen Kraftstoffverbrauch aufzuweisen.¹³² Hochentwickelte, leichte Materialien haben wesentlich zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs dieser modernen, größeren Fahrzeuge beigetragen.

Aufgrund des Verbrauchertrends zu größeren Fahrzeugmodellen kündigten die Detroit Three an, dass sie alle eine höhere Konzentration größerer Fahrzeuge in den USA herstellen werden, die auch höhere Gewinnspannen aufweisen. In den letzten Jahren stellten Ford, General Motors und Fiat Chrysler die Herstellung vieler beliebter Modelle ein, wie z.B. des Ford Fusion, des Chevy Impala und des Chrysler 200, um nur einige zu nennen.¹³³ Der Verbrauchertrend zu größeren Fahrzeugen hatte direkte Auswirkungen auf die Leichtbauindustrie, da größere Fahrzeuge mehr wiegen und eine größere Herausforderung darstellen, das Gewicht minimal zu halten, um die Fahrzeugleistung und die Kraftstoffverbrauchsstandards in den US- Fahrzeugflotten der OEMs zu verbessern.

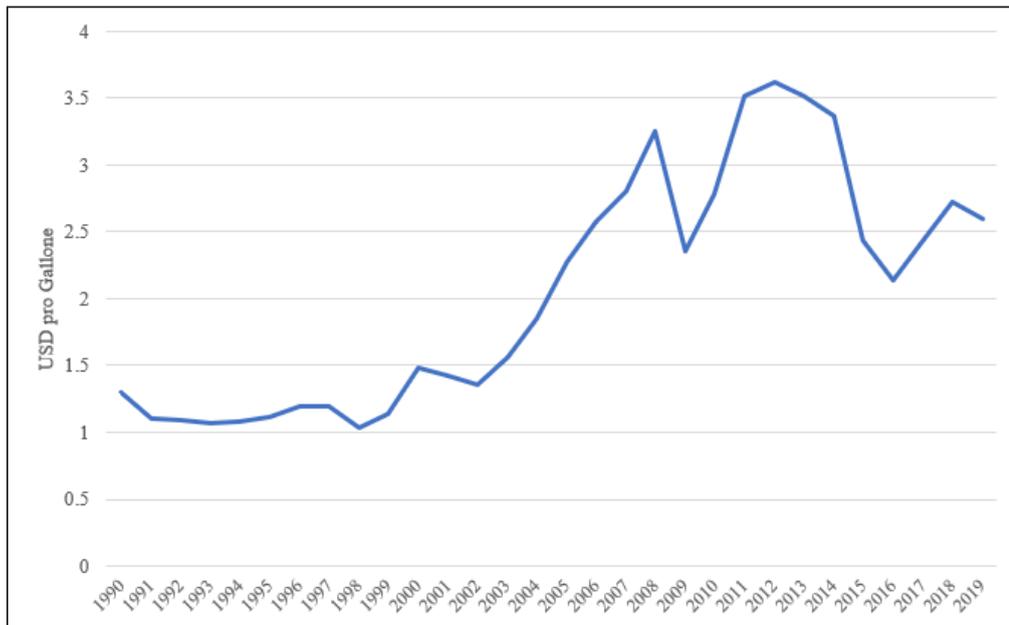
4.1.5 Schwankende Kraftstoffpreise

Rekordtiefe Ölpreise waren große Faktoren, die den Vorteil von EVs bei den Gesamtbetriebskosten zunichte gemacht haben. Dies hat dazu beigetragen, dass sich die Einführung von EVs auf dem Massenmarkt in den USA verzögert hat. Da die Verbraucher in der Lage waren, kostengünstig ein herkömmliches Fahrzeug mit Verbrennungsmotor zu besitzen, ohne sich Sorgen über die begrenzte Ladeinfrastruktur und die mit EVs verbundenen Reichweiten machen zu müssen, gab es für die Verbraucher weniger Anreize, auf diese Technologie umzusteigen.¹³⁴

Hinzu kommt, dass die Verbraucher aufgrund der niedrigen Kraftstoffkosten in den letzten Jahren eher größere, kraftstoffintensivere Fahrzeuge gekauft haben. Gründe dafür sind, dass die Kosten für das Fahren eines größeren Fahrzeugs überschaubar waren und dass amerikanische Verbraucher in der Regel größere Fahrzeuge aufgrund des Langstreckenkomforts bevorzugen. Auch wenn Ölpreise momentan in Folge der COVID-19-Pandemie gefallen sind, würde mit einem möglichen erneuten Anstieg der Ölpreise erwartet, dass die Nachfrage nach größeren Fahrzeugen jedoch wieder zugunsten kleinerer, kraftstoffeffizienterer Modelle zurückgehen wird.

Da schwankende Benzinpreise einen direkten Einfluss auf die Verbrauchernachfrage nach EV-Technologien sowie auf den Trend zu größeren Fahrzeugmodellen haben, wird die Leichtindustrie indirekt von den Kraftstoffpreisschwankungen in den USA beeinflusst. Abbildung 16 zeigt die Geschichte der Kraftstoffpreise in den USA seit 1990. Wie man sehen kann, sind die Kraftstoffpreise in den USA seit 2015 drastisch gesunken und haben sich bei durchschnittlich \$2,50 USD pro Gallone Normalbenzin gehalten, was etwa \$0,66 USD pro Liter entspricht.¹³⁵

Abbildung 16: US-Preis für Normalbenzin von 1990 bis 2019



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Statista: [Retail price of regular gasoline in the United States from 1990 to 2019 \(Januar 2020\)](#), abgerufen am 23.07.20

¹³² Vgl. United States Environmental Protection Agency (2020): [Automotive Trends Report](#), abgerufen am 23.07.20

¹³³ Vgl. Marketplace (2018): [Why American auto companies no longer want to sell actual cars](#), abgerufen am 23.07.20

¹³⁴ Vgl. Center for Automotive Research: Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 21.07.20

¹³⁵ Vgl. Statista (2020): [Retail price of regular gasoline in the United States from 1990 to 2019](#), abgerufen am 23.07.20

4.1.6 Herausforderungen für Leichtbau im Automobilsektor

Eine der größten Herausforderungen für die Leichtbauindustrie sind die Kosten für den Einsatz leichter Materialien in Fahrzeugen. Aluminium und Kohlefaser, die derzeit die beiden wichtigsten Leichtbauwerkstoffe sind, sind teuer in der Verarbeitung und erhöhen die zukünftigen Autoreparaturkosten weiter. Die Hersteller stehen ständig vor der Herausforderung, das richtige Material für die richtigen Anwendungen im Auto für die kostengünstigste Lösung zu wählen.

Darüber hinaus werden die Herausforderungen in der allgemeinen Fahrzeugkonstruktion und -montage mit Leichtbauwerkstoffen immer größer. Leichtbau, steigende Anforderungen an die Crashesicherheit, Kostendruck, Konstruktion abgeleiteter Fahrzeugmodelle auf der gleichen Plattform, Materialflexibilität und verkürzte Entwicklungszeiten sind Aspekte, die oft schwer zu lösen sind. Hinzu kommen Bemühungen, Gewicht zu reduzieren, um den Kraftstoffverbrauch zu senken, Emissionen zu reduzieren oder die EV-Reichweite durch die Reduzierung von Metallen oder Metallstärken zu erhöhen, was die strukturelle Leistung der Karosserie grundlegend verändern kann.¹³⁶

Das Center for Automotive Research sieht als Hindernisse bzw. Herausforderungen des Leichtbaus in der Automobilindustrie vor allem die Komplexität, die durch das Verwenden verschiedenster Werkstoffe entsteht, und die damit verbundenen Auswirkungen (siehe nachfolgende Tabelle). Diese Herausforderungen lassen sich ebenfalls auf die Luftfahrtindustrie übertragen.

Tabelle 3: Herausforderungen der Automobilindustrie aufgrund von Leichtbau

Herausforderungen	Beschreibung
Verbindung verschiedener Werkstoffe	unterschiedliche Schmelzpunkte der Werkstoffe
Korrosion	Durch die Einordnung in der elektrochemisch-galvanischen Metallreihe und durch das Einwirken von Feuchtigkeit
Wärmeausdehnung	Die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten sorgen dafür, dass sich das Material z.B. unterschiedlich im Lackierofen ausdehnt.
Taktzeit / Bearbeitungszyklus	Die Automobilindustrie braucht Prozesse, welche die Taktzeiten der aktuellen Produktionslinien einhalten (im Allgemeinen ungefähr eine Minute pro Bauteil in der Massenproduktion)
Kosten	Die Kosten für neuere Werkstoffe, wie Kohlenstofffasern, sind sehr hoch im Vergleich zu Stahl.
Supply Chain / Lieferkette	Automobilhersteller wechseln mehr und mehr zu global einheitlichen Fahrzeugplattformen. Die Verfügbarkeit von Werkstoffen weltweit von verschiedenen Zulieferern ist somit unverzichtbar.
End-of-Life Recycling	Die meisten Werkstoffe, die im Automobilbau verwendet werden, sollten aus umwelttechnischen und regulatorischen Anforderungen einfach zu recyceln sein.
Reparatur	Ein schwer zu reparierendes Fahrzeug wird erhöhte Versicherungskosten zur Folge haben, was wiederum die Verkaufszahlen beeinflussen wird.
Wissenslücke	Ingenieure und Produktionsmitarbeiter müssen trainiert werden, um mit den neuen Werkstoffen und Prozessen zu arbeiten.

Quelle: Eigene Darstellung nach Center for Automotive Research (2017): [Technology Roadmaps - Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 15.08.2020

Zudem spielt die Herstellbarkeit von Leichtbaukomponenten eine entscheidende Rolle und kann zu Einschränkung während des gesamten Designprozesses führen, da diese bestimmt ob ein Design in ein reales Produkt umgesetzt werden kann. Fertigungsbeschränkungen müssen bereits in den ersten Schritten der Produktentwicklung, wie bei der Materialauswahl, dem Strukturdesign und der Optimierung, berücksichtigt werden. Topologisch optimierte Designs neigen dazu geometrisch sehr komplex zu sein, die durch konventionelle Herstellungsmethoden, wie Gießen und Umformen, nicht ohne Modifikationen hergestellt werden können. Daher haben Herstellungsmethoden erhebliche Auswirkungen auf die Leichtbaukonstruktion, weshalb Forschung und Entwicklung in diesem Bereich kontinuierlich vorangetrieben wird.

¹³⁶ Vgl. Assembly (2018): [Lightweighting Is Top Priority for Automotive Industry](#), abgerufen am 23.07.20

4.2 Anwendungsbeispiele

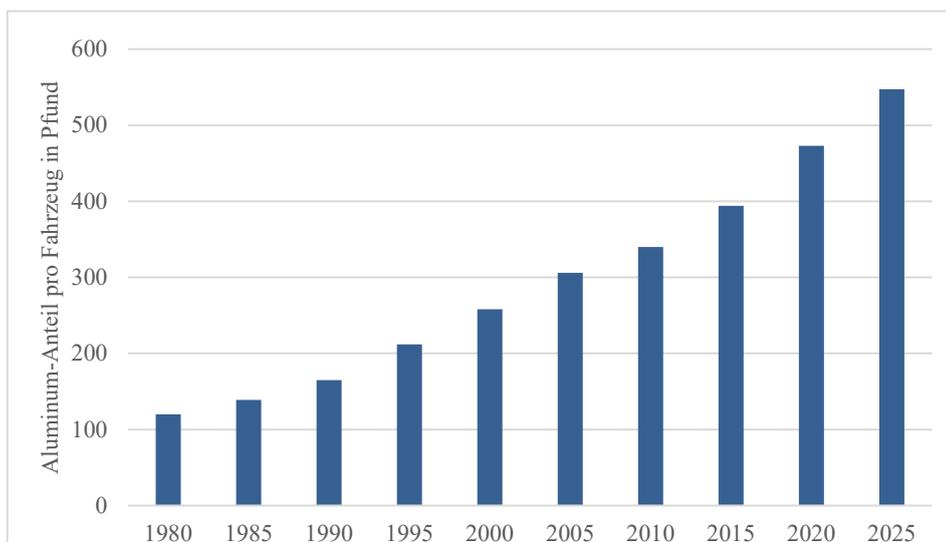
4.2.1 Leichtbaumaterialien im Automobilsektor

Aufgrund der hohen Kosten, die mit Leichtbauwerkstoffen verbunden sind, sind die Hersteller ständig auf der Suche nach der kostengünstigsten Lösung, um den richtigen Leichtbauwerkstoff für die richtige Anwendung im Fahrzeug zu verwenden. Aluminium hat sich in den letzten Jahren als beliebter Leichtbauwerkstoff in der Automobilindustrie durchgesetzt. Nach Angaben des Assembly Magazine verwenden 82% der Hauptakteure in der Leichtbauindustrie Aluminium für den Fahrzeugbau. Ein Beispiel für diese Anwendung sind Aluminiumhauben in Fahrzeugen, die derzeit 50% der Motorhauben von in Nordamerika produzierten Fahrzeugen ausmachen. Bis 2025 werden voraussichtlich 80% der Fahrzeuge mit Aluminiumhauben ausgestattet sein.¹³⁷

Laut der North American Light Vehicle Aluminium Content Study wird vorhergesagt, dass bis 2025 26,6% aller Karosserie- und Verschlusssteile für Leichtfahrzeuge in Nordamerika aus Aluminium bestehen werden (gemessen nach Volumen statt nach Gewicht). Darüber hinaus wird Aluminium bis 2025 mehr als 75% der Pickup-Karosserie- und Verschlusssteile, 24% der Karosserie- und Verschlusssteile des E-Segments, 22% der SUV-Karosserie- und Verschlusssteile und 18% der Minivan-Karosserie- und Verschlusssteile aus Aluminium ausmachen.¹³⁸

Abbildung 17 zeigt das Wachstum und das prognostizierte Wachstum von Aluminium in Leichtfahrzeugen in den USA, Kanada und Mexiko.

Abbildung 17: Durchschnittlicher Aluminium-Anteil in Fahrzeugen in Nordamerika– 1980 bis 2025 (prognostiziert)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Ducker Worldwide (2014): [2015 North America Light Vehicle Aluminum Content Study](#), abgerufen am 24.08.2020

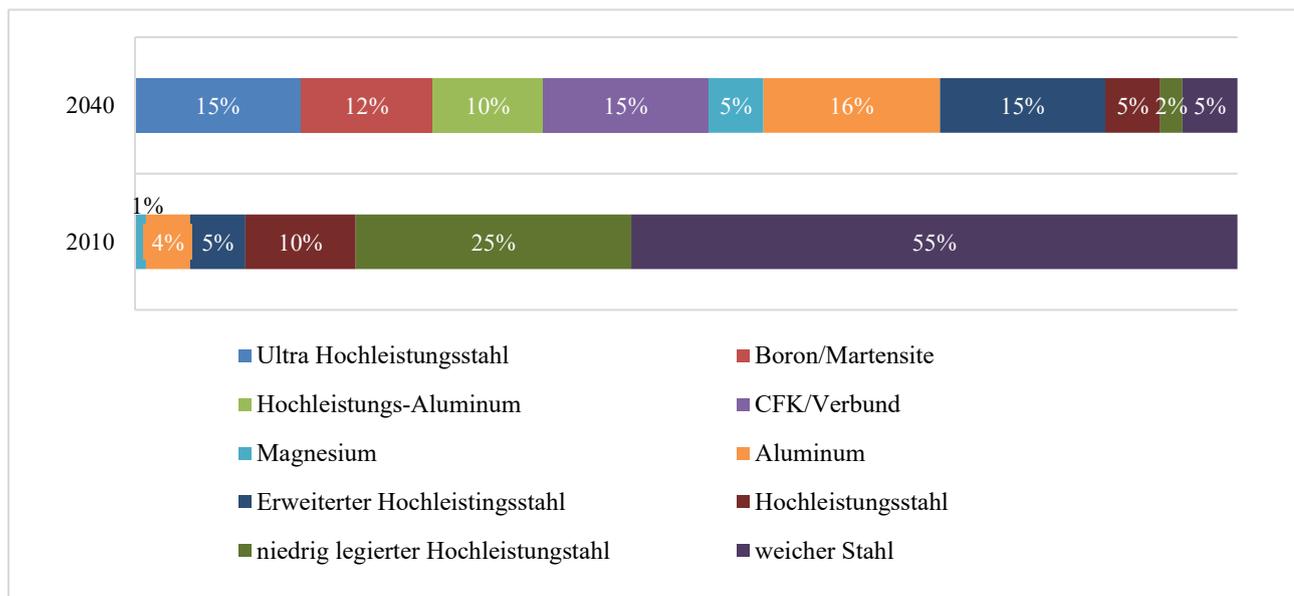
Aluminium ist nicht das einzige Material, das in der Leichtbauindustrie an Dynamik gewinnt. Automobilhersteller sind permanent auf der Suche nach dem besten Material für die beste Anwendung. In den letzten Jahren gab es eine weit verbreitete Verwendung von hochentwickeltem hochfestem Stahl, der den traditionellen kohlenstoffarmen Stahl ersetzt hat. Darüber hinaus verfolgen die Hersteller auch einen Multimaterial-Konstruktionsansatz, indem sie Verbundwerkstoffe für andere Anwendungen in einem Fahrzeug verwenden. Ein Beispiel für einen beliebten Verbundwerkstoff, kohlenstofffaserverstärktes Polymer (CFK), ist in der Lage, das Gewicht um 10% im Vergleich zu traditionellen glasfaserverstärkten Verbundwerkstoffen zu reduzieren.¹³⁹ Diese einzigartige Eigenschaft macht CFK zu einem Schlüsselmaterial im Automobilbau.

¹³⁷ Vgl. Assembly (2018): [State of the Profession 2018: Smart Factories Demand Smarter Engineers](#), abgerufen am 21.07.20

¹³⁸ Vgl. Ducker Worldwide (2014): [2015 North American Light Vehicle Aluminum Content Study](#), abgerufen am 15.08.20

¹³⁹ Vgl. Assembly: State of the Profession (2018): [Smart Factories Demand Smarter Engineers](#), abgerufen am 21.07.20

Abbildung 18: Werkstoffverteilung bei US-Fahrzeugen 2010-2040 (Rohkarosserie)



Quelle: Eigene Darstellung nach Center for Automotive Research – Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 24.08.2020

Abbildung 18 zeigt die Veränderung des Materialmix in der US-Fahrzeugflotte im Jahr 2010 im Vergleich zu dem, was für das Jahr 2040 prognostiziert wird. Experten sind sich einig, dass kein einzelnes Material im Rennen um die Gewichtsreduzierung gewinnt.¹⁴⁰ Ein gewichts- und leistungsoptimiertes Fahrzeug wird eine Karosseriestruktur aus gemischten Materialien haben. Die Industrie erlebt diese Verschiebung bereits bei kürzlich eingeführten Fahrzeugen, die für jeden Bereich des Autos maßgeschneiderte Materialien verwenden, um gleichzeitig die Fahrdynamik, den Kraftstoffverbrauch und die Geräusentwicklung im Innenraum zu verbessern.

4.2.2 Leichtbau in Automobilanwendungen

2015 Ford F-150 Pick-Up

Abbildung 19: Symbolbild Ford F-150 Pickup Truck, Model 2015



Quelle: [Autoblog.com](#), abgerufen am 24.08.2020

Eine der dramatischsten Veränderungen im großen Maßstab war die Umstellung der Ford Motor Company auf eine Aluminiumkarosserie für ihren neu gestalteten 2015 F-150 Pickup. Die Ingenieure verwendeten modernen hochfesten Stahl für den Rahmen und Aluminium für die Karosserie, wodurch das Gewicht des Pickup-Trucks um mehr als 700 Pounds reduziert wurde. Der 2015 Ford F-150 hatte einen Netto-Aluminiumgehalt von über 1.000 Pounds, was etwa 25% seines Leergewichts entspricht.¹⁴¹ Dies war das erste Fahrzeug in Großserienproduktion, das mit einem so hohen Aluminiumanteil hergestellt wurde. Der große Vorteil bei der Nutzung von Aluminium im Fahrzeugbau ist, dass es 20 bis 30% leichter als Stahl ist und mit bereits für die Stahlverarbeitung existierenden

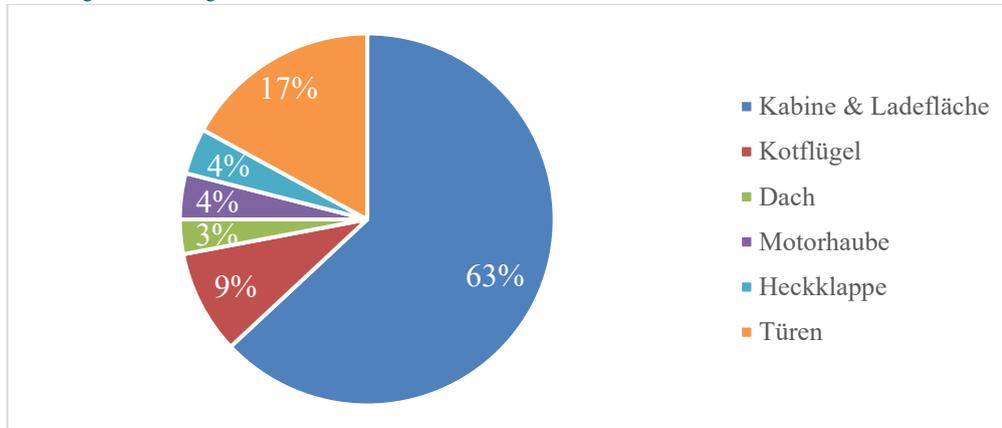
¹⁴⁰ Vgl. Center for Automotive Research- Technology Roadmaps (2017): [Intelligent Mobility Technology, Materials and Manufacturing Processes, and Light Duty Vehicle Propulsion](#), abgerufen am 24.08.2020

¹⁴¹ Vgl. Ducker Worldwide (2014): [2015 North American Light Vehicle Aluminium Content Study](#), abgerufen am 24.08.2020

Maschinen, mit leichten Modifikationen, bearbeitet werden kann. Aluminium ist jedoch teurer als Stahl, wobei es günstiger als Verbundwerkstoffe ist. Stahl bleibt nach wie vor die günstigste Lösung, ist jedoch schwer und korrodiert mit der Zeit. ¹⁴²

Abbildung 20 gibt einen Überblick über die Aluminiumanwendungen im Rahmen des 2015 Ford F-150.

Abbildung 20: Aufteilung des Anteils von Aluminiumblechen im F-150



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Ducker Worldwide (2014); [2015 North American Light Vehicle Aluminium Content Study](#), abgerufen am 24.08.2020

Magna Thermoplastic Liftgate

Im Jahr 2018 brachte Magna die Konstruktion einer Heckklappe aus Verbundwerkstoff auf den Markt, die mit einer Mischung aus einem thermoplastischen Polymer mit 40% Glasfasern hergestellt wird. Die Heckklappen finden sich beim 2019er Jeep Cherokee, dem Acura RDX, dem BMW i3 und dem Nissan Rogue. Die Heckklappen von Magna aus Verbundwerkstoff oder Thermoplast sind bis zu 25% leichter, was sie zum perfekten Produkt für SUVs macht. ¹⁴³ Im Vergleich zu Stahl und Aluminium sind Verbundwerkstoffe zwar leichter, jedoch auch die teuerste Lösung. ¹⁴⁴

Abbildung 21: Magna Kofferraum Heckklappe



Magna Thermoplastic Liftgate

Quelle: MAGNA (2018): [News Release - Magna Opens Doors in Growing Global Liftgate Market](#), abgerufen am 14.08.2020

Verbraucher nehmen das Aussehen der Heckklappen aus Verbundwerkstoff positiv auf, weil die Nähte und Fugen sauberer aussehen, was zu einem hochwertigen Erscheinungsbild beiträgt. Die Heckklappen von Magna bieten höhere Gewichtseinsparungen im Vergleich zu Stahlversionen und ermöglichen eine größere Designflexibilität.

¹⁴² Gespräch mit Dale Brosius von IACMI am 14.09.2020

¹⁴³ Vgl. MAGNA (kein Datum): [Leading the Shift to Lightweight Liftgates](#), abgerufen am 14.08.20

¹⁴⁴ Gespräch mit Dale Brosius von IACMI am 14.09.2020

Darüber hinaus werden die Heckklappen zu einem entscheidenden Element in autonomen Fahrzeugen werden. Eine Heckklappe aus Verbundwerkstoff oder Nichtmetall kann erforderlich sein, um die zahlreichen Sensoren, Kameras und andere funktionelle Merkmale in selbstfahrenden Fahrzeugen unterzubringen. Herkömmliche Heckklappen aus Stahl können für autonome Fahrzeuge ungeeignet sein, da sie empfindliche Sensoren und andere Ausrüstungen stören könnten.

Heckklappen aus Verbundwerkstoffen machen aktuell (Stand 2020) etwa 4% des Heckklappenmarktes aus, aber Magna geht davon aus, dass diese Zahl in den nächsten 5-7 Jahren in Verbindung mit dem anhaltenden Wachstum von Nutzfahrzeugen auf etwa 20% anwachsen wird.¹⁴⁵

SGL Carbon Batteriegehäuse

Gemeinsam mit einem chinesischen Start-up NIO hat SGL Carbon ein Batteriegehäuse aus kohlenstofffaserverstärktem Polymer-CFK sowie einige eingebaute Aluminiumkomponenten für Elektrofahrzeuge entwickelt. Herkömmliche Batteriegehäuse für Elektrofahrzeuge werden hauptsächlich aus Aluminium und Stahl hergestellt. Das Batteriegehäuse von SGL aus CFK bietet erhebliche Gewichtseinsparungen, was eine entscheidende Komponente bei der Betrachtung von Elektromobilität ist.

Abbildung 22: SGL Carbon Batteriegehäuse



Quelle: SGL Carbon (2020): [SGL Carbon erhält Großauftrag für Batteriegehäuse aus Verbundwerkstoff von nordamerikanischem Automobilhersteller](#), abgerufen am 24.08.20

Das Material hat neben dem geringen Gewicht zahlreiche Vorteile: Die Steifigkeit des Batteriegehäuses ist vergleichbar mit der einer Aluminiumkonstruktion, benötigt aber wesentlich weniger Material, und mit einer etwa 200-mal geringeren Wärmeleitfähigkeit als Aluminium schützt CFK die Batterie besser vor Hitze und Kälte. Darüber hinaus weist das Verbundmaterial zusätzlich optimale Werte für Wasser- und Gasundurchlässigkeit auf.¹⁴⁶

Nach Prototypen für einen chinesischen Automobilhersteller, einem Großauftrag eines nordamerikanischen Autoherstellers und einem weiteren Auftrag für einen europäischen Sportwagenhersteller wurde SGL Carbon von der BMW Group für die Serienfertigung einer Abdeckkomponente für Batteriegehäuse nominiert. Dieser mehrjährige Großauftrag umfasst die Herstellung einer innovativen Abdeckplatte auf Glasfaserbasis für das Batteriegehäuse für den Einsatz in einem zukünftigen Plug-in-Hybridmodell der BMW Group.¹⁴⁷

Die Verwendung von CFK und glasfaserverstärktem Kunststoff für Batteriegehäuse ist noch relativ neu. Aufgrund der Zunahme von Elektrofahrzeugen ist zu erwarten, dass Beispiele für diese Technologie in den kommenden Jahren zunehmen werden.

4.3 Vertriebsstrukturen und -bedingungen

Die Automobilindustrie ist derzeit mit großen Störungen konfrontiert. Aktuelle Industrietrends wie Elektrifizierung und autonomes Fahren führen unter anderem zu Veränderungen in der Kostenbasis der Fahrzeuge. Aufgrund der jüngsten Innovationen und bahnbrechenden Technologien wird die traditionelle Automobilversorgungskette in Frage gestellt. Beispielsweise können Tier-2-Anbieter

¹⁴⁵ Vgl. MAGNA (kein Datum): [Leading the Shift to Lightweight Liftgates](#), abgerufen am 14.08.20

¹⁴⁶ Vgl. SGL Carbon: [Carbon fiber-based battery enclosures support electromobility](#), abgerufen am 20.08.20

¹⁴⁷ Vgl. SGL Carbon (2020): [SGL Carbon receives contract for battery enclosure from BMW Group](#), abgerufen am 20.08.20

ihre Technologien nun direkt an OEMs verkaufen, Tier-3-Anbieter können jetzt an Tier-1-Zulieferer liefern, und Start-ups und Technologieunternehmen drängen mit neuen Technologien in den Automobilbereich. Zusätzlich zu den Marktveränderungen, die durch neue Technologien verursacht werden, hat die COVID 19-Pandemie auch Störungen in den globalen Lieferketten verursacht. Infolgedessen ist ein Trend zu beobachten, dass US-Hersteller versuchen, Zulieferteile vor Ort einzukaufen, um lange Vorlauf- und Lieferzeiten von ausländischen Herstellern zu vermeiden.

Darüber hinaus kann die USMCA auch weltweit zu einer Unterbrechung der Lieferkette führen, da die US-Automobilhersteller und -Zulieferer wahrscheinlich mehr Produkte lokal einkaufen wollen. Wie bereits erwähnt, wird im USMCA bis 2023 verlangt, dass 75% der Teile eines in Nordamerika hergestellten Fahrzeugs aus der Region stammen.¹⁴⁸

Im Hinblick auf innovative Leichtbau-Lösungen ist die Industrie gefordert, Komplettlösungen für den Markt zu finden. In Nordamerika sind die OEMs bei der Entwicklung von Lösungen, die sie in ihre Modelle einbauen können, mehr denn je auf Zulieferer angewiesen. Wie bereits erwähnt, sind die Hersteller auf der Suche nach dem besten Material für die beste Anwendung, und alle Werkstoffe haben jeweils ihre eigenen Vor- und Nachteile. Durch die Zusammenarbeit mit Ingenieurbüros und/oder Forschungseinrichtungen ist es möglicherweise machbar, den nordamerikanischen Markt schneller zu durchdringen und das Produkt eines Unternehmens direkt einem Entscheidungsträger eines potenziellen nordamerikanischen Kunden vorzustellen. In vielen Fällen sind die OEMs die Beschleuniger für neue Technologien, die auf den Massenmarkt kommen.

Besonders hervorzuheben sind die beiden für den Leichtbau relevanten Institute LIFT und IACMI. Das Institut Lightweight Innovations for Tomorrow befasst sich hauptsächlich mit Leichtbauanwendungen im Metallbereich. Das Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovations unterstützt private Unternehmen in gemeinsamen Projekten bei der Weiterentwicklung ihrer Verbundwerkstoffe und Produktionsverfahren. Weitere Forschungseinrichtungen, Institute und Universitäten sind in Kapitel 9.3 aufgeführt.

Die Institute sind produktspezifisch sehr gute Ansprechpartner, um einen geeigneten Vertriebsweg für Produkte in den USA zu finden – aufgrund der Größe und Komplexität des US-Markts für Automobilzulieferer sind verschiedene Herangehensweisen für verschiedene Produkte notwendig und müssen je nach spezifischer Ausgestaltung eines Produkts individuell geprüft werden. Bei diesen Fragen steht Ihnen auch die AHK USA-Atlanta und AHK USA-Chicago mit ihrer langjährigen Erfahrung zur Seite.

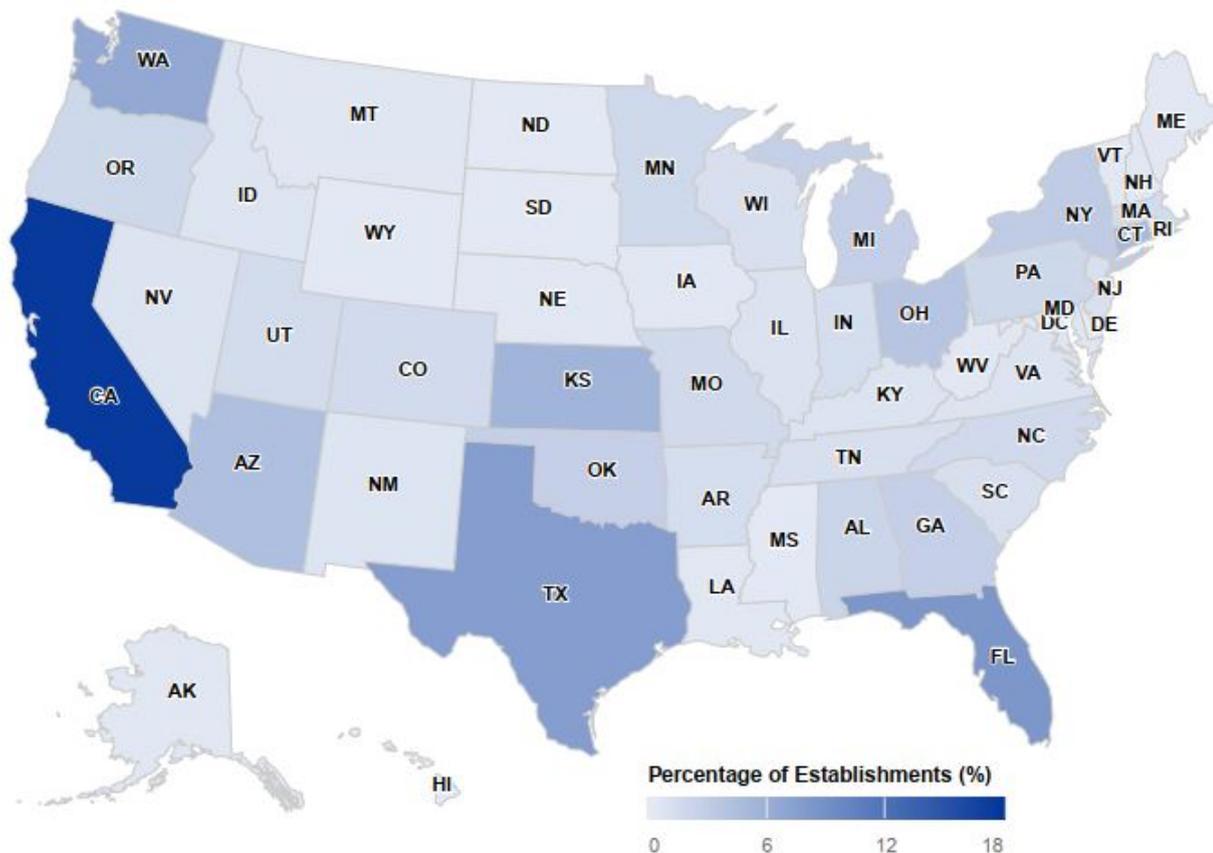
¹⁴⁸ Vgl. Industry Week (2018): [How Will the Shift from NAFTA to USMCA Affect the Auto Industry](#), abgerufen am 24.08.20

5. Leichtbau in der Luftfahrtbranche

Leichtbau ist ein in der Luft- und Raumfahrtindustrie umfassend erforsches und genutztes Konzept und wird mit dem Konzept der grünen Luftfahrt („green aviation“) in Verbindung gebracht. Der erwiesene Beitrag des Luftverkehrs zur globalen Erderwärmung und zur Umweltverschmutzung hat zu anhaltenden Bemühungen um die Reduzierung der Luftverkehrsemissionen geführt. Zu den Ansätzen zur Erreichung dieses Ziels gehört die Steigerung der Energieeffizienz. Ein wirksames Mittel zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Senkung des Treibstoffverbrauchs ist die Verringerung der Flugzeugmasse, da eine geringere Masse während des Fluges weniger Auftriebskraft und Schub erfordert. Beispielsweise führte bei der Boeing 787 eine Gewichtseinsparung von 20 % zu einer Verbesserung der Treibstoffeffizienz um 10 bis 12 %. Neben der Reduzierung der CO₂-Bilanz konnten durch die Leichtbauweise auch Flugleistungsoptimierungen wie eine bessere Beschleunigung, eine höhere strukturelle Festigkeit und Steifigkeit sowie eine bessere Sicherheitsleistung erzielt werden.¹⁴⁹

Die Leichtbauoptimierung eines solarbetriebenen unbemannten Luftfahrzeugs („unmanned aerial vehicle“ – UAV) ist ein Beispiel für die Nutzung sowohl von sauberer Energie als auch von Leichtbaustrukturen zur Erreichung eines umweltfreundlichen Flugbetriebs. Aktuelle solarbetriebene UAV-Konstruktionen sind mit Herausforderungen wie unzureichender Energiedichte und Flügelsteifigkeit konfrontiert. Leichtbau ist für die ultraleichte Luftfahrt unerlässlich und ermöglicht eine längere Flugdauer.

Abbildung 25: Verteilung der Luft- und Raumfahrttherstellungsindustrie nach Prozentanteil an Gesamtproduktion nach US-Bundesstaat



Quelle: IBIS World (2020): [Aircraft, Engine & Parts Manufacturing Industry in the US - Market Research Report](#), abgerufen am 09.09.2020

Auf die westlichen US-Bundesstaaten entfallen 26,9% der Industriebetriebe im Luft- und Raumfahrtsektor. Kalifornien hat mit 17,4% der Industrieansiedlungen den bei weitem größten Anteil an der US-Luft- und Raumfahrtsparte, wo mehrere Hersteller Niederlassungen unterhalten. Der Bundesstaat verfügt über viele führende industrierelevante Forschungszentren und beherbergt einen großen Teil der Technologiegemeinschaft. Der Bundesstaat Washington hat den viertgrößten Anteil an Einrichtungen, da er der Hauptstützpunkt für die Produktion von Boeing ist.

Die Regionen Südosten und Südwesten machen 20,3% bzw. 15,0% der Industrieeinrichtungen aus. Die meisten Bundesstaaten in diesen Regionen sind sogenannte „right-to-work states“, d.h. Bundesstaaten, in denen die arbeitsrechtliche Gesetzeslage

¹⁴⁹ Vgl. Tech Briefs Magazine (2019): [Lightweighting in Aerospace Component and System Design](#), abgerufen am 21.08.2020

Gewerkschaften schwächt und Arbeitskosten senkt. Im Südosten ist Florida mit einem Anteil von 8,2% an den gesamten Standorten ein wichtiges Zentrum der Luft- und Raumfahrt. Der Südwesten wird von Texas dominiert, wo sich 7,5% der Industrieanlagen befinden. Der Bundesstaat ist auch der Standort, an dem Lockheed Martin die F-35, das technologisch fortgeschrittenste Mehrzweckkampfflugzeug der Welt, herstellt.

Die Region der Großen Seen macht 9,6% der Industriebetriebe aus. Das Gebiet verfügt über eine umfangreiche Produktionsbasis und ist ein bedeutender Produzent von Flugzeug-Eingangsmaterialien wie Stahl. Daher können Unternehmen, die in der Region tätig sind, von niedrigeren Transportkosten profitieren. Auf die Region Plains entfallen 10,0% der Standorte, wobei mehr als die Hälfte davon in Kansas angesiedelt ist.¹⁵⁰

5.1 Trends und Herausforderungen

Hohe Treibstoffpreise und die zunehmende Betrachtung von Flugzeugen als Mitverursacher der Umweltverschmutzung haben die Nachfrage nach Flugzeugen erhöht, die weniger Treibstoff verbrauchen. Praktisch alle Verkehrsflugzeugmodelle, die in letzter Zeit eingeführt wurden oder sich in der Entwicklung befinden, werden auf der Grundlage von Technologien zur Treibstoffeffizienz wie neuen Triebwerken und dem verstärkten Einsatz leichterer Verbundwerkstoffe gebaut. Dazu gehören auch die Boeing 787 Dreamliner, 737 MAX und 777X.

Sowohl General Electric als auch Pratt & Whitney haben viele treibstoffeffizientere Triebwerke eingeführt oder entwickeln sie gegenwärtig. Beispielsweise hat General Electric das GENx-Triebwerk eingeführt, das derzeit in Boeings Dreamliner und 747-8 verwendet wird. Durch die Verwendung von Verbundwerkstoffen, Carbonfaser und neuen Komponentenkonstruktionen bietet das GENx nach Angaben von General Electric einen um bis zu 15,0 % besseren Kraftstoffverbrauch als andere Triebwerke.

Trotz zahlreicher technologischer Durchbrüche im Laufe der Jahre ist die Grundkonstruktion von Verkehrsflugzeugen jedoch gleich geblieben. Abgesehen vom Dreamliner basieren fast alle anderen großen Verkehrsflugzeuge, die in den Vereinigten Staaten oder Europa entwickelt werden, auf älteren Modellen. So ist zum Beispiel die 737 MAX nur eine aktualisierte Version der ursprünglichen 737, jedoch mit vermehrter Verwendung von Verbundwerkstoffen, neuen treibstoffeffizienteren Triebwerken und fortschrittlicher Avionik.¹⁵¹

Die Größe des globalen Marktes für Verbundwerkstoffe für die Luft- und Raumfahrt wird voraussichtlich von 23,8 Mrd. USD im Jahr 2020 auf 41,4 Mrd. USD im Jahr 2025 anwachsen, bei einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 11,7% während des Prognosezeitraums. Der Markt wächst aufgrund der überlegenen Leistungseigenschaften von Verbundwerkstoffen für die Luft- und Raumfahrt und ihrer Überlebensfähigkeit, auch unter extremen Bedingungen. Bezogen auf das Produkt hatte das Segment der Carbonfaserverbundwerkstoffe den führenden Anteil am Gesamtwert des Marktes für Verbundwerkstoffe in der Luft- und Raumfahrt. Geografisch gesehen entfiel der führende Marktanteil von über 50% im Jahr 2019 auf Europa. Aufgrund des Ausbruchs der COVID-19 Pandemie ist die europäische Luft- und Raumfahrtindustrie jedoch stark betroffen. Es wird erwartet, dass dies die Nachfrage nach Verbundwerkstoffen für die Luft- und Raumfahrt verringern wird, bis die Produktionsanlagen für Flugzeuge wieder ihre volle Kapazitäten erreichen.¹⁵²

Die Nachfrage nach Verbundwerkstoffen wird langfristig vor allem weiterhin in der zivilen Luftfahrt und ganz besonders bei ein- bis zweigängigen Verkehrs- und Geschäftsflugzeugen steigen. Um dieser Nachfrage gerecht zu werden, investieren die Flugzeughersteller verstärkt in die technologische Innovation von Verbundwerkstoffen für die Luft- und Raumfahrt.

5.1.1 Besondere Anforderungen an die Leichtbauweise in der Luft- und Raumfahrtindustrie

Fertigungsverfahren und Materialien für die Luft- und Raumfahrt unterscheiden sich von vielen anderen Fertigungsindustrien durch die Strenge der Anforderungen der Industrie in Bezug auf Sicherheit, Zuverlässigkeit und betriebliche Effizienz. Komponenten müssen mit größerer Genauigkeit und engeren Toleranzen hergestellt werden, und dem Zusammenbau muss ein hohes Maß an Aufmerksamkeit gewidmet werden. Dies erfordert Materialien mit extrem hoher Festigkeit und geringem Gewicht, wie z.B. titanreiche Verbundwerkstoffe.

In den letzten Jahren drehte sich ein bedeutender Teil der Innovationen in der Luft- und Raumfahrtfertigung um neue Herstellungstechniken wie die additive Fertigung (AM) und Fortschritte bei Werkzeugmaschinen und Robotik.¹⁵³

¹⁵⁰ Vgl. IBIS World (2020): [Aircraft, Engine & Parts Manufacturing Industry in the US - Market Research Report](#), abgerufen am 24.08.2020

¹⁵¹ Ibid.

¹⁵² Vgl. Markets and Markets (2020): [Aerospace Composites Market - Global Forecast to 2025](#), abgerufen am 18.09.2020

¹⁵³ Vgl. IBIS World (2020): [Aircraft, Engine & Parts Manufacturing Industry in the US - Market Research Report](#), abgerufen am 24.08.2020

Die Einzigartigkeit der Luft- und Raumfahrtindustrie unter den Sektoren der Volumenfertigung gilt insbesondere für die Herstellung von Triebwerken. Das Triebwerk ist das komplexeste Element eines Flugzeugs, beherbergt die meisten Einzelkomponenten und bestimmt letztlich die Treibstoffeffizienz. Mit dem Aufkommen von Magerverbrennungsmotoren mit einem Temperaturpotential von bis zu 2.100°C (3.800°F) ist die Nachfrage nach neuen Werkstoffen gestiegen. Wenn man bedenkt, dass der Schmelzpunkt der derzeitigen Superlegierungen bei 1.850°C (3.360°F) liegt, besteht die Herausforderung darin, Werkstoffe zu finden, die höheren Temperaturen standhalten.

Um diesen Temperaturanforderungen gerecht zu werden, werden nun hitzebeständige Superlegierungen („heat-resistant super alloys“ – HRSA), einschließlich Titanlegierungen, Nickellegierungen und einige nichtmetallische Verbundwerkstoffe wie Keramiken, in die Triebwerkproduktion integriert. Diese Materialien sind in der Regel schwieriger zu bearbeiten als herkömmliches Aluminium, was historisch betrachtet eine kürzere Standzeit und weniger Prozesssicherheit bedeutet. Es besteht auch ein hohes Prozessrisiko bei der Bearbeitung von Luft- und Raumfahrtteilen. Da in 10.000 Meter Reiseflughöhe keine Fehlermargen vorhanden sind, sind die Toleranzgrenzen in der Luft- und Raumfahrt präziser als in fast jeder anderen Branche. Eine solche Präzisionsarbeit verlangt Zeit. Für jede Komponente sind längere Bearbeitungszeiten erforderlich, was den Preis des Metallschrotts erhöht, wenn man den Zeitaufwand mit einberechnet. Im Vergleich zu anderen Industriesegmente bestehen Aufträge für Luft- und Raumfahrtkomponenten oft aus kleinen Stückzahlen und langen Vorlaufzeiten, was die Planung von Produktivität, Durchsatz und Rentabilität erschwert.¹⁵⁴

Im Gegensatz zu allen anderen Industriesparten außer der Öl- und Gasindustrie, die ebenfalls hohe Temperatur-, Druck- und Korrosionsanforderungen stellt, haben Luft- und Raumfahrtwerkstoffe selbst eine direkte Auswirkung auf das Komponentendesign. „Design for Manufacturability“ (DFM) (auf Deutsch: Design für Herstellbarkeit) ist die Ingenieurskunst der Entwicklung von Bauteilen mit einem ausgewogenen Ansatz, bei dem sowohl die Funktion der Komponente als auch ihre Herstellungsanforderungen berücksichtigt werden. Dieser Ansatz wird bei der Konstruktion von Bauteilen in der Luft- und Raumfahrt immer häufiger angewandt, da die Komponenten bestimmte Belastungs- und Temperaturbeständigkeiten erfüllen müssen und einige Werkstoffe nur einem bestimmten Niveau standhalten können. Die Material- und Komponentenentwicklung ist daher ein Prozess mit eigendynamischen Tendenzen und stellt Hersteller in der Luft- und Raumfahrtindustrie vor wahrlich einzigartige Herausforderungen.

5.1.2 Leichtbaumaterialien im Luft- und Raumfahrtsektor

Obwohl Metallwerkstoffe - insbesondere Aluminiumlegierungen - immer noch die dominierenden Werkstoffe in der Luft- und Raumfahrt sind, haben Kompositwerkstoffe zunehmend an Bedeutung gewonnen und konkurrieren bei vielen neuen Flugzeuganwendungen mit Aluminiumlegierungen.

Die Auswahl von Werkstoffen ist bei der Entwicklung von Luft- und Raumfahrtkomponenten von entscheidender Bedeutung, da sie viele Aspekte der Flugzeulleistung beeinflusst. Dies reicht von der Entwicklungsphase bis hin zur Entsorgung, einschließlich der strukturellen Effizienz, der Nutzlast, des Energieverbrauchs, der Sicherheit und Zuverlässigkeit, der Lebenszykluskosten sowie der Recyclingfähigkeit. Zu den kritischen Anforderungen an Strukturwerkstoffen für die Luft- und Raumfahrt gehören mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften wie hohe Festigkeit, Steifigkeit, Dauerhaltbarkeit, Schadenstoleranz, geringe Dichte, hohe thermische Stabilität, hohe Korrosions- und Oxidbeständigkeit sowie kommerzielle Kriterien wie Kosten, Wartung und Herstellbarkeit. Der effektivste Weg zur Verbesserung der Struktureffizienz ist bekanntlich die Verringerung der Dichte (etwa 3- bis 5-mal effektiver im Vergleich zur Erhöhung der Steifigkeit oder Festigkeit), d.h. die Verwendung leichterer Materialien.¹⁵⁵

¹⁵⁴ Vgl. Aerospace Manufacturing and Design (2014): [Aerospace materials – past, present, and future](#), abgerufen am 21.08.2020

¹⁵⁵ Vgl. Tech Briefs Magazine (2019): [Lightweighting in Aerospace Component and System Design](#), abgerufen am 21.08.2020

Abbildung 26: Beispiel einer Kohlefaser-Rumpfplatte, entwickelt von Spirit AeroSystems



Quelle: JEC Composites (2019): [Spirit develops new carbon fiber fuselage panel](#), abgerufen am 25.08.2020

Die in der kommerziellen Luft- und Raumfahrt am häufigsten verwendeten Strukturwerkstoffe sind Aluminiumlegierungen, Titanlegierungen, hochfeste Stähle und Verbundwerkstoffe, die generell mehr als 90% des Gewichts des Flugwerks ausmachen. Von den 1920er Jahren bis zum Ende des 20. Jahrhunderts war Metall wegen seiner hohen Festigkeit und Steifigkeit – insbesondere Aluminiumlegierungen – das dominierende Material im Flugzeugbau, wobei Sicherheits- und andere Flugleistungsmaßstäbe maßgeblich bestimmend bei der Flugzeugkonstruktion waren. Leichte Alu-Metall-Legierungen waren die führenden Strukturwerkstoffe in der Luftfahrt. Sie machten vor 2000 70%-80% des Gewichts der meisten zivilen Flugwerke aus und spielen weiterhin eine wichtige Rolle. Seit Mitte der 1960er und 1970er Jahre hat der Anteil der Verbundwerkstoffe, die in Luft- und Raumfahrtstrukturen verwendet werden, aufgrund der Entwicklung von Hochleistungsverbundwerkstoffen stetig zugenommen.¹⁵⁶

5.2 Anwendungsbeispiele

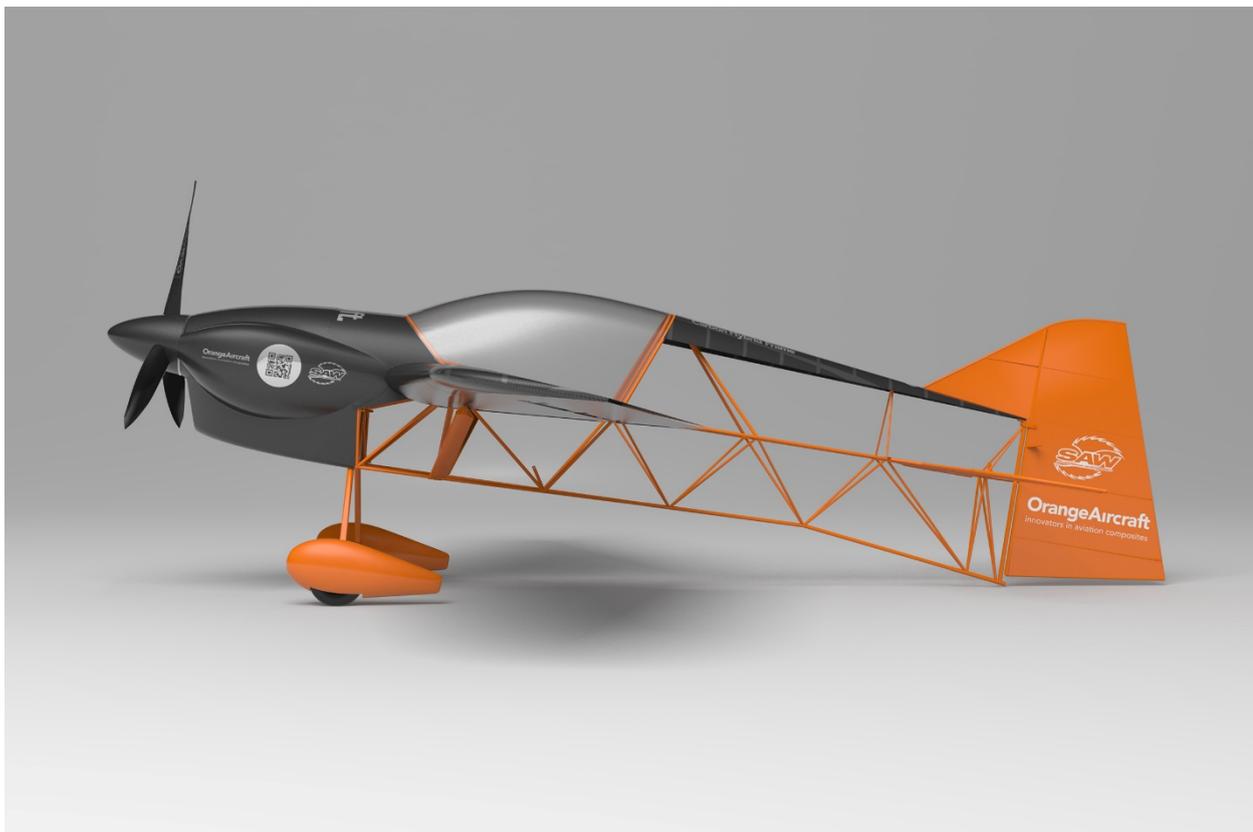
Ein typischer Ansatz des Leichtbaus in der Luft- und Raumfahrt ist die Anwendung fortschrittlicher Leichtbauwerkstoffe auf numerisch optimierte Strukturen. Auf diese Weise kann durch den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen effektiv sowohl eine Gewichtsreduzierung als auch eine Leistungssteigerung erreicht werden. So besteht beispielsweise fast die Hälfte der Boeing 787-Flugzeugzelle aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) und anderen Verbundwerkstoffen. Laut Boeing bietet dieser Ansatz eine Gewichtseinsparung von durchschnittlich 20% im Vergleich zu herkömmlichen Aluminiumkonstruktionen.

¹⁵⁶ Ibid.

Von den verschiedenen Materialien, die für den Airbus A350 Hybridrumpf sowie für dessen Spanten, Flügel, Fahrwerk und andere Bestandteile verwendet werden, bestehen 52% aus Verbundwerkstoffen, 20% aus Aluminium oder einer Aluminium-Lithium-Legierung, 14% aus Titan, 7% aus Stahl und 7% aus anderen Materialien.¹⁵⁷

Die Entwicklung fortschrittlicher Fertigungstechnologien wie additive Fertigung, Schaummetall und fortschrittliche Metallumformung ermöglichen nicht nur die Anwendung fortschrittlicher Materialien, sondern lockern auch die Einschränkungen und erhöhen so die Flexibilität der Multiskalen-Strukturoptimierung.

Abbildung 28: Beispiel eines ultraleichten Kleinflugzeugs mit fortschrittlichem aerodynamischem Design sowie neuesten Verbundwerkstoffen



Quelle: Orange Aircraft (kein Datum): [SAW REVO Ultralight Carbon Hybrid Airplane](#) abgerufen am 24.08.2020

Viele Beispiele der Leichtbauweise werden erfolgreich bei der Konstruktion von Leichtflugzeugen angewandt. Die obige Abbildung veranschaulicht das SAW Revo-Konzeptflugzeug (hergestellt von Orange Aircraft), ein ultraleichtes Kunstflugzeug mit carbonfaser-verstärkten Verbundwerkstoffflügeln und einem topologisch optimierten truss-ähnlichen Rumpf. Das Leergewicht dieses Flugzeugs mit einer Spannweite von 6 Metern beträgt 177 kg.¹⁵⁸

Gewichtseinsparungsmaßnahmen werden auch innerhalb der Passagierkabine eruiert. Dabei erwägen Fluggesellschaften alle Optionen, von verkleinerten Toilettenrohren bis hin zu Weinflaschen aus Kunststoff anstelle von Glas, leichteren Messern für Mahlzeiten in der Business Class, leichteren Speisewagen und leichteren Unterhaltungssystemen mit höherer Gewichtseffizienz.¹⁵⁹

Eine weitere Bemühung um Gewichtseinsparung konzentriert sich auf Sitzplätze, bei denen Aluminium durch Verbundwerkstoffe ersetzt wird. Einige wenige Unternehmen, darunter z.B. die 2019 gegründete Partnerschaft zwischen HAECO Cabin Solutions (ansässig in High Point, NC) und Rockwood Composites, arbeiten an der Entwicklung eines Sitzes aus Verbundwerkstoffen, und große Flugzeughersteller forschen daran.¹⁶⁰

Polyurethanschäum kann leicht als Ersatz für dekorative Gegenstände aus Metall und Kunststoff in Flugzeugen verwendet werden. So kann zum Beispiel ein mit einer Metallbeschichtung überzogener Schaumstoffkern die Aluminiumverkleidung um die Bildschirme der Sitzlehnen ersetzen - was das Gewicht um mehr als 66% und den Preis um 33% reduziert.

¹⁵⁷ Vgl. Aerospace Manufacturing and Design (2015): [Making flight light](#), abgerufen am 24.08.2020

¹⁵⁸ Vgl. Tech Briefs Magazine (2019): [Lightweighting in Aerospace Component and System Design](#), abgerufen am 21.08.2020

¹⁵⁹ Vgl. Aerospace Manufacturing and Design (2015): [Making flight light](#), abgerufen am 24.08.2020

¹⁶⁰ Vgl. Materials Today (2019): [Composites for aircraft seating](#), abgerufen am 09.09.2020

Ein anderes Beispiel ist die Verwendung von Polyurethanschäum anstelle von schwereren Kunststoffen für die Armlehnen Verlängerungen unter dem Polster.¹⁶¹

5.2.1 Die Rolle der Nanotechnologie

Die Entwicklung der Nanotechnologie bietet die Möglichkeit, multifunktionale Eigenschaften (physikalische, chemische, mechanische Eigenschaften usw.) auf der Nanoebene zu verbessern. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kompositen ermöglichen Nanokomposite die Optimierung dieser Eigenschaften, ohne einen zu großen Kompromiss bei der Erhöhung der Dichte einzugehen, indem nur eine kleine Menge an Nanopartikeln (z.B. Schichtsilikat, funktionalisierte Kohlenstoff-Nanoröhren („carbon nanotubes“ – CNT) und Graphitflocken) hinzugefügt wird. Um die Oxidationsbeständigkeit von Verbundwerkstoffen zu erhöhen, könnten beispielsweise Nanopartikel wie Silikat, CNTs oder polyedrisches oligomeres Silsesquioxan (POSS) hinzugefügt werden, die Passivierungsschichten bilden könnten.

Die Zugabe von CNTs, Siliciumdioxid und Schichtsilikat in die Kompositmatrix könnte die Energiedissipation bei strukturellem Versagen fördern, die Zähigkeit des Komposits erhöhen und zu einer potenziellen Anwendung bei Strukturen mit hoher Schadenstoleranz führen.

Die Entwicklung von Nanokompositen bietet die Möglichkeit zur Redundanzausschaltung und Gewichtsreduzierung, was ein erhebliches Potenzial zur Förderung der Eigenschaften von Luft- und Raumfahrtkomponenten, insbesondere beim Leichtbau, bietet.¹⁶²

Aluminiumlegierungen sind seit langem das bevorzugte Material zur Fertigung von Flugzeugrümpfen. Betrachtet man jedoch die Mikrostruktur einer typischen Luft- und Raumfahrt-Aluminiumlegierung durch ein Elektronenmikroskop, so zeigt sich, dass die Anordnung der Atome bei weitem nicht optimal ist. Versetzungen, Korngrenzen und Hohlräume schwächen eine Legierung.

Tatsächlich ist es schon länger bekannt, dass die theoretische Festigkeit einer fehlerfreien Aluminiumlegierung 100 Mal höher sein kann als die tatsächlichen Messungen in einem mechanischen Prüflabor. Das deutet darauf hin, dass die Herstellung von fehlerfreien Aluminiumlegierungen es ermöglichen könnte, Strukturteile mit der erforderlichen Festigkeit aus weniger Material und damit mit geringerem Gewicht herzustellen.¹⁶³

Nanomaterialien haben laut manchen Experten sogar das Potenzial, Carbonfasern in Bezug auf die strukturelle, schützende und funktionelle Leistungsfähigkeit zu übertreffen. Die Verwendung von Nanomaterialien entweder als Verstärkungslage mit Laminaten vom Typ Polymermatrix oder als Faser in traditionellen Verbundwerkstoffsystemen zeigt ein enormes Potenzial in Luft- und Raumfahrtanwendungen. Dies würde zu Treibstoffeinsparungen führen, die Kosten für Fluggesellschaften und Passagiere senken und die CO₂-Emissionen reduzieren.¹⁶⁴

5.2.2 Advanced / Additive Manufacturing

Die Herstellbarkeit ist eine entscheidende Einschränkung während des gesamten Entwicklungsprozesses und bestimmt, ob ein Design in ein reales Produkt umgesetzt werden kann. Fertigungsbeschränkungen müssen bei der Materialauswahl, dem Strukturdesign und der Optimierung berücksichtigt werden. Topologisch optimierte Konzepte neigen zu einer komplexen Geometrie, die mit herkömmlichen Herstellungsmethoden, wie Gießen und Umformen, nicht ohne Modifizierungen hergestellt werden kann. Daher haben Herstellungsmethoden erhebliche Auswirkungen auf die Leichtbauweise. Die Entwicklung fortschrittlicher Fertigungstechnologien („Advanced Manufacturing Technologies“), wie z.B. „Additive Manufacturing“ (AM), Schaummetallherstellung und moderne Metallumformung, könnte die Flexibilität des Leichtbaudesigns sowohl bei der Materialauswahl als auch bei der Strukturoptimierung erheblich erweitern.

AM wurde ursprünglich zur schnellen Herstellung von Prototypen entwickelt und hat sich inzwischen als bewährte Fertigungsmethode etabliert. Ingenieure beginnen zu erkennen, dass AM – gekoppelt mit Topologieoptimierung – der Luft- und Raumfahrtindustrie ebenso Vorteile bietet wie leichtere Teile. Sie können die Teile nämlich auch einfach konsolidieren. Durch die Konsolidierung von Teilen sparen Entwickler Montagekosten und Zeit. Das insgesamt aus weniger Teilen bestehende Flugwerk ist damit ebenso leichter und treibstoffeffizienter, wie es wäre, wenn es aus mehreren, leichteren Teilen hergestellt worden wäre. Der zusätzliche Vorteil von AM ist ein reduzierter Wartungsaufwand, da weniger Teile gewartet werden müssen. Zudem bietet AM Herstellern auch die Freiheit, Teile nach Bedarf zu produzieren, was wiederum zu effizienteren Lieferketten führt.¹⁶⁵

¹⁶¹ Vgl. General Plastics (2019): [How light can you go? 3 ways to push the boundaries of automotive and aerospace lightweighting](#), abgerufen am 24.08.2020

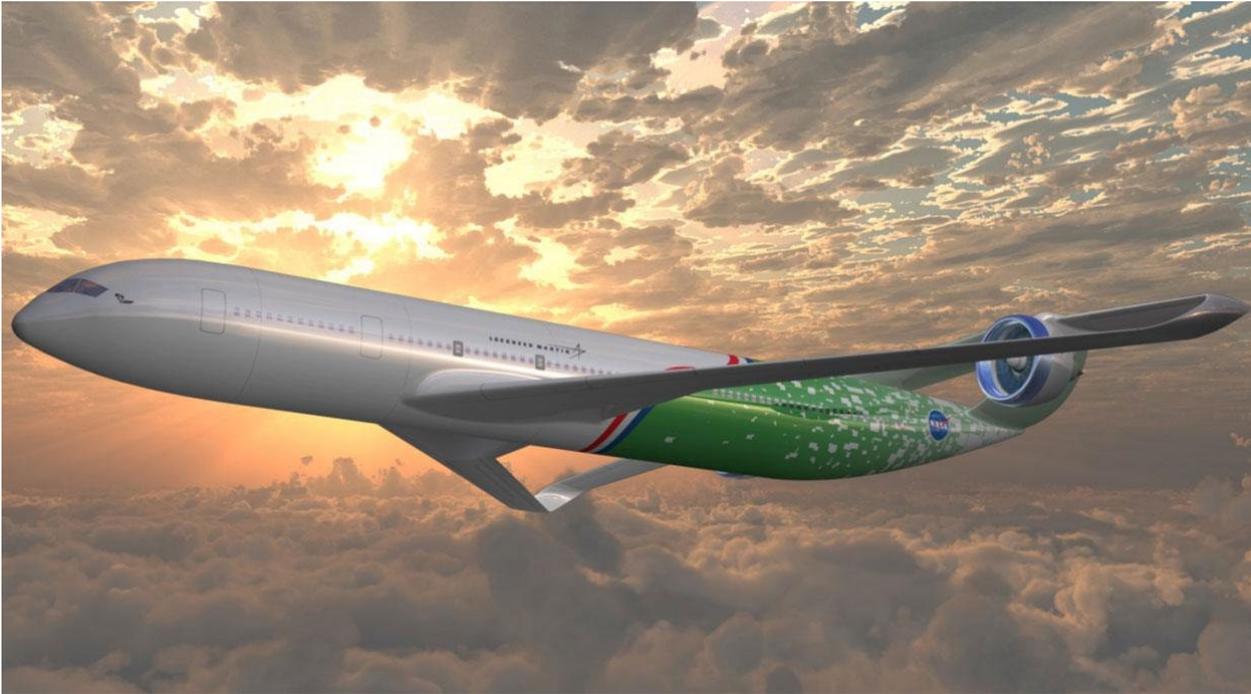
¹⁶² Vgl. Tech Briefs Magazine (2019): [Lightweighting in Aerospace Component and System Design](#), abgerufen am 21.08.2020

¹⁶³ Vgl. The American Society of Mechanical Engineers (ASME) (2010): [Greener Aerospace with Nanotechnology](#), abgerufen am 09.09.2020

¹⁶⁴ Vgl. FutureMarkets (2017): [The Global Market for Nanotechnology in Aerospace](#), abgerufen am 09.09.2020

¹⁶⁵ Vgl. Ansys (2019): [5 Trends in the Aerospace Industry](#), abgerufen am 21.08.2020

Abbildung 27: Konzeptflugzeug mit Anwendungsbeispielen der additiven Fertigung durch Konsolidierung von Bestandteilen



Quelle: Vgl. Wikimedia Commons: [Lockheed Box Wing Aircraft Concept](#), abgerufen am 21.08.2020

Obwohl die Vorteile von AM viel Aufmerksamkeit erzeugt haben, gibt es Herausforderungen für AM, um mit konventionellen Herstellungsmethoden konkurrieren zu können. Dazu gehören die Qualität der gefertigten Komponenten, zeitaufwändige Prozesse, relativ teure Rohmaterialien und die an vielen Stellen noch mangelhafte Festlegung von Standards, Qualifikationsanforderungen und Zertifizierungen.

5.3 Vertriebsstrukturen- und bedingungen

Die US-amerikanische Luft- und Raumfahrtindustrie umfasst im Großen und Ganzen zivile und militärische Flugzeuge sowie Modifikationen an fertigen Flugzeugen. Zu den zivilen Flugzeugen gehören große Verkehrsflugzeuge (Large Commercial Aircraft – LCA), mittlere oder regionale Flugzeuge, Geschäftsflugzeuge, Hubschrauber und Ultraleichtflugzeuge. Im Markt für LCA (angeführt von Boeing) sind auch Frachtflugzeuge, die für den logistischen Lufttransport gebaut werden, inbegriffen. Hersteller von großen Verkehrsflugzeugen beliefern fast alle kommerziellen Passagierfluggesellschaften sowie Fracht- und Logistikunternehmen, die Lufttransporte anbieten. Darüber hinaus werden Flugzeughersteller mit der Herstellung von Militärflugzeugen für Regierungen beauftragt. Zudem investiert die Industrie zunehmend in unbemannte Luftfahrzeuge, insbesondere für militärische Zwecke.

Verkehrsflugzeuge sind sehr teure, langlebige Investitionsgüter. Daher basieren Anschaffungen in der Regel eher auf der Erwartung eines langfristigen Wachstums des Luftverkehrs und der Ersetzung älterer Flugzeuge als auf kurzfristigen Bedingungen. Daher werden Fluggesellschaften als Reaktion auf höhere Treibstoffpreise oder sogar Preisschwankungen in der Regel vermehrt neuere, treibstoffeffizientere Flugzeuge kaufen, um die Betriebskosten zu senken. Aus diesem Grund ist die Nachfrage nach neuen Flugzeugen wie der Boeing 787 und nach der Entwicklung von Flugzeugen wie der Boeing 777X gestiegen, weil diese Modelle wesentlich treibstoffeffizienter und sauberer sind als Flugzeuge der älteren Generation. Darüber hinaus haben Fluggesellschaften in Industrieländern verstärkt neue Modelle gekauft, da ihre relativ alten Flotten das Ende ihres Lebenszyklus erreicht haben.

Produktionsanlagen in der Luft- und Raumfahrt erfordern massive Kapitalinvestitionen. Viele Luftfahrtprodukte sind technologisch hochentwickelt, und die zu ihrer Herstellung erforderlichen Produktionslinien sind sehr raffiniert. Die Kapitalintensität wird auch deshalb erhöht, weil viele Industrieprodukte einzigartig sind und daher neue Investitionen in Produktionsanlagen und -methoden erfordern. Dies gilt insbesondere für neue Militärflugzeuge.

Die Rate der Erteilung neuer Patente in der Industrie ist gering. Dies ist verbunden mit einer niedrigen Konzentration der Innovationsaktivität. Dass beide Faktoren niedrig sind, deutet darauf hin, dass die Einführung neuer Technologien langsam und weit verbreitet ist, was sich schonend auf die führenden Industrieunternehmen auswirkt.

Die Industriestruktur ist für den Erfolg neuer Marktteilnehmer nicht förderlich, was weniger Anreize für den Markteinstieg bietet. Die Zuwachsraten an neuen Marktteilnehmern liegen im industriübergreifenden Vergleich auf einem durchschnittlichen Niveau. Die Flugzeug-, Motoren- und Teileherstellungsindustrie ist dementsprechend nicht besonders anfällig für bedeutende technologische Störungen. Dies liegt in der Natur der Industrie begründet, da sie zugleich auf kapital- und arbeitsintensive Herstellungspraxen angewiesen und mit strengen Vorschriften des US-Luftfahrt-Bundesamtes (FAA) konfrontiert ist.

Da Flugzeugteile zur Beförderung von Mio. von Passagieren und unter besonders anspruchsvollen Bedingungen verwendet werden, müssen sie entsprechend langlebig und widerstandsfähig sein. Dies verhindert, dass die Einführung einer neuen Technologie die Industrie kurzfristig stören kann, da sie zunächst die altbewährte Technologie ersetzen, ein langwieriges Genehmigungsverfahren durchlaufen und sofort in einem für die Größe der Industrie angemessenen Umfang verfügbar sein muss.¹⁶⁶

Der globale Markt für Verbundwerkstoffe für die Luft- und Raumfahrt weist eine stark konsolidierte Anbieterlandschaft auf. Im Jahr 2015 entfielen 50% des Gesamtmarktanteils auf lediglich drei Unternehmen. Zu den auf dem Markt tätigen Unternehmen gehören Solvay (Belgien), Toray Industries, Inc. (Japan), Mitsubishi Chemical Holdings (Japan), Hexcel Corporation (USA), Teijin Limited (Japan), SGL Group (Deutschland), and Spirit AeroSystems (USA).

Trotz des anhaltenden Versprechens eines langfristigen Wachstums steht der Markt aufgrund der hohen Kosten von Kohlefaserverbundwerkstoffen vor einigen Herausforderungen. Darüber hinaus stellt der Mangel an ausgebildeten Fachkräften für die Handhabung von Verbundwerkstoffen ein potenzielles Hindernis für das Wachstum des globalen Marktes für Verbundwerkstoffe in der Luft- und Raumfahrt dar.

COVID-19 hat sich negativ auf die Nachfrage nach Verbundwerkstoffen in der Luft- und Raumfahrtindustrie ausgewirkt. Die Unterbrechung in der Lieferkette, die zu Verzögerungen oder Ausfällen bei der Lieferung von Rohstoffen führte, hat die Finanzierungsströme unterbrochen. Zudem haben die sich häufenden Fehlzeiten der Arbeiter in den Fertigungsstraßen die Flugzeughersteller gezwungen, mit Teilkapazitäten zu arbeiten. Die weltweit verhängten Reisebeschränkungen haben den Reiseverkehr drastisch eingeschränkt und somit die Nachfrage nach neuen Flugzeugen stark reduziert. Dementsprechend hat auch die Nachfrage nach Verbundwerkstoffen einen deutlichen Rückgang verzeichnet.

Die Verbundwerkstoffindustrie für die Luft- und Raumfahrt spiegelt in mehrerer Hinsicht die Gesamtdynamik der Luft- und Raumfahrtindustrie wider. Beide sind sehr kapitalintensiv. Aufgrund der aktuellen Pandemie stehen die größten Endabnehmer von Luft- und Raumfahrt-Verbundwerkstoffen, wie die Hersteller von Verkehrs- und Geschäftsflugzeugen, Drehflügler und Hubschrauberhersteller, still. Einige OEMs verfügen über eine geringe Liquidität mit minimalen operativen Cashflows. Darüber hinaus hat der massive Rückgang der Marktkapitalisierung zu einer Konsolidierung der Branche geführt. Ohne Einnahmen ist zu erwarten, dass die OEMs und ihre Zulieferer bald mit einer Liquiditätsklemme konfrontiert sein werden und ihr Geschäft auslaufen wird. Die größte Herausforderung für die Luft- und Raumfahrtindustrie wäre es, unter diesen Umständen einen ungestörten Finanzfluss zu gewährleisten, um die Liquiditätskrise zu vermeiden.¹⁶⁷

¹⁶⁶ Vgl. IBIS World (2020): [Aircraft, Engine & Parts Manufacturing Industry in the US - Market Research Report](#), abgerufen am 24.08.2020

¹⁶⁷ Vgl. Markets and Markets (2020): [Aerospace Composites Market by Fiber Type \(Carbon, Ceramic, Glass\), Matrix Type, Application, Manufacturing Process, Aircraft Type \(Commercial Aircraft, Business & General Aviation, Civil Helicopter, Military Aircraft\), and Region - Global Forecast to 2025](#), abgerufen am 18.09.2020

6. Gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, ist die Gesetzgebung der USA stark vom Föderalismus geprägt. Somit können insbesondere die steuerlichen Rahmenbedingungen je nach Bundesstaat sehr unterschiedlich ausfallen. Einzelne Bundesstaaten sowie lokale Autoritäten von sogenannten Counties, Municipalities oder Städten können ihre eigenen Sicherheitsvorgaben und Regulierungen erlassen, solange diese konform mit den Bundesstandards sind.

Auf Bundesebene ist das Verkehrsministerium der Vereinigten Staaten, das Department of Transportation (DOT), sowohl für die Automobil- als auch für die Luftfahrtindustrie von Relevanz.¹⁶⁸

Für die Automobilindustrie haben insbesondere zwei Stellen des Transportministeriums Einfluss auf die politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen. Dies ist zum einen die Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA) und zum anderen die NHTSA. Die Sicherheitsvorschriften für Kraftfahrzeuge in den USA werden von der NHTSA bestimmt. Diese werden unter den sogenannten Federal Motor Vehicle Safety Standards and Regulations (FMVSSR) veröffentlicht. Weitere Informationen sind in Kapitel 6.3.1 zu finden.

In der Luftfahrtbranche ist die operative Verwaltungseinheit Federal Aviation Administration (FAA) bedeutsam. Sie ist dem DOT unterstellt und ihre Hauptaufgabe besteht darin, die Sicherheit der Zivilluftfahrt zu gewährleisten.¹⁶⁹ Dies wird in Kapitel 6.3.2 weiter ausgeführt.

Eine weitere wichtige Behörde auf Bundesebene für beide genannten Industrien ist die EPA, welche in enger Zusammenarbeit mit der NHTSA und der FAA Emissionsregulationen in den jeweiligen Branchen entwickelt und umsetzt.¹⁷⁰

6.1 Zertifizierung und Zulassung

Genau wie in Deutschland gibt es auch in den USA diverse Standards und Produktzertifizierungen, die einzuhalten sind, wenn man seine Produkte oder Fertigungstechnik im US-Markt verkaufen möchte. Welche Zertifizierungen notwendig sind, sollte bereits im Vorfeld eines Markteintritts abgeklärt werden. Internationale Zertifizierungen wie etwa TÜV oder CE sind in den USA nicht ausreichend. In vielen Fällen kann es vorkommen, dass Produkte dem US-Markt und den entsprechenden Zertifizierungen angepasst werden müssen.

Zu den Organisationen, die generell Produktzertifizierungen und Standards in den USA festlegen, zählen unter anderen folgende:

- Underwriters Laboratories Inc. (UL)
- American National Standards Institute (ANSI)
- National Standards Systems Network (NSSN)
- US Department of Labor Occupational Safety & Health Administration (OSHA)
- National Institute of Standards and Technology (NIST)

6.1.1 Zulassung von Maschinen

Die Abnahme von Maschinen in einer Produktionsstätte wird von einer lokalen Organisation oder Einzelperson durchgeführt. Da die Bezeichnung der Funktion unterschiedlich sein kann, z.B. Fire Marshall oder Building Inspector, wird diese Organisation oder Einzelperson Authority Having Jurisdiction (AHJ), etwa zuständige Behörde, genannt. I.d.R. sind die AHJs keine Maschinenbauspezialisten und überprüfen lediglich, dass die Produkte bereits von einem Nationally Recognized Testing Laboratory (NRTL), oder akkreditiertem Testlabor, getestet worden sind.¹⁷¹

An dieser Stelle ist anzumerken, dass das UL sowohl Standards erstellt als auch als NRTL fungiert.¹⁷² AHJs sind verpflichtet, Siegel von allen NRTLs anzuerkennen, auch wenn es sich um einen UL-Standard handelt. Viele NRTLs aus dem US-Markt haben zumeist

¹⁶⁸ Vgl. U.S. Department of Transportation (2020): [Explore DOT](#), abgerufen am 02.06.2020

¹⁶⁹ Vgl. Federal Aviation Administration (2020): [About FAA](#), abgerufen am 02.06.2020

¹⁷⁰ Vgl. United States Environmental Protection Agency (kein Datum): [About EPA](#), abgerufen am 02.06.2020

¹⁷¹ Vgl. Intertek (o.D.): [The Authority Having Jurisdiction's \(AHJ's\) Guide to North American Product Certification](#), abgerufen am 07.06.2020

¹⁷² Vgl. UL (2020): [Certification](#), abgerufen am 07.06.2020

auch die Möglichkeit, die für die Zertifizierungsprozesse nötigen Tests in Deutschland durchzuführen und sparen damit den Herstellern Zeit und Kosten.

Es folgt eine Auswahl der Standards, mit denen sich deutsche Unternehmen auseinandersetzen müssen:

- NFPA 70 – National Electric Code
- NFPA 79 – Elektrische Standards für industrielle Maschinen (Nach Angaben von TÜV Rheinland ist NFPA 79 nur bedingt vergleichbar mit IEC 60204-1)
- UL 508 – Standard für industrielle Motorensteuerung
- UL 508A – Standard für Schaltschränke
- UL 2011 – Standard für Automatisierungstechnik
- FCC Part 15 – Standard für Funkgeräte
- FCC Part 68 – Standard für Verbindungen mit dem Telefonnetz
- ANSI/NEMA Z535 – Markierungsvorschriften

6.2 Sicherheitsstandards

Sicherheitsaspekte sind sowohl in der Automobilindustrie allgemein als auch in Bezug auf Leichtbaumaterialien essenziell. Besonders leichte Materialien, die zwar Gewichteinsparungen garantieren, müssen gleichzeitig Crashesicherheit aufrechterhalten und Aufprallstandards erfüllen. Die Flugzeug-, Motoren- und Teileherstellungsindustrie ist in hohem Maße reguliert.

6.2.1 Automobilindustrie

Die NHTSA, die auf Grundlage des Highway Safety Act im Jahre 1970 als Abteilung des DOT gegründet wurde, legt Sicherheitsstandards fest und sorgt für deren Umsetzung bei Kraftfahrzeugen. Die legislative Zuständigkeit beruht auf dem Titel 49 des United States Code, Kapitel 301, Kraftfahrzeugsicherheit. Hersteller und Zulieferer müssen sich nach diesen staatlichen Mindestanforderungen richten. Ziel dieser Regulierungen ist es, potenzielle Gefahrenquellen und Unfallursachen, die aus dem Fahrzeugdesign, -bau oder der -leistung resultieren können, so gut es geht zu verhindern.

Die Standards werden von den Herstellern selbst geprüft, was bedeutet, dass kein TÜV-Zertifikat notwendig ist. Auch die NHTSA prüft keine Produkte bzw. Fahrzeuge. Jedoch müssen Hersteller bestätigen, dass ihre Produkte konform zu den FMVSS sind und die Dokumentation darüber bereithalten. Die NHTSA ist autorisiert eigene Sicherheitsermittlungen durchzuführen und Strafzahlungen bei nicht-Einhaltung von Standards zu verhängen.¹⁷³

Der Import von Fahrzeugteilen wird ebenfalls von dieser Behörde überwacht. Ausländische Hersteller, Monteure und Importeure müssen einen Agenten mit dauerhaftem Wohnsitz in den USA bestimmen, der sich um Bestellabwicklung, Behördenkommunikation und Entscheidungsfindung kümmert.

Die Sicherheitsstandards regulieren jedoch nur die funktionellen und technischen Eigenschaften von Fahrzeugen bzw. Komponenten wie die Lichtstärke von Scheinwerfern und enthalten keine Designvorschriften. Die Sicherheitsstandards nehmen primär Bezug auf das Gesamtfahrzeug und gliedern sich in drei Kategorien.¹⁷⁴

1. Unfallvermeidung – crash avoidance (z.B. Reifendruckkontrolle, elektronische Stabilitätskontrolle)
2. Kollisionssicherheit – crashworthiness (z.B. Front-, Seiten- und Heckaufprallstandards)
3. Post-Crash – (z.B. Kraftstoffaustritt und Entflammbarkeit)

Wenige Standards umfassen Vorschriften für Teilkomponenten, darunter u.a. Reifen, Beleuchtung und Bremsleitungen.¹⁷⁵

Alle Sicherheitsstandards können dem Code of Federal Regulations (CFR), Title 49 Transportation, entnommen werden: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title49/49tab_02.tpl

Insbesondere der Bereich Leichtbau sieht sich in Bezug auf Sicherheitsaspekte erhöhter Aufmerksamkeit ausgesetzt. Da trotz Gewichteinsparungen die Belastbarkeit, Stabilität und Funktionsfähigkeit von Materialien und Komponenten gewährleistet sein müssen, ist erforderlich, dass beispielsweise Verbundstoffe die gleiche (Crash-)Performance wie entsprechende Plastik- oder Metallteile liefern.

¹⁷³ Vgl. NHTSA (2017): [THE ROAD AHEAD, National Highway Traffic Safety Administration Strategic Plan 2016-2020](#), abgerufen am 07.07.2020

¹⁷⁴ Vgl. NHTSA (2017): [THE ROAD AHEAD, National Highway Traffic Safety Administration Strategic Plan 2016-2020](#), abgerufen am 07.07.2020

¹⁷⁵ Vgl. SEMA (2015): [Regulation of Specialty Auto Parts](#), abgerufen am 12.07.2017

6.2.2 Luftfahrtindustrie

In den Vereinigten Staaten müssen gewerbliche Luftfahrtprodukte den Vorschriften der FAA über Produktions- und Qualitätssysteme, Lufttüchtigkeit, Einbauzulassungen, Instandsetzungsverfahren und fortlaufende Betriebssicherheit entsprechen.

Vorschriften für die Zertifizierung von Luftfahrzeugen und Lufttüchtigkeitsstandards sind in Titel 14 der Federal Aviation Rules geregelt. Bestimmungen innerhalb dieses Titels umfassen: Herstellungszeugnisse, Lufttüchtigkeitszeugnisse, Export-Lufttüchtigkeitsgenehmigungen und die Genehmigung von Motoren, Werkstoffen, Teilen, Verfahren und Ausrüstungen. Die „Parts Manufacturer Approval“ (Genehmigung zum Teilehersteller) ist eine kombinierte Konstruktions- und Herstellungsgenehmigung für Modifikationen und Ersatzteile. Sie ermöglicht es einem Hersteller, diese Teile zum Einbau in typengenehmigte Produkte herzustellen und zu verkaufen.

International gibt es ähnliche Anforderungen für Lufttüchtigkeits-, Einbau- und Betriebsgenehmigungen. Darüber hinaus werden diese Anforderungen im Allgemeinen von den nationalen Luftfahrtbehörden der einzelnen Nationen verwaltet und im Falle Europas von den europäischen Joint Aviation Authorities koordiniert. Die Einhaltung dieser Regulierungsbehörden und Vorschriften ist für US-Hersteller wegen der exportintensiven Natur der Branche von entscheidender Bedeutung.

Die FAA reguliert auch den inländischen Betrieb von unbemannten Luftfahrzeugen (UAVs) stark. Gegenwärtig ist die hobbymäßige oder Freizeitnutzung von UAVs erlaubt, solange sich das UAV in einer Höhe von maximal 400 Fuß befindet, in Sichtweite des Betreibers ist und sich von Personen, Stadien, Flughäfen und anderen Objekten fernhält (die jüngsten Anforderungen zwingen Hobbyisten auch zur Registrierung ihrer Drohnen). Die zivile, öffentliche und kommerzielle Nutzung von UAVs im US-Luftraum ist jedoch weitaus eingeschränkter. Im Jahr 2015 gab die FAA als Teil eines Erlasses des Kongresses aus dem Jahr 2012 einen Vorschlag für eine Regelung bekannt, in dem sie darlegte, wie sie die kommerzielle Nutzung kleiner UAVs zu regeln gedenkt. Die jetzt in Kraft getretenen Regeln beinhalten die Beschränkung von UAV Flügen auf die Tageszeit und innerhalb der Sichtlinie des Bedieners und erfordern eine Pilotenzulassung.¹⁷⁶

6.3 Kraftstoffverbrauchsstandards und CO₂-Effizienz

Kraftstoffverbrauchstandards und Emissionsvorschriften in den USA waren im Verlauf der letzten Jahre zahlreichen Änderungen unterlegen. Im Folgenden werden wir daher einen detaillierten Blick auf die Vorschriften werfen, die konkret die Automobilindustrie sowie den Luftfahrtsektor betreffen.

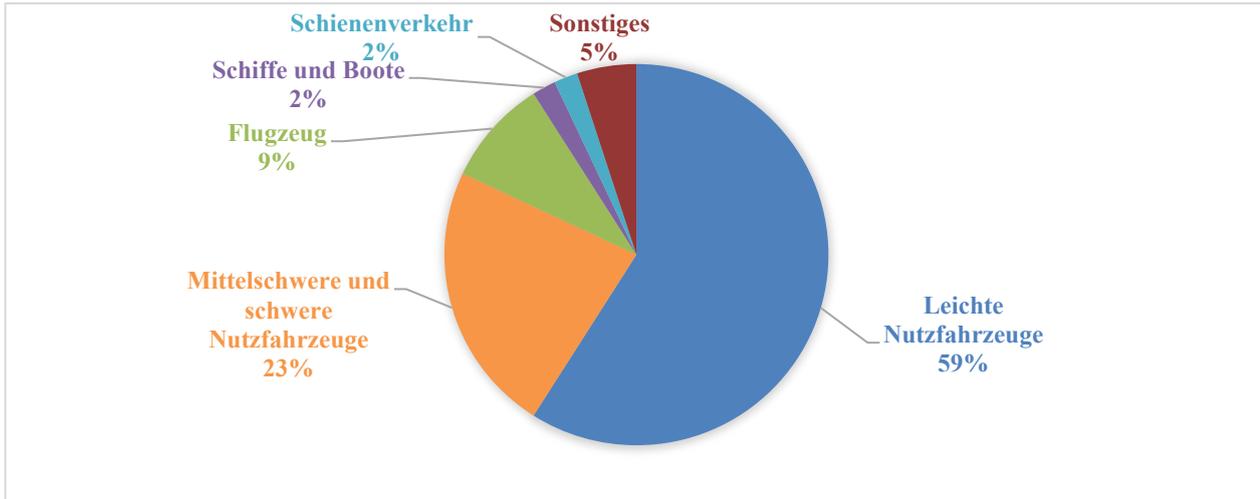
6.3.1 Automobilbranche

Der Transportsektor ist der größte direkte Emissionsverursacher von Treibhausgasen in den USA und übertrifft seit 2015 den Stromsektor. Wie bereits in Kapitel 4.1.1 beschrieben, verbraucht der Transportsektor der USA mehr als ein Drittel der Energie des Landes und ist für 27% der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Autos und leichte Nutzfahrzeuge (einschließlich Pickups und SUVs) sind für etwa 59% der Emissionen des Transportsektors verantwortlich. Mittel- und Schwerlastfahrzeuge, zu denen Traktoranhänger, große Pickups und Lieferwagen, Lieferwagen, Busse und Müllwagen gehören, verursachen hingegen etwa 23% der Verkehrsemissionen.¹⁷⁷

¹⁷⁶ Vgl. IBIS World (2020): [Aircraft, Engine & Parts Manufacturing Industry in the US - Market Research Report](#), abgerufen am 25.08.2020

¹⁷⁷ Vgl. Center for Climate and Energy Solutions (2020): [Federal Vehicle Standards](#), abgerufen am 07.07.2020

Abbildung 29: Emissionen des U.S.-Verkehrssektors, 2018

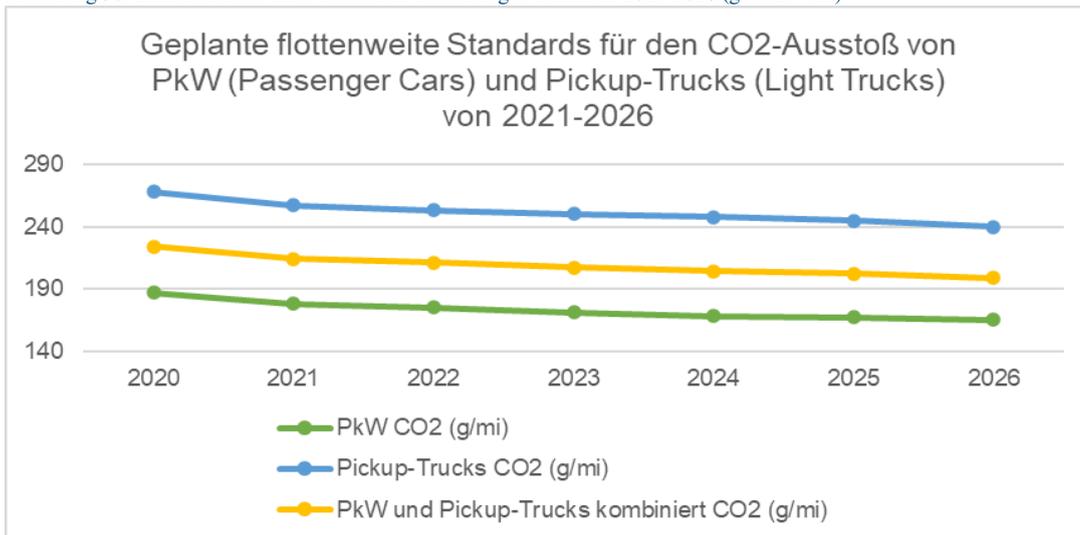


Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben des [Center for Climate and Energy Solutions: Federal Vehicle Standards \(2020\)](#), abgerufen am 12.06.2020

Wie bereits in Kapitel 4.1.1 diskutiert, wurden die CAFÉ-Standards im Juli 2020 durch die weniger strengen SAFE-Standards ersetzt. Zusätzlich zu den weniger strikten Vorgaben enthält die neue SAFE-Regel einen formellen Widerruf der Befugnis Kaliforniens Treibhausgasemissionsstandards auf Bundesstaatenebene festzulegen. Eine von Kalifornien geführte Koalition von Bundesstaaten hat Klage gegen die Trump-Administration erhoben, um die Regel anzufechten.¹⁷⁸

Nach den neuen Vorschriften würde der durchschnittliche Kraftstoffverbrauchsstandard bis zum Modelljahr 2026 schätzungsweise 40,4 MPG erreichen. Da die Normen zum Teil auch durch andere Mittel als eine erhöhte Kraftstoffeinsparung erfüllt werden können, sind die tatsächlichen effektiven durchschnittlichen MPG-Anforderungen etwas niedriger.¹⁷⁹

Die neuen Regeln würden in ähnlicher Weise das Tempo der Reduzierung der Treibhausgasemissionen von Kraftfahrzeugen auf 1,5% jährlich verlangsamen, was zu einer durchschnittlichen Emissionsnorm für MY 2026 von etwa 201 Gramm pro Meile THG (hauptsächlich CO₂) führen würde.¹⁸⁰

Abbildung 30: Emissionsziele unter den SAFE Treibhausgas-Standards 2021-2026 (g CO₂e / mi)

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben des [Center for Climate and Energy Solutions: Federal Vehicle Standards \(2020\)](#), abgerufen am 12.06.2020

6.3.1.2 Emissionsregulierung auf Bundesstaatenebene: CARB in Kalifornien

Die Fähigkeit Kaliforniens, eigene Regeln aufzustellen, geht auf die 1970er Jahre zurück, als Los Angeles vom erstickenden Smog bedeckt wurde. Aufgrund der hohen Luftverschmutzung in Los Angeles hat Gouverneur Ronald Reagan im Jahr 1967 das California

¹⁷⁸ Vgl. Center for Climate and Energy Solutions (2020): [Federal Vehicle Standards](#), abgerufen am 09.06.2020

¹⁷⁹ Vgl. NHTSA (2020): [U.S. DOT and EPA Put Safety and American Families First with Final Rule on Fuel Economy Standards](#), abgerufen am 09.06.2020

¹⁸⁰ Vgl. NHTSA (2020): [U.S. DOT and EPA Put Safety and American Families First with Final Rule on Fuel Economy Standards](#), abgerufen am 09.06.2020

Air Resources Board (CARB) ins Leben gerufen. Der Staat durfte strengere Emissionsnormen als die Bundesregierung festlegen, solange er einen zwingenden Grund dafür angeben konnte, warum eine solche Ausnahmeregelung erforderlich war. 1977 wurde es anderen Bundesstaaten gestattet, die strengeren Normen Kaliforniens zu übernehmen. Alle Bundesstaaten hatten bis vor der neuen SAFE Regulierung dementsprechend noch die Wahl entweder die Bundesstandards der EPA oder die von CARB zu übernehmen. Seit Erlassung der neuen SAFE Regulierungen der Trump Administration ist CARB nicht mehr befugt eigene strengere Regulierungen einzusetzen.¹⁸¹

6.3.1.3 Auswirkungen der Standards auf die Automobilindustrie

Die steigende Nachfrage nach Leichtbauwerkstoffen wurde zunächst durch die erste Einführung der strikten CAFE Emissionsstandards und Vorschriften zum Kraftstoffverbrauch im Jahr 2012 vorangetrieben. Viele OEMs haben sich seitdem Ziele für die CO₂-Reduktion für die kommenden Jahren gesetzt. Die neu eingeführten SAFE Standards der Trump Administration, welche weniger stringent sind als die vorher geltende CAFE Regulierung, beeinflussen die Nachfrage nach leichten Materialien und innovativen Technologien nicht, da es sich vor allem in der Automobilindustrie um langandauernde Forschungs- und Entwicklungsphasen und langfristige Investitionen handelt.

6.3.2 Luftfahrtbranche

Die EPA berechnet, dass der US-Luftverkehr 3 % der umweltschädlichen Treibhausgasemissionen des gesamten Landes und 9 % der umweltschädlichen Treibhausgasemissionen innerhalb des US-Transportsektors (siehe Grafik im Teil 6.3.1) ausmacht.¹⁸²

2008 einigten sich der US-Verband für die Luft- und Raumfahrtindustrie (Aerospace Industries Association – AIA) und die US-Hersteller der Branche auf gewisse Rahmenziele zur Verringerung der industriebezogenen Auswirkungen auf die Umwelt¹⁸³:

- Kurzfristig: Verbesserung der Treibstoffeffizienz um 1,5% pro Jahr. Die Industrie hat dieses Ziel laut Aussage der AIA übertroffen und bisher durchschnittlich 2,3% pro Jahr an Verbesserungen erzielt.
- Mittelfristig: CO₂-neutrales Wachstum in der kommerziellen Luftfahrt ab 2020. Mit dem „Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)“ der ICAO hat sich die Luftfahrt auf eine freiwillige globale Obergrenze für CO₂-Emissionen geeinigt. Internationale Emissionen über dem Niveau von 2020 müssen durch den Luftfahrtsektor ausgeglichen werden.
- Langfristig: 50% Reduktion der Netto-Emissionen bis 2050 im Vergleich zu den Werten von 2005.

Die AIA arbeitet prinzipiell mit der ICAO zusammen, um Emissionsstandards für alle bekannten Schadstoffe von Flugzeugen festzulegen, und überprüft laufend, ob diese Standards verschärft werden können, um den Entwicklungen neuer Technologien Rechnung zu tragen.

Inzwischen gibt es zusätzlich zu CO₂-Grenzwerten auch Standards für die folgenden, durch Flugzeugtriebwerke verursachten Schadstoffe:

- Stickstoffoxide (NO_x)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Kohlenwasserstoffe (HC)
- Nichtflüchtige partikuläre Materie (nvPM)

Im Juni 2015 einigte sich die US-Regierung zusammen mit der US-Luftfahrtindustrie auf die Zielsetzung, bis 2020 ein CO₂-neutrales Wachstum für die kommerzielle Luftfahrtindustrie der USA zu erreichen.¹⁸⁴ Eine Ende 2019 veröffentlichte Analyse des ICCT belegte, dass die CO₂-Emissionen des Luftverkehrs trotz dieser nicht rechtsverbindlichen Anstrengungen zur Steigerung der Treibstoffeffizienz stetig zunehmen. Seit 2014 sind die zurückgelegten Passagiermeilen dreimal so schnell gestiegen, wie sich die Treibstoffeffizienz der Fluggesellschaften verbessert hat. Inländische Fluggesellschaften in den Vereinigten Staaten verbrauchten 2018 12,5 Mrd. Gallonen Treibstoff, ein Anstieg von 17% im Vergleich zu 2009.¹⁸⁵

¹⁸¹ Vgl. BBC (2019): [Trump strips California of power to set auto emission standards](#), abgerufen am 24.06.2020

¹⁸² Vgl. Manufacturing.net (2020): [US says it will adopt global climate standards for aviation](#), abgerufen am 28.08.2020

¹⁸³ Vgl. AIA (2020): [Industry Issues in Environment](#), abgerufen am 28.08.2020

¹⁸⁴ Vgl. ICAO (2015): [United States Aviation Greenhouse Gas Emissions Reduction Plan](#), abgerufen am 28.08.2020

¹⁸⁵ Vgl. International Council on Clean Transportation (2019): [Despite investments in more efficient aircraft by U.S. airlines, demand growth continues to outpace fuel efficiency gains](#), abgerufen am 28.08.2020

Im Februar 2016 stellte die ICAO einen internationalen Leistungsstandard für neue Flugzeuge fertig, der Verbesserungen bei der Treibstoffeffizienz und den CO₂-Emissionen vorschreibt. Er wird für alle neuen Verkehrs- und Geschäftsflugzeuge gelten, die nach dem 1. Januar 2028 ausgeliefert werden, und sieht eine Übergangsfrist für modifizierte Flugzeuge ab 2023 vor. Sie schreibt eine 4%ige Reduzierung des Treibstoffverbrauchs im Jahr 2028 gegenüber dem Durchschnitt des Jahres 2015 vor. Diese Vorschriften umfassen auch Technologien, die den Emissionsreduzierungsstandards für nach 2024 in Dienst gestellte Flugzeuge entsprechen.¹⁸⁶

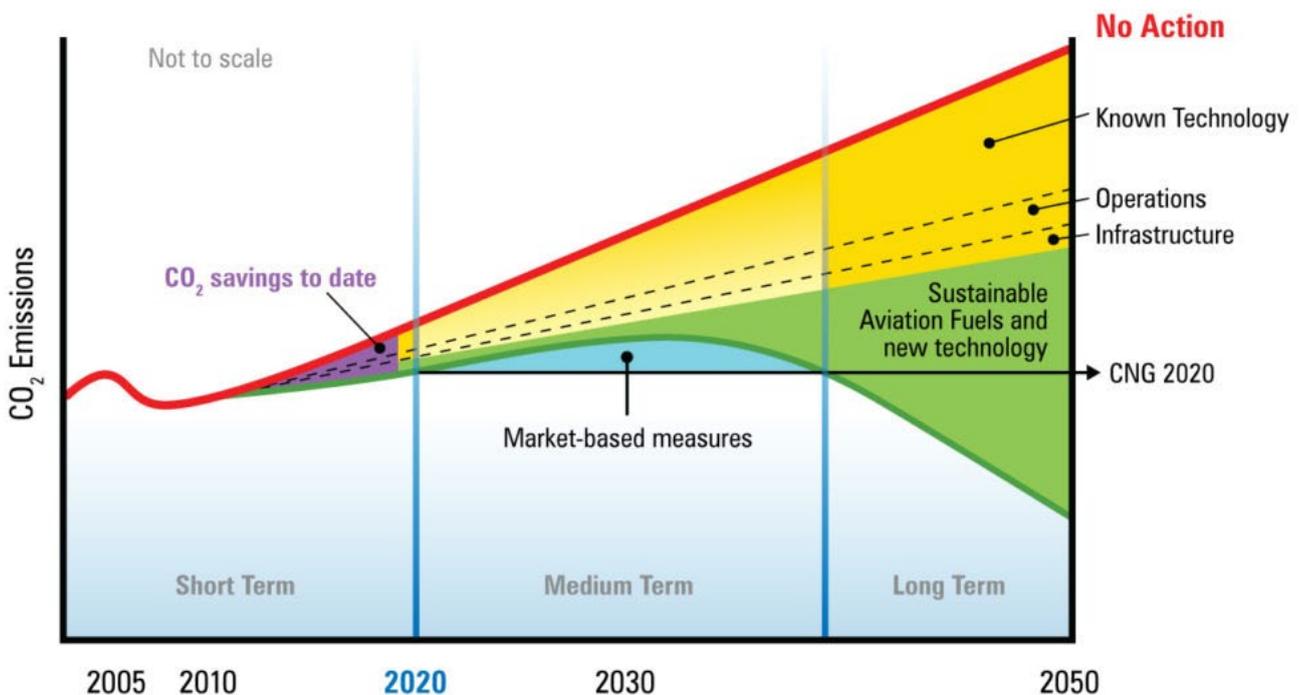
Bereits im Jahr 2016 – noch zu Zeiten der Obama Regierung – stellte die EPA fest, dass die Treibhausgasemissionen bestimmter Klassen von Flugzeug-Triebwerken zu der Luftverschmutzung beitragen, die den Klimawandel verursacht und die öffentliche Gesundheit und das Wohlergehen der Bevölkerung gemäß Abschnitt 231(a) des Clean Air Act gefährdet. Die Ergebnisse der EPA dienen der Vorbereitung eines künftigen bundesweiten Regelungsprozesses zur Annahme künftiger Treibhausgasstandards.¹⁸⁷

Der durch das 2016er Urteil entstandene Druck zum Handeln auf die Regierung führte letztendlich zur Ankündigung der Regierung von US-Präsident Donald Trump am 23. Juli 2020, dass sie die Einführung von Emissionsstandards für Flugzeuge nach internationalem Vorbild plant. Allerdings wird die Maßnahme voraussichtlich nicht zu einer weiteren Reduzierung der klimaschädlichen Emissionen von Flugzeugen führen, weil der neue Emissionsstandard Grenzwerte umfasst, die bereits jetzt von Fluggesellschaften eingehalten werden.¹⁸⁸

Der International Council on Clean Transportation (ICCT), sagte, die Norm sei bereits veraltet und werde keinen Anreiz für neue Investitionen in kraftstoffeffizientere Motoren und Flugzeuge schaffen. Dazu gab der Rat den Hinweis, dass ein 2019 hergestelltes und ausgeliefertes Flugzeug im Durchschnitt bereits 6% treibstoffeffizienter war, als die EPA-Vorschriften bis 2028 verlangen würden. Die USA müssten ein Gesetz verabschieden, das mindestens so streng sei wie das, das von der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (International Civil Aviation Organization – ICAO) – einer Sonderbehörde der Vereinten Nationen (VN) – für den Verkauf und Betrieb von Flugzeugen im Ausland gefordert wird.

Der im Juli 2020 von der EPA verabschiedete Emissionsstandard stellt erstmals einen verbindlichen Treibhausgasstandard für den zivilen Luftverkehrssektor in den USA dar. Allerdings wird diese Regelung als ineffektiv kritisiert, weil sie Standards setzt, die bereits zum Zeitpunkt des Inkrafttretens vom Luftfahrtsektor eingehalten werden.

Abbildung 31: Voraussichtliche Auswirkungen der CO₂-Emissionen bis 2050 – fortschrittliches Verbesserungsszenario



Quelle: EPA (2019): Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2017 (April 2019), Table ES – 3: CO₂ Emissions from Fossil Fuel Combustion by End-Use Sector

¹⁸⁶ Vgl. TransportPolicy.net (2018): [International Aviation Efficiency](#), abgerufen am 28.08.2020

¹⁸⁷ Vgl. EPA (2016): [Final Rule for Finding That Greenhouse Gas Emissions From Aircraft Cause or Contribute to Air Pollution That May Reasonably Be Anticipated To Endanger Public Health and Welfare](#), abgerufen am 09.06.2020

¹⁸⁸ Vgl. NY Times (2020): [EPA proposes airplane emissions standards that airlines already meet](#), abgerufen am 28.08.2020

Die Regierung von Präsident Donald Trump hat sich weitgehend den Forderungen von Wissenschaftlern und Aufsichtsbehörden nach schnellen, groß angelegten Maßnahmen zur Reduzierung der Verbrennung von Öl, Erdgas und Kohle widersetzt. Die Regierung zog die USA aus dem 2016er Pariser Klimaabkommen heraus und schwächte die Initiativen der Obama-Ära zur Reduzierung der Emissionen von Fahrzeugen und Kraftwerken.

Bevor der Ausbruch von COVID-19 den inländischen sowie internationalen Flugverkehr schwer eindämmte, sagte die ICAO voraus, dass die Emissionen von Flugzeugen aufgrund des steigenden Verkehrsaufkommens weltweit um mindestens 3% pro Jahr ansteigen werden, selbst mit saubereren Flugzeugen.

6.3.2.1 Auswirkungen der Standards auf die Luftfahrtbranche

Wie bereits oben beschrieben entsprechen die im Juli 2020 von der EPA verabschiedeten Emissionsregularien einem Standard, der bereits zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der neuen Regel von den Marktakteuren des zivilen Luftverkehrssektors eingehalten wird. Laut einer Analyse der EPA „haben alle Hersteller bereits bestehende oder sich in der Entwicklung befindliche Produkte, die bereits die Standards erfüllen bzw. die Standards bis zu ihrer Einführung erfüllen werden“. Die EPA erklärte, dass die Hersteller infolgedessen mit keinen zusätzlichen Kosten für die Einhaltung der Regel rechnen müssten, abgesehen von den relativ geringen Berichterstattungskosten.¹⁸⁹

Die vorgeschlagene Regel wird zwar nicht zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen führen, aber sie wird zumindest Rückfälle verhindern, wenn neue Treibstoffquellen entwickelt oder Technologien eingeführt werden. Zugleich werden US-Produzenten nicht daran gehindert, weiterhin am globalen Markt teilzunehmen, da sie künftig die Leistung im eigenen Land zertifizieren lassen können.

6.4 Produkthaftung

Das amerikanische Produkthaftungsrecht unterscheidet sich stark vom deutschen und wird in vielen Fällen einzelstaatlich geregelt, so dass gravierende Unterschiede in verschiedenen Bundesstaaten zu vermerken sind. Grundsätzlich können jedoch Produkthaftungsklagen in den USA maßgeblich auf drei verschiedene Ansprüche gestützt werden: „breach of warranty“, „negligence“ und vor allem „strict liability“. „Breach of warranty“ betrifft alle Haftungsansprüche aus den vertraglich festgelegten Eigenschaften eines Produkts und ist verschuldensunabhängig, während „negligence“ der Fahrlässigkeitshaftung des deutschen § 823 BGB entspricht. Hier liegt die volle Beweislast beim Kläger.¹⁹⁰ Die wichtigste Haftungsanspruchsgrundlage bildet die sog. „strict liability“ (in etwa „absolute Haftung“). Rechtsgrundlage hierfür bilden nicht von der Legislative verabschiedete Gesetze, sondern Präzedenzfälle – also Entscheidungen von Gerichten zu einzelnen Rechtsfällen, das sogenannte „case law“. Hier ist zu beachten, dass Urteile im Unterschied zum deutschen Recht durch eine Jury aus US-Bürgern gefällt werden.

Bei der „strict liability“ handelt es sich um eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung. Diese kann alle Abschnitte einer Lieferkette, vom Entwickler über den Hersteller, Händler oder den Versender eines fehlerhaften Produktes treffen. Ausgangspunkt hierfür ist entweder ein Design-, Konstruktions-, Herstellungs- oder ein Instruktionsfehler. Besonders gravierend können sich Design- und Konstruktionsfehler auswirken, da hier meist kein Einzelprodukt, sondern eine ganze Baureihe betroffen ist. Des Weiteren ist zu beachten, dass der Nutzer des Produkts mit ausdrücklichen Warn-, und Gebrauchsanweisungen über alle möglichen Risiken im Zusammenhang des Produktgebrauchs hingewiesen werden muss. Darunter fallen auch Warnhinweise hinsichtlich eines möglichen fehlerhaften Produkteinsatzes.¹⁹¹ In der Mehrheit der Bundesstaaten haftet ein Hersteller für ein fehlerhaftes Produkt im Rahmen der Gefährdungshaftung auch ohne zumindest fahrlässig gehandelt zu haben, wenn nachgewiesen werden kann, dass das Produkt fehlerhaft war und dieser Defekt einen Schaden verursacht hat.

Um Gefährdungshaftung in einem Rechtsstreit festzustellen, muss der Kläger im Allgemeinen nachweisen, dass:

1. das Produkt fehlerhaft war, als es den Einflussbereich des Beklagten verlassen hat;
2. das Produkt in der bestimmungsgemäßen Art und Weise oder in einer vernünftigerweise vorhersehbaren Art und Weise verwendet wurde;
3. das Produkt den Schaden des Klägers verursacht hat.

Überzogene Schadensersatzansprüche in Folge marginaler Verletzungen, oder z.B. Verbraucher, die Produkte zunächst zweckentfremden und den Hersteller später mit Prozessen überhäufen, werden gerne abschreckend in den deutschen Medien dargestellt. Bei genauer Betrachtung entspricht dies jedoch nur teilweise der Realität. Zwar gab es in der Vergangenheit einige Fälle, in denen den

¹⁸⁹ Vgl. American Action Forum (2020): [Regulating Airplane Greenhouse Gas Emissions](#), abgerufen am 28.08.2020

¹⁹⁰ Vgl. IHK Stuttgart (2014): [Produkthaftung in den USA](#), abgerufen am 17.07.2020

¹⁹¹ Vgl. Kraus, Hans-Michael (2016): Produkthaftung in den USA – Fakten und Fabeln. Smith, Gambrell & Russell

Klägern eine, nach deutschen Standards, außerordentlich hohe Entschädigung zugesprochen wurde, hierbei handelt es sich jedoch um Ausnahmen.

In den meisten Fällen kommt es erst gar nicht zu Schädigungen, die zur Zahlung einer Geldsumme verpflichten, da viele Fälle in einem Vergleich enden. Ein Vergleich kommt zumeist zustande, da ein Prozess für das Unternehmen i.d.R. so hohe Kosten (Anwaltskosten, zeitintensive Prozessvorbereitung, die Mitarbeiter vom Kerngeschäft abhält) verursacht, dass ein Vergleich die wirtschaftlich sinnvollere Alternative ist, auch wenn sich das Unternehmen keine Rechtsverletzung zuschulden kommen lassen hat. Vor diesem Hintergrund empfiehlt sich der Abschluss einer Produkthaftungsversicherung für den US-Markt. Alternativ gilt es zu prüfen, ob sich die Gültigkeit für eine bereits bestehende Produkthaftungsversicherung in Deutschland auf den US-Markt erweitern lässt.

Beim Abschluss einer Versicherung für das US-Geschäft (z.B. General Liability) sollten deutsche Unternehmen mit amerikanischen Tochtergesellschaften prüfen, welcher Versicherungsschutz von Deutschland aus angeboten werden kann und alternativ, welche Versicherung in den USA abgeschlossen werden kann, die auch einen Versicherungsschutz für die anderen ausländischen Gesellschaften, hier konkret die deutsche Muttergesellschaft, bietet. Da letzteres eine effiziente Option sein kann, sollten deutsche Unternehmen auch Angebote US-amerikanischer Makler einholen und den Kosten- und Leistungsumfang der verschiedenen Versicherungsoptionen sorgfältig vergleichen.

Der Versicherungsschutz umfasst in der Regel:

- Schäden aus Gewährleistungshaftung, immaterielle Schäden, Kosten eines Rückrufs (Product Liability)
- Gerichts- und Anwaltskosten, soweit diese ausdrücklich in dem Deckungsschutz eingeschlossen sind (z.B. bei D&O Versicherung). Diese sind nach US-Recht grundsätzlich auch im Erfolgsfall von der jeweiligen Partei selbst zu tragen, da grundsätzlich kein Kostenerstattungsanspruch besteht.

Grundsätzlich ist in den USA ein wie folgt aufgebautes Risikomanagement-Modell empfehlenswert:

1. Die strengsten verfügbaren lokalen Sicherheitsstandards und dementsprechenden Industriestandards sollten immer befolgt werden.
2. Eine gründliche Untersuchung aller Möglichkeiten der Falschbenutzung von Produkten durch Konsumenten muss angestellt werden.
3. Auch nach Markteintritt eines Produktes müssen weiterhin alle auftretenden Defekte betrachtet werden – als Anhaltspunkt empfiehlt es sich ebenfalls, typische Defekte von Konkurrenzprodukten im Auge zu behalten.

Zusätzlich sollte man Kundenbeschwerden eng im Blick behalten – dies kann Grundlage für wichtige Informationen über mögliche Produktschwächen sein. Qualitätskontrolle sollte auch als Verteidigungslinie gegen mögliche Ansprüche aus Produkthaftungsregeln betrachtet und daher genau dokumentiert werden.

Bei weiteren Fragen zur Produkthaftung stehen Ihnen die AHK USA-Atlanta und die AHK USA-Chicago gerne zur Verfügung.

6.5 Steuersystem

Das Steuersystem in den USA ermöglicht es, dass Steuern sowohl auf Bundesebene (Federal Level) als auch von den einzelnen Bundesstaaten (State Level) und auf lokaler Ebene durch Städte, Landkreise und Kommunen (Cities, Counties, Municipalities) mit Selbstverwaltungsrecht erhoben werden können. Diese drei Dimensionen können unter Umständen zu Mehrfachbesteuerungen führen. Die folgende Tabelle bietet einen Überblick der verschiedenen Steuerarten und -ebenen, welche in den nachstehenden Kapiteln näher erläutert werden.

Tabelle 4: Vereinfachte Übersicht der drei Ebenen des US-Steuersystems

Steuerebene	Ertragsabhängige Steuern	Ertragsunabhängige Steuern
Bundesebene	Federal Individual Income Tax Federal Corporate Income Tax Federal Social Security Tax	Federal Estate and Gift Tax Federal Excise Tax
Bundesstaaten	State Individual Income tax State Corporate Income tax State Social Security Tax	State Excise Tax State Sales Tax State Property Tax State Estate and Gift Tax
Städte, Kommunen, Landkreise	Local Individual Income Tax Local Corporate Income Tax	Local Sales Tax Local Property Tax Local Real Estate Transfer Tax

Quelle: Rödl & Partner (2015): Steuern in den USA

6.5.1 Steuern auf Bundesebene

Die wichtigsten US-Finanz- bzw. Steuerbehörden auf Bundesebene sind das US-Bundesfinanzministerium (Treasury Department) und die diesem untergeordnete Steuerbehörde, der Internal Revenue Service (IRS). Der IRS ist für die Steuergesetzgebung verantwortlich, welche im Internal Revenue Code (IRC) festgehalten ist. Zu den wichtigsten Besteuerungsarten zählen die Bundeseinkommensteuer für natürliche Personen (federal individual income tax), die Bundeskörperschaftsteuer (federal corporate income tax), die Bundeserbschaft- und Bundesschenkungsteuer (federal estate and gift taxes), Verbrauchsteuern (federal excise taxes) sowie die Bundessozialversicherungsabgaben (federal social security tax).

Im Hinblick auf ein Engagement in den USA ist für deutsche Unternehmen insbesondere die Corporate Income Tax (CIT) auf Bundesebene von Bedeutung, welche auf Unternehmenseinkünfte erhoben wird. Sie ist mit der deutschen Körperschaftsteuer vergleichbar. Das für die CIT zu versteuernde Einkommen wird aus der Differenz zwischen Posten des Bruttoeinkommens (z.B. Dividenden, Honorare, bestimmte erhaltene Zinsen) und aller abzugsfähigen Posten (z.B. Geschäftsausgaben, Wertverlust, Abnutzung, Amortisation, bestimmte bezahlte Zinsen, einzelstaatliche und lokale Steuern) gebildet. US-Gesellschaften unterliegen grundsätzlich mit ihrem weltweit erzielten Einkommen der Besteuerung, unabhängig von dem Sitz des Unternehmens oder der Staatsangehörigkeit ihrer Anteilseigner. Um im Falle international tätiger Unternehmen eine Doppelbesteuerung zu vermeiden, existieren zahlreiche Doppelbesteuerungsabkommen mit anderen Nationen, so auch mit der Bundesrepublik Deutschland.

Neben dem Bund erheben auch die meisten Einzelstaaten und einige Städte mit Selbstverwaltungsrecht eine eigene CIT. Während die CIT des Bundes auf dem weltweit erzielten zu versteuernden Einkommen basiert, besteuern die Einzelstaaten allerdings nur den Teil des Einkommens, der dem jeweiligen Bundesstaat zugeordnet werden kann.

6.5.2 Steuern auf Ebene der einzelnen Bundesstaaten

Die einzelnen Bundesstaaten können neben einer eigenen Körperschaftsteuer (state corporate tax), Umsatzsteuern (sales tax), oder Grund- und Vermögensteuern (state property tax), auch umsatzabhängige Steuern wie die Franchise Tax, oder Gewerbesteuer wie die Corporate License Tax erheben. Die Körperschaftsteuer muss auf Ebene der Bundesstaaten gezahlt werden, wenn ein Unternehmen entweder in dem jeweiligen Bundesstaat gegründet wird oder dort eine „steuerrelevante Tätigkeit“ vorliegt (Nexus). Die Kriterien dafür, ob ein Nexus bzw. eine Geschäftstätigkeit vorliegt (z.B. im Falle eines Warenlagers), werden jedoch ebenfalls in jedem Bundesstaat unterschiedlich bewertet. Falls eine Geschäftstätigkeit in mehreren verschiedenen Bundesstaaten durchgeführt wird, muss zudem u.U. in jedem einzelnen Bundesstaat die Körperschaftsteuer auf die dort erwirtschafteten Gewinne abgeführt werden. Im Vorfeld einer Geschäftstätigkeit in den USA sollten die erhobenen Steuerarten und -sätze daher genau verglichen werden.

Manche Bundesstaaten verzichten komplett auf die Erhebung einzelner Steuerarten. So muss in Washington, Nevada, Wyoming, South Dakota, Texas, und Ohio z.B. keine Körperschaftssteuer gezahlt werden.¹⁹²

6.5.3 Steuern auf kommunaler Ebene

Auf Ebene lokaler Gebietskörperschaften mit Selbstverwaltungsrecht gibt es zudem örtliche Grund- und Vermögensteuern (local property tax) sowie örtliche Einkommens- und Körperschaftsteuern (local income and corporate taxes). Hierbei stellt die Grund- und Vermögenssteuer die wichtigste Einnahmequelle für die Kommunen und Landkreise (municipalities and counties) dar. Betroffen hiervon sind Grundstücke, aber auch auf andere Vermögensgegenstände, wie z.B. Kraftfahrzeuge, Inventar oder immaterielle Vermögenswerte. In der Regel basiert die Vermögenssteuer auf einem bestimmten Anteil des Wertes des besteuerten Vermögensgegenstandes (ad valorem-Besteuerung). Die Höhe der Steuerschuld wird auf der Grundlage des üblichen Marktpreises, also unabhängig von tatsächlichem Gebrauch oder Gewinn, aus dem betreffenden Vermögensgegenstand bestimmt. Grundsätzlich ist es in den USA empfehlenswert, früh Kontakt zu Steuerberatern aufzunehmen, um konkrete wirtschaftliche Aktivitäten in den USA vorzubereiten und vorab alle notwendigen Informationen zur Besteuerung in der jeweiligen Zielregion einzuholen.

6.6 Zollinformationen

USMCA

Zwischen den USA, Kanada und Mexiko besteht seit 1994 eine Freihandelszone. Am 1. Juli 2020 hat das United States-Mexico-Canada-Agreement (USMCA) das North American Free Trade Agreement (NAFTA) als Gesetz zur Regulierung der Zone abgelöst. Voraussetzung für den Freihandel innerhalb der Zone unter NAFTA war, dass die Waren einen bestimmten Anteil an Ursprungsmaterialien, den regionalen Wertschöpfungsanteil („regional value content“), beinhalten. Im Kfz-Sektor lag dieser Anteil zum Beispiel bei 62,5%, was deutsche Automobilhersteller in den USA und ihre Zulieferer direkt betrifft. Das neue Abkommen USMCA definiert strengere Ursprungsregeln, sodass für den Kfz-Sektor nun ein regionaler Wertschöpfungsanteil von bis zu 75% gilt. Außerdem wurde festgelegt, dass Kfz-Hersteller innerhalb der Zone künftig 40 bis 45% der Wertschöpfung von Arbeitern herstellen lassen müssen, die einen Stundenlohn von mindestens 16 US-Dollar erhalten. Aluminium und Stahl müssen ebenfalls zu 70% aus der Zone selbst bezogen werden. Außerdem beschließt das USMCA einen verbesserten Schutz des geistigen Eigentums. Somit soll die Kontrolle auf die Einfuhr gefälschter Produkte verschärft- und der Schutz neuer geographischer Ursprungsbezeichnungen gewährleistet werden.^{193,194}

Zusatzzölle

Seit dem 1. Juni 2018 erheben die USA neben den Regelzöllen zusätzliche Zölle von 10% und 25% auf zahlreiche Produkte aus Aluminium und Stahl. Betroffen sind unter anderem Produkte mit Ursprung in der Europäischen Union. Die aktuelle Administration begründet die Zölle als Vorsichtsmaßnahme, um die Stabilität der Wirtschaft- und somit die nationale Sicherheit zu gewährleisten. Außerdem erheben die USA zusätzliche Zölle von 7,5%, 25% und 30% auf zahlreiche Produkte mit Ursprung in China. Bezüglich der zusätzlichen Zölle gewährt die US-Regierung zahlreiche Ausnahmen.

Foreign Trade Zones

Bei sog. Foreign Trade Zones (FTZ) handelt es sich ebenfalls um Territorien, die nicht als US-Zollgebiet behandelt werden. Diese befinden sich an Flug-, Seehäfen oder Grenzposten der USA. FTZs erlauben es u.a. Produkte zu verarbeiten, montieren, reinigen, bearbeiten, reparieren, lagern oder zu testen ohne Zollabgaben zu entrichten. Das FTZ-Programm erlaubt US-basierten Firmen somit Zölle für Produkte, die in der jeweiligen Zone zugelassen sind, zurückzustellen, zu reduzieren oder auch zu erlassen.¹⁹⁵

Laut Geschäftsbericht des Foreign-Trade Zones Board gab es im Jahr 2018 (letzter Stand) insgesamt 195 aktive FTZs. Diese wurden von ca. 3,300 Firmen genutzt, welche 440,000 Arbeitnehmer in den dortigen Produktions- und Lagerstätten beschäftigten. Der Wert der dort eingelieferten Waren belief sich 2018 auf \$793 Mrd. USD, wovon rund 63% an Produktionsbetriebe ging. Die Produktionsbetriebe in den FTZs stammen vornehmlich aus der Ölraffinerie-, Automobil-, Elektronik-, Pharma- und Maschinenbauindustrie.¹⁹⁶

Ein wesentlicher Nutzen dieser Zonen liegt in der Einsparung von Einfuhrzöllen. Wenn in den USA produziert werden soll, kann es unter Umständen günstiger sein, ein Produkt in einer FTZ statt auf US-Zollgebiet zu fertigen. Dies ist der Fall, wenn die Zollabgaben

¹⁹² Vgl. IRS (2016): [Corporations](#), abgerufen am 19.07.2020

¹⁹³ Vgl. Office of the U.S. Trade Representative (2020): [USMCA Fact Sheet - Automobiles and Automotive Parts](#), abgerufen am 16.07.2020

¹⁹⁴ Vgl. GTAI (2020): [United States-Mexico-Canada-Agreement \(USMCA\)](#), abgerufen am 16.07.2020

¹⁹⁵ Vgl. GTAI (2020): [US-Freizonen](#), abgerufen am 16.07.2020

¹⁹⁶ Vgl. U.S. Foreign-Trade Zones Board (2018): [80th annual report of the Foreign-Trade Zones Board](#), abgerufen am 29.07.2020

auf die Einzelkomponenten höher sind als auf das Endprodukt. Die Zollabgaben für die in der FTZ gefertigten Waren, die an den US-Markt gehen, müssen dann erst gezahlt werden, wenn die Ware in US-Zollgebiet geliefert wird.

Zudem sind Zollgebühren auf Waren in Lagerbeständen erst fällig, wenn sie die FTZ verlassen. Der Zeitpunkt der Auszahlung für Zölle liegt somit näher an dem der Einzahlung für den Warenkauf, was sich positiv auf den Cash Flow auswirkt und just-in-time-Lieferungen zulässt.

Eine weitere Einsparmöglichkeit stellen die „Weekly Entry Filings“ dar. Damit können Warensendungen und Einfuhrpapiere einmal pro Woche gebündelt bearbeitet werden. Neben der aufgewendeten Zeit verringern sich so auch Zollabfertigungsgebühren.¹⁹⁷

¹⁹⁷ Vgl. GTAI (2020): [US-Freizonen](#), abgerufen am 16.07.2020

7. Markteinstiegsinformationen für deutsche Unternehmen

7.1 Wettbewerbssituation

Der Wettbewerb bleibt eines der größten Hindernisse für ausländische Unternehmen auf dem US-Markt, insbesondere für KMUs. Es wird weiterhin erwartet, dass Nordamerika auch künftig der am schnellsten wachsende Markt für Leichtbaustoffe für Kraftfahrzeuge sein wird. Viele OEMs investieren in die Forschung von Leichtbaumaterialien und -technologien und suchen sich Partner in den USA. Dementsprechend gibt es zwar einen großen Wettbewerb, allerdings gleichzeitig auch entsprechend große Chancen für deutsche Unternehmen.

Der Wirtschaftsstandort Deutschland profitiert deutlich von der Unterstützung aus der Politik. Das Bundeswirtschaftsministerium begleitet einige Initiativen, um die Entwicklung von Leichtbaukonzepten voranzutreiben. Die USA können von zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten und innovativen Lösungen aus Deutschland profitieren.

In vielen Bereichen des Leichtbaus in den USA existieren noch keine kosteneffizienten und nachhaltigen Produktions- und Verarbeitungswege. Adam Halsband von Forward Engineering North America fasst daher zusammen: "An welchem Punkt der Wertschöpfungskette auch immer Sie sich mit Ihrem Produkt befinden mögen, sobald Sie eine Komplettlösung anbieten können, gibt es auch eine Gelegenheit für Sie im US-Markt."¹⁹⁸ Deutsche Zulieferer von Leichtbaumaterialien und Technologieanbieter haben trotz Wettbewerb im US-Markt zahlreiche Möglichkeiten, sich zu beweisen und erfolgreich in den großen Markt einzutreten, insbesondere wenn sie durch den Einsatz der im deutschen Markt existierenden modernen und hochpräzisen Technologien vollständige Lösungsansätze für die komplexen Herausforderungen dieses Marktes anbieten können. Die wichtigsten Faktoren sind hier zum einen die Nachfrage nach anwendungsorientierten Komplettlösungen und zum anderen den Preisdruck durch häufig günstigere, da technisch einfachere, US-amerikanische Lösungen im Blick zu behalten.

7.2 SWOT-Analyse

Die nachfolgende Grafik fasst die Stärken und Schwächen deutscher Unternehmen sowie Chancen und Risiken des US-Marktes zusammen. Im Zuge des Markteintritts sollte daher darauf geachtet werden, Schwächen und Risiken zu minimieren, Stärken klar herauszustellen und die sich bietenden Chancen zu nutzen. Die dargestellten Faktoren beziehen sich sowohl auf den gesamten Standort USA als auch im Speziellen auf die US-Leichtbauindustrie in den Bereichen Automobil und Luftfahrt.

¹⁹⁸ Vgl. Experteninterview mit Adam Halsband, Managing Director von Forward Engineering North American am 30.06.2020

Tabelle 5: Deutsche Unternehmen im US-amerikanischen Leichtbaumarkt

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> • Angebot hochqualitativer Produkte und Leistungen • Gute Reputation von „Made in Germany“-Produkten • Führende Technologien, die bereits in Europa angewandt werden • Erfahrung mit flexiblen Produktionstechnologien • Erfahrung mit Automatisierungstechnologien • Hoher Fokus auf Forschung & Entwicklung im Bereich Leichtbautechnologien • Expertise in der Arbeit mit verschiedenen Materialien zur Fertigung von Endprodukten (Materialmix) • Erfahrung in der Effizienzsteigerung von Automobilen und Fluggeräten 	<ul style="list-style-type: none"> • Produkte müssen an den US-Markt angepasst werden (Größe, Normen etc.) • Firmenpräsenz in den USA (Nähe zum Kunden) notwendig • Kleines oder nicht-bestehendes Netzwerk in den USA • Fehlendes Servicenetzwerk in den USA • Anpassung der Marketingaktivitäten und -kanälen an die Erwartungen des US-Markts • Aktuelle Lieferkettenprobleme mit ausländischen Lieferanten aufgrund der COVID-19-Pandemie • Mangel an ausgebildeten Fachkräften, besonders auf neue Werkstoffe und Prozesse geschulte Ingenieure und Produktionsmitarbeiter
Chancen (Opportunities)	Risiken (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> • Einer der größten Automobil- und Luftfahrtmärkte der Welt (ca. ein Fünftel der weltweiten Automobilproduktion wird in den USA verkauft), daher bieten die USA zahlreiche Marktchancen für die Anbieter innovativer Lösungen • Großer Investitionsbedarf, um Produktion für Zukunftsprodukte aufzustellen • Technischerachholbedarf bei Leichtbauanwendungen im Vergleich zu europäischen Herstellern • Steigendes Bewusstsein über negative Auswirkungen von automobilen Abgasen • Umfangreiche Infrastruktur im Materialmarkt • Erwartender Durchbruch von Elektrofahrzeugen bietet enorme Chancen im Bereich Leichtbau • Hohe Offenheit für innovative Lösungen im Leichtbau-sektor • Unterschiedliche Fördermöglichkeiten und -Programme bestehen in den unterschiedlichen Bundesstaaten und Counties – damit einher gehen Chancen, lokal Unterstützung für FDI zu erhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Drohende Rezession aufgrund der globalen COVID-19 Pandemie • Deregulierung der Abgasstandards • Niedrige Kraftstoffpreise (fehlende Anreize für Energieeffizienzmaßnahmen) • Unterschiedliche Rahmenbedingungen zwischen den Bundesstaaten • Hohe Wettbewerbsintensität im mittleren Marktsegment • Nicht einheitliche technische Standards und Standardisierungsgesetze • Keine einheitlichen Strukturen der US-Unternehmen und Entscheidungsprozesse • Wechselkursschwankungen • Unterschiede in der Geschäftskultur können einen Markteintritt verkomplizieren

Quelle: Eigene Darstellung (2020), teilweise in Anlehnung an GTAI (2019): [SWOT-Analyse – USA](#), abgerufen am 08.07.2020

7.3 Marktbarrieren und -hemmnisse

Der US-amerikanische Markt bietet viele Chancen für deutsche Unternehmen, die in der Leichtbauindustrie tätig sind. Es gilt hier zu beachten, dass der Markteintritt auch gewisse Risiken mit sich bringt. Gerade in der Anfangsphase sind Unternehmen häufig mit Problemen konfrontiert, die jedoch durch informiertes Vorgehen und sorgfältige Planung vermieden werden können.

Eine Herausforderung für deutsche Unternehmen stellen die oftmals unerwartet hohen Kosten für juristische Beratung, Steuerberatung und Wirtschaftsprüfung dar. So können bereits für die Rechtsberatung, die im Rahmen des Unternehmensgründungsprozesses in den USA erforderlich ist, hohe Kosten entstehen.¹⁹⁹ Die Rate variiert je nachdem wo sich die Anwaltskanzlei befindet. In ländlichen Regionen verlangen Anwälte zwischen 100 und 200 USD pro Stunde, während sich die Kosten für Anwälte in Städten auf ca. 200 bis 400 USD pro Stunde belaufen.²⁰⁰ Da in den USA auch die Partei, die erfolgreich aus einem Rechtsstreit hervorgeht, die Gerichts- und Anwaltskosten i.d.R. selbst tragen muss, lohnt sich ein Verfahren meist nur bei hohen Streitwerten. Die Kosten für die Vorbereitung

¹⁹⁹ Vgl. US Legal (kein Datum): [Hourly Fees](#), abgerufen am 31.08.2020

²⁰⁰ Vgl. Thervo (kein Datum): [How Much Are Attorney Fees?](#), abgerufen am 31.08.2020

einer einfachen Einkommenssteuererklärung durch einen Steuerberater können je nach Gesellschaftsform stark variieren.²⁰¹ Hinzu kommen noch weitere Kosten auf Stundenbasis, die für eine individuelle steuerrechtliche Beratung im laufenden Geschäftsjahr in Rechnung gestellt werden.

Ein weiteres Hemmnis, die sich indirekt auf die Leichtbauindustrie auswirken kann, ist der Mangel an qualifizierten Arbeitskräften, insbesondere für Fertigungsunternehmen. Laut der 2018 Deloitte and The Manufacturing Institute Skills Gap and Future of Work Studie wird erwartet, dass sich die Qualifikationslücke in der verarbeitenden Industrie in den Vereinigten Staaten von 488.000 offenen Stellen Ende 2018 auf bis zu 2,4 Mio. unbesetzte Stellen in der verarbeitenden Industrie zwischen 2018 und 2028 ausweiten wird.²⁰² Da in den USA das Konzept der dualen Ausbildung in Berufsschule und Betrieb noch weitgehend unbekannt ist, fehlen Fachkräfte, die sowohl über theoretisches Hintergrundwissen als auch über Praxiserfahrung verfügen. Dieses Problem trifft nicht nur ausländische Unternehmen. Auch die amerikanischen Zulieferer klagen zunehmend über unzureichend qualifizierte Arbeitskräfte. Insbesondere bei Mitarbeitern in der Produktion sehen die Unternehmen Qualifikationsdefizite. Hier gibt es zwar bei Grundfertigkeiten, wie bspw. der manuellen Geschicklichkeit wenig Nachholbedarf, jedoch vermissen die Arbeitgeber analytische Fähigkeiten, Problemlösungskompetenzen sowie spezielle Softwarekenntnisse. Dies führt zu verstärktem Wettbewerb unter den Unternehmen in der Anwerbung neuer Mitarbeiter. Hier empfiehlt es sich, langfristig in Weiterbildungsmaßnahmen zu investieren. In letzter Zeit bemühen sich gerade deutsche Unternehmen verstärkt, in Zusammenarbeit mit lokalen Community Colleges, das duale Ausbildungssystem auch an ihren US-Standorten zu etablieren. Die AHKs in den USA unterstützen seit einigen Jahren deutsche und US-Unternehmen bei der Etablierung dualer Berufsausbildung in den USA (z.B. durch das ICATT- und GACATT-Programm), um den Fachkräftemangel zu überbrücken und wettbewerbsfähiges Personal selbst auszubilden.

Darüber hinaus bestehen signifikante interkulturelle Unterschiede zum europäischen Markt, die unbedingt beachtet werden müssen. Vlatko Tomic-Bobas, Investment Promotion Director, Europe bei der Michigan Economic Development Corporation (MEDC), teilte mit, dass er den kulturellen Unterschied zwischen Deutschland und dem US-Markt für viele Unternehmen als Hindernis sieht. Seiner Meinung nach ist der US-Markt weitgehend ein beziehungsorientierter Markt. In den USA sei es daher unerlässlich, sich innerhalb des lokalen Netzwerks zu etablieren, um durch die Vernetzung mit potenziellen US-Endkunden Beziehungen aufzubauen.²⁰³ Oftmals ist es wenig sinnvoll, einen zentralisierten Ansatz zu verfolgen und exklusiv Mitarbeiter aus dem Heimatmarkt einzustellen, da diesen die Kenntnis über lokale Gegebenheiten fehlen. Manchmal können sogar Kleinigkeiten wie der Unterschied zwischen dem metrischen System und den angelsächsischen Maßeinheiten oder abweichende Arbeitsgesetze zu Hindernissen beim Markteintritt führen. Idealerweise empfiehlt sich daher, lokale Mitarbeiter einzustellen und zeitgleich, wenn möglich, Mitarbeiter aus dem Heimatland zu entsenden.

Die COVID-19-Pandemie hat die Hersteller auf unerwartete und beispiellose Weise getroffen. Zum ersten Mal in der modernen Produktionsgeschichte sind Nachfrage, Angebot und Verfügbarkeit von Arbeitskräften weltweit fast gleichzeitig betroffen. Laut einer im März 2020 von der National Association of Manufacturers veröffentlichten Umfrage sind 35,5 % der US-Hersteller mit Unterbrechungen der Lieferkette konfrontiert.²⁰⁴ Infolgedessen werden die US-Hersteller als Antwort auf diese aktuellen Herausforderungen stärker im Inland einkaufen. Darüber hinaus bietet das USMCA-Abkommen US-Herstellern auch Anreize, von nordamerikanischen Lieferanten zu kaufen. Diese aktuellen Entwicklungen könnten eine zusätzliche Hürde für deutsche Unternehmen darstellen, die auf den US-Markt drängen.

7.4 Chancen für deutsche Unternehmen

Neben den aufgeführten Markteintrittsbarrieren, die es beim US-Markteintritt zu berücksichtigen gilt, gibt es auch eine Reihe von Chancen in der US-Automobil und Luftfahrtindustrie, und im Speziellen im Leichtbaubereich. Der Markt ist generell offen für neue und innovative Produkte und Technologien.

Wie bereits erwähnt, wirken sich die Trends in der Automobil- und Luft- und Raumfahrtindustrie direkt auf den Bedarf an leichteren Materialien aus. Im Zuge der Entwicklung und des anhaltenden Wandels der Branche haben deutsche Unternehmen ein enormes Potenzial, kostengünstige und gewichtssparende Lösungen anzubieten, z.B. für kraftstoffeffizientere Flugzeuge und Autos sowie Elektrofahrzeuge.

Durch den signifikanten Wandel in Bezug auf die verwendeten Materialien im Bereich Leichtbau in der Automobilindustrie, die vorrangig die Wertschöpfungskette betreffen, sowie durch die hohe Varianz und Vielfalt der einsetzbaren Werkstoffe, ergeben sich eine Reihe an Herausforderungen, aber auch große Chancen für die unterschiedlichen Marktakteure in dem Automobil und Luftfahrtindustrie, die ein großes Potenzial haben, die Industrie langfristig zu verändern.

²⁰¹ Vgl. US Tax Center at IRS.com (2019): [Tax Preparation Costs and Fees](#), abgerufen am 31.08.2020

²⁰² Vgl. Deloitte (2018): [Skills gap in manufacturing study](#), abgerufen am 24.08.2020

²⁰³ Gespräch mit Vlatko Tomic-Bobas, Investment Promotion Director, Europe, Michigan Economic Development organization vom 27.07.2020

²⁰⁴ Vgl. National Association of Manufactures (2020): [Manufacturers' Survey Reveals Current Industry Impact of COVID-19](#), abgerufen am 24.08.2020

Zulieferer

Wie in Kapitel 3 dargelegt, gibt es zahlreiche Chancen für deutsche Unternehmen in der Leichtbauindustrie, speziell im Zusammenhang mit Verbundwerkstoffen. Es gibt Chancen für Berechnungswerkzeuge für Verbundwerkstoffe in der technischen Auslegung, sowie Chancen für innovative Lösungen rund um die Verbindungstechnik. Zudem stehen die USA nach Ansicht von Branchenexperten beim Thema Recycling von Kohlefaserverbundwerkstoffen hinter Deutschland, woher sich hier Großes Potenzial ergibt, deutsches Know-How zu diesem wichtigen Thema zu exportieren.

Der US-Automobil und Luftfahrtmarkt bietet Zulieferern aufgrund seiner Größe allein enorme Entwicklungs- und Wachstumsmöglichkeiten. Der Markt ist für neue Technologien aufgeschlossen, besonders wenn diese Ideen helfen Geld einzusparen, die Sicherheit zu erhöhen oder die Effizienz der Fahrzeuge zu steigern.

Die Werkstoffindustrie wird aufgrund von steigenden Volumen und Preisen (bspw. Hochleistungsstahl und Aluminium) profitieren. Neue Werkstoffzulieferer können hervortreten, vorrangig im Bereich von Kohlefasern, wobei traditionelle Stahlzulieferer sinkende Einnahmen verzeichnen werden, wenn sie keine Hochleistungsstähle liefern können.

Maschinenbauer

Maschinenbauer werden von den Marktveränderungen profitieren, da neue Produktionstechnologien und neue Werkzeuge für Leichtbaumaterialien die Herstellung neuer Leichtbauprodukte gefordert sind, die Durchlaufzeiten/ Taktzeiten reduzieren und damit eine hohe Nachfrage in der Industrie schaffen.

IACMI bietet Unternehmen mit innovativen Maschinen und Anlagen für die Produktion von Verbundwerkstoffen Partnerschaften an. Bei dieser Partnerschaft bekommt das Unternehmen die Möglichkeit seine Maschine in IACMIs Räumlichkeiten aufzustellen. IACMI wird die Maschine dann für Projekte mit Industriepartnern nutzen. Als Gegenleistung kann das Unternehmen die IACMI-Räumlichkeiten für Maschinenvorfürungen mit Kunden nutzen, bekommt aber auch Zugriff auf die weiteren Maschinen, die IACMI zur Verfügung stehen, für eigene Projekte. Diese Option bietet deutschen Unternehmen von Verbundwerkstoffmaschinen einen guten Markteinstieg in der US-Automobilindustrie. Automobilhersteller und -zulieferer, welche mit IACMI an neuen Produkten und Methoden forschen bekommen somit einen Eindruck von den Fähigkeiten der Maschinen und können diese für die eigene Produktionsplanung erwägen.

Neben der Herstellung und Verwendung neuer Werkstoffe wird durch das Verwenden von Verbund- und Kunststoffwerkstoffen auch die Entsorgung und Wiederverwertung der verwendeten Materialien ein wichtiges Thema. Das Recycling von Kohlefaserverbundwerkstoffen ist nach wie vor eine der größten Herausforderungen des CFK-Marktes. Daraus ergibt sich allerdings auch ein großes Feld von neuen Möglichkeiten

7.5 Einstiegs- und Vertriebsinformationen

Vielen deutschen Unternehmen, die bereits Erfahrungen im Geschäft mit den USA haben, sind die bedeutenden Unterschiede zwischen deutschen und amerikanischen Verkaufsstrategien bereits bekannt. Im Folgenden werden diese Besonderheiten und der empfohlene Umgang mit ihnen im Detail erklärt.

7.5.1 Verkaufsstrategien

Vertriebsaktivitäten in den USA fokussieren sich in der Regel stärker auf die praktischen Vorteile des Produktes als auf die technischen Eigenschaften im Detail. Während in Deutschland jede Berechnung akribisch überprüft wird, spielt in den USA das Gesamtpaket der Verkaufsargumente und die daraus für den Käufer entstehenden greifbaren Kosten- und Effizienzvorteile die entscheidende Rolle.

Grundsätzlich ist im US-Leichtbausektor die Nachfrage für marktfertige Komplettlösungen deutlich höher als die Nachfrage zu technologisch hochentwickelten, aber teuren Innovationen, die häufig als „over-engineered“, also „über-entwickelt“ wahrgenommen

werden.²⁰⁵ Die Kundennachfrage ist nicht ausreichend hoch, um zusätzliche Entwicklungs- und/oder Produktionskosten für hochkomplexe Teile rechtfertigen zu können. Weitere Hemmnisse, die für eine erfolgreiche Vertriebsstrategie berücksichtigt werden müssen, sind die grundsätzlichen Beschaffenheiten des US-Leichtbaumarktes, die sich von denen den deutschen zum Teil stark unterscheiden. So können z.B. aufgrund des kompetitiven Umfelds bestehende Preisniveaus nicht aufrechterhalten werden, wohingegen die Produktvolumina signifikant höher als in Europa sind.

Kaufentscheidungen in der US-Leichtbaubranche basieren wie in Europa auf Technologie, Preis und guten Beziehungen zwischen dem Kunden und dem Lieferanten. Bei der Kaufentscheidung spielen alle drei Aspekte eine Rolle, dennoch haben verschiedene Branchenexperten bei Gesprächen mit der AHK USA-Atlanta und AHK USA-Chicago darauf hingewiesen, dass der Preis in den USA einen größeren Einfluss hat als in Europa. Der Einkauf hat dementsprechend generell viel mehr Einfluss auf die ausgewählten Produkte als die Fachabteilungen. US-Amerikaner haben generell gerne das Gefühl, einen guten Deal gemacht zu haben und ohne den richtigen Preis anzubieten, haben Unternehmen in den USA geringe Chancen, mit der Technologie und mit Details allein zu überzeugen. Es ist daher ausgesprochen wichtig, nicht nur ein erstklassiges Produkt, sondern auch ein überzeugendes Gesamtpaket anzubieten.

Dies spiegelt sich in Ausschreibungsverfahren von Zulieferern in den USA wider: Europäische Firmen schließen in ihren Preisen oft Sicherheitszuschläge ein, die es erlauben im Falle von Änderungen aufgrund von Kundenwünschen nicht gleich den Preis anpassen zu müssen. US-Mitbewerber bieten hingegen den allerniedrigsten Preis an und erhöhen den Preis erst nach gefragten Änderungen vom Kunden. Das Verständnis der hohen Preissensibilität im US-Markt ist daher unerlässlich für deutsche Zulieferer, die an US-Hersteller und Zulieferer verkaufen möchten.

Was die Herangehensweise an neue Kunden anbelangt, so empfehlen die AHKs in Chicago und Atlanta, zunächst einen Fokus auf persönliche Beziehungen als Türöffner zu neuen Kunden zu setzen. Daher sollten Konferenzen, Messen und Networking-Veranstaltungen genutzt werden, um gezielt neue Kontakte aufzubauen. Aus Erfahrungswerten ist es empfehlenswert, hier Ausdauer zu beweisen: in der Regel sind mehrere informelle Interaktionen mit neuen Kontakten notwendig, beispielsweise durch wiederholte Besuche von Messeständen oder informelle Gespräche, bevor ein Unternehmen zu einer Verkaufspräsentation eingeladen wird.

Diese Beziehungen müssen allerdings nicht unbedingt von null aufgebaut werden – es empfiehlt sich, bereits bestehende Kontakte nach einer „Introduction“ zu fragen, um bereits auf der bestehenden Zusammenarbeit eines Kontaktes aufbauen zu können. Die Zusammenarbeit mit Sales Reps bietet die Vorteile, auf das bestehende Netzwerk des Handelsvertreters (siehe Kapitel 8.5.2.) zugreifen zu können. Bei der Einstellung von Vertriebsmitarbeitern sollte daher besonders auf die Beziehungen der Kandidaten zu potenziellen Kunden geachtet werden. Darüber hinaus sind die AHKs natürlich auch immer gerne bereit, Kontakte zu Unternehmen herzustellen.

Sobald die Kontakte hergestellt sind und ein erstes Treffen stattgefunden hat, empfiehlt es sich mit den Kontakten durch mehrmalige Follow-Up Maßnahmen per E-Mail oder Telefon weiterhin im Dialog zu bleiben und den bestehenden Kontakt aufrechtzuerhalten. Auch wenn kein unmittelbarer Bedarf besteht, können sich immer weitere neue Möglichkeiten ergeben.

7.5.2 Handelsvertreter

Handelsvertreter, auch Sales Reps oder Manufacturer's Agents genannt, sind gewöhnlich als Vertriebspersonal bei einer Sales-Agentur eingestellt. In der Regel vertritt eine Rep-Agentur ca. 5 bis 20 verschiedene Hersteller, welche als Principals bezeichnet werden. Ein Rep bedient gewöhnlich eine geografische Region von mehreren Bundesstaaten, z.B. im Süden das deutsche Dreieck um Georgia, welches Teile von Tennessee, Alabama und South Carolina beinhaltet. Bei einem Angebot, das die ganzen oder bestimmten Teile der USA abdecken soll, ist es ratsam im Vorfeld eingehend zu prüfen, ob die Agentur Reps in allen Zielregionen zur Verfügung stellen kann und über passende Kontakte zu Kunden verfügt.

Einer der entscheidenden Vorteile der Zusammenarbeit mit Sales Reps liegt darin, dass diese oft ein bestehendes Kontaktnetzwerk und Geschäftsbeziehungen in der Zielregion haben. Dies ermöglicht es, schnell und gezielt Zugang zu einem großen Kundenkreis zu gewinnen und so Produkte und Dienstleistungen schneller und effizienter vermarkten zu können. Ein weiterer Vorteil ist, dass Sales Reps bereits US-Marktkenntnisse und Erfahrung im Verkauf besitzen, insbesondere in Bezug auf die US-Geschäftskultur. Einen weiteren Vorteil bringt die Vielfalt an Verkaufsgesprächen, in denen die Reps oftmals Feedback über verschiedene Produkte bekommen und so zukünftige Trends erkennen und dementsprechend Verkaufspräsentationen an die Wünsche des Kunden anpassen können.²⁰⁶

²⁰⁷

²⁰⁵ Vgl. Experteninterview mit Adam Halsband, Managing Director von Forward Engineering North America am 30.06.2020

²⁰⁶ Vgl. Entrepreneur Media Inc. (2004): [Starting a Business as a Manufacturer's Rep](#), abgerufen am 27.07.2020

²⁰⁷ Vgl. Inc.com (2010): [How to Work With Independent Sales Reps](#), abgerufen am 27.07.2020

Grundsätzlich sind die Kosten für Sales Reps i.d.R. geringer als die für Eigenpersonal. Einige Reps berechnen eine monatliche Gebühr für ihre Dienste, sogenannte „territory development fees“ oder „retained service fees“. Da in den USA meist auf Provisionsbasis gearbeitet wird, tragen die Reps vorwiegend das Risiko des Scheiterns der Vermittlungsbemühungen. Typische Provisionen bei Rahmenverträgen liegen zwischen 1,5% bis 2,5% je nach Auftragsgröße, wohingegen bei Prototypen, Kleinserien und Werkzeugen die Provisionen typischerweise zwischen 10-20% variieren. Jedoch ist es auch im Direktvertrieb üblich, dass zzgl. zum Basisgehalt auf Provisionsbasis gearbeitet wird.

Es gibt jedoch auch gewisse Nachteile beim Einsatz von Sales Reps, die in Erwägung gezogen werden sollten. Dazu zählen die Nachhaltigkeit der Geschäftsbedingungen, z.B. durch Personalwechsel, weniger Kontrolle und Transparenz der Vertriebsaktivitäten, Loyalität zum Auftragsgeber und die Vermittlung der Unternehmens- oder Servicekultur. Es wird daher geraten, die Auswahl von Handelsvertretern mit großer Vorsicht zu gestalten, genau wie bei der Einstellung von eigenem Personal. Es werden mehrere Gesprächsrunden empfohlen, sowie die Überprüfung von Referenzen und die Integration in die Verkaufsverfahren des Herstellers, Festlegung der zu erreichenden Ziele, etc. Die Erfahrung der AHK USA-Atlanta und AHK USA-Chicago hat gezeigt, dass sich besonders technische oder erklärungsbedürftige Produkte nicht effektiv durch Dritte verkaufen lassen und daher nicht jedes Produkt durch einen externen Sales Rep vertrieben werden sollte. Aus diesen Gründen ziehen die meisten Unternehmen den Direktvertrieb vor, welcher im Folgenden näher vorgestellt wird.

7.5.3 Direktvertrieb

Der Großteil der Leichtbaumaterialunternehmen in den USA nutzt den Direktvertrieb mit eigenem Vertriebspersonal. Gründe hierfür sind, dass dies langfristig bestimmte Preisvorteile mit sich bringen kann, da z.B. die Provisionskosten im Vergleich zum Handelsvertreter niedriger ausfallen oder komplett ausbleiben. Ferner kann das Vertriebspersonal eine dauerhafte Beziehung mit den Kunden aufbauen, was insbesondere in der schnelllebigen Automobilbranche die Kundenbindung und dementsprechend die Umsatzzahlen erhöhen kann. Die Beziehung zum Kunden spielt in den USA neben dem Preis eine zentrale Rolle im Kaufentscheidungsprozess. Generell erwarten US-Kunden eine hohe Serviceleistung und enge Betreuung.

Aus Sicht des vertretenen Herstellers investieren Handelsvertreter oft zu wenig Zeit in den Aufbau der neuen Beziehung mit dem Kunden, stattdessen liegt der Fokus eines Handelsvertreters auf dem Produktportfolio und dem schnellen Auftragsabschluss. Des Weiteren erhöht sich im Direktvertrieb der Einfluss auf die Aktivitäten des eigenen Mitarbeiters, womit maßgeblich der Erfolg mitbestimmt werden kann. Es ist wichtig zu bedenken, dass der Vertriebsmitarbeiter das sogenannte „face to the customer“ des Unternehmens ist und daher eine hohe Verantwortung hat, das Unternehmen positiv zu repräsentieren. Eine Kaufentscheidung in den USA setzt persönliches Vertrauen des Zulieferers voraus, d.h. die persönliche Beziehung ist in den USA essenziell.²⁰⁸

Nachteile dieser Verkaufsstrategie sind die hohen Kosten, die durch die Einarbeitungszeit zu Beginn anfallen. Zunächst muss in die Selektion, Einarbeitung und Betreuung der Verkaufsmitarbeiter investiert werden, damit das Geschäft in den USA erfolgreich angestoßen werden kann. Es bedarf Zeit, Einsatz und nicht zuletzt finanzielle Investitionen, um gute und langfristige Beziehungen mit amerikanischen Partnern und Kunden aufzubauen. Es ist nicht ungewöhnlich, dass sich der Kunde erst nach mehreren Kontakten auf ein Verkaufsgespräch einlässt, weshalb Geduld und zielgerichtetes Networking unerlässlich sind.

Generell werden die Unterschiede zwischen der deutschen und der US-amerikanischen Kultur und Mentalität oft unterschätzt. Aufgrund dieser Erfahrungen ist es eine ausgesprochen wichtige Entscheidung, US-amerikanisches Vertriebspersonal einzustellen. Die Rekrutierung lokaler Mitarbeiter auf dem US-Markt ist daher in der Regel aus kulturellen Gründen empfehlenswert – darüber hinaus erspart dieser Schritt ebenfalls den häufig langwierigen und komplizierten Visumsprozess für die Entsendung deutscher Mitarbeiter. Lokale Mitarbeiter haben den Vorteil, die Geschäftsbräuche vor Ort zu kennen und keine sprachlichen- oder interkulturellen Barrieren zu haben, während deutsche Entsandte oft schon Erfahrung mit dem Produkt mitbringen, einfacher innerhalb des deutschen Unternehmens kommunizieren können und als Ansprechpartner für deutsche Kunden in den USA dienen können.

7.5.4 Finanzierungsmöglichkeiten

Die meisten finanziellen Wirtschaftsförderungsinstrumente zur Anlockung von Investitionen werden in den USA auf der Ebene der Bundesstaaten sowie den untergeordneten Gemeinden und Bezirken eingesetzt.²⁰⁹ Seit dem 22. Dezember 2017 besteht das Qualified Business Income Deduction (QBID) Programm, welches allerdings keine expliziten steuerlichen Vorteile für fertige Unternehmen vorsieht.²¹⁰ Dennoch gibt es auch auf nationaler Ebene einige Förderinstrumente, die bei Investitionsprojekten im Automobilbereich und der Luftfahrttechnikbranche unterstützend wirken können. Die Maßnahmen auf nationaler Ebene sind in der Regel jedoch

²⁰⁸ moderiertes Gespräch mit mehreren Vertretern deutscher Zulieferer beim Deutsch-Amerikanischen Wirtschaftstag 2013

²⁰⁹ Vgl. Manufacturing.gov (2019): [Programs](#), abgerufen am 21.08.2020

²¹⁰ Vgl. Internal Revenue Service (IRS) (2020): [Qualified Business Income Deduction](#), abgerufen am 30.07.2020

nicht von finanzieller Natur.²¹¹

SelectUSA

SelectUSA ist eine Initiative, mit der das US-Wirtschaftsministeriums den Wirtschaftsstandort USA vermarktet und Investitionen aus dem In- und Ausland anziehen möchte. SelectUSA bietet verschiedene Serviceleistungen für Unternehmen, die eine Investition in den USA erwägen. Zu den Serviceleistungen zählen beispielsweise die Bereitstellung von Daten und Datenbanken, die Vermittlung von wichtigen Kontakten, oder die Verfügbarkeit von Informationen zu wichtigen regulatorischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen der USA.

Homepage: <https://www.selectusa.gov/services-for-companies>

National Institute of Standards and Technology's Hollings Manufacturing Extension Partnership (MEP)

Das MEP ist ein landesweites Netzwerk von Kompetenzzentren, die verschiedene Serviceleistungen für kleine und mittelständige Hersteller in den USA anbieten. Zu den Serviceleistungen zählen beispielsweise die Entwicklung von Innovationsstrategien, Effizienzsteigerungen in der Produktion, oder Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter.

Homepage: <https://www.nist.gov/mep>

Sustainable Manufacturing Clearinghouse (SMC)

Das SMC ist eine zentrale Informationsplattform für Subventionen an Hersteller mit nachhaltigen Produktionslösungen in den USA. Die Plattform beinhaltet Finanzierungs- und Subventionsprogramme von verschiedenen US-Ministerien.

Homepage: <https://archive.epa.gov/sustainablemanufacturing/web/html/clearinghouse.html>

American Center for Mobility (AMC)

Das AMC ist eine Kollaboration des Bundesstaates Michigan mit der lokalen Industrie und Forschung, mit dem Fokus auf eine Beschleunigung der Entwicklungen des Mobilitätssektors durch Forschung und Entwicklung, Tests, die Entwicklung neuer Standards und Fortbildungsmöglichkeiten. Neben einem Technologiepark und einem Testzentrum bietet das AMC seinen Mitgliedern auch die Vermittlung von Fördergeldern des Bundesstaates Michigan an.

Homepage: <https://www.acmwillowrun.org/>

Förderprogramme auf regionaler Ebene

Regionale Investitionsanreize und Steuererleichterungen werden in der Regel auch auf regionaler Ebene verwaltet. Ein Verzeichnis aller regionalen Wirtschaftsentwicklungsorganisationen in den USA auf der Seite des US-Wirtschaftsministeriums zu finden.

Homepage: <https://www.eda.gov/resources/>

7.6 Handlungsempfehlungen

Wie bereits in der SWOT-Analyse aufgezeigt, bietet der US-Leichtbausektor sehr gute Absatzchancen für deutsche Unternehmen. „Made in Germany“ wird als Qualitätsmerkmal bewertet und bietet oftmals einen Vertrauensvorsprung. Für den erfolgreichen Einstieg in den US-Markt sind viele Faktoren entscheidend – Erfolg oder Scheitern hängen vom Zusammenspiel vielfältiger einzelner unternehmerischer Entscheidungen ab. Zusammenfassend sind im Besonderen folgende Erfolgsfaktoren maßgeblich:

- Bestehender kurz-, mittel- und langfristiger Businessplan
- Marktkenntnisse (regionale Marktgegebenheiten, Konkurrenz/Mitbewerber, Distributionswege, wichtige Verbände, Messen, Multiplikatoren etc.)
- Ausreichende Finanzierung und Investitionsbereitschaft für eine lange Aufbauphase
- Realistische Ziele (z.B. bei Markteintritt keine nationale US-Markterschließung, sondern regionales Wachstum und Aufbau von Referenzkunden)
- Richtige Personalauswahl (bspw. Einstellen amerikanischer Mitarbeiter im Vertrieb und Marketing)
- Kenntnisse des Wettbewerbsumfelds und Abgrenzung von Alleinstellungsmerkmalen
- Interkulturelles Management
- Richtige Standortwahl (strategische Ansiedlung in Vergleich zu kurzfristigen Anreizprogrammen)
- Wachsender Kundenstamm und Customer-Relationship-Management
- Kontrolliertes Wachstum und Koordination von Absatzschwankungen

Deutsche Leichtbaumaterialzulieferer, die den US-Markteinstieg wagen wollen, aber auch Unternehmen, die schon langjährig in den USA etabliert sind, müssen für ihre Produkte und Dienstleistungen stets berücksichtigen, wie sie sich im Markt positionieren und wie

²¹¹ Vgl. Select USA (2019): [Federal Programs and Incentives](#), abgerufen am 30.07.2020

die oben genannten Faktoren zu priorisieren sind. Für Unternehmen in der Startup-Phase ist neben ausreichender Marktkenntnis eine US-Präsenz von großer Bedeutung. Amerikanische Geschäftspartner erwarten schnelle Rückmeldungen, zeitnahe Auslieferungen, eine permanente Erreichbarkeit und lokale Ansprechpartner. Exportierende Unternehmen aus Deutschland sind daher angehalten, lokale Servicepartner für technische Fragen oder Wartungs- und Reparaturdienstleistungen bereitzustellen.

Langfristig betrachtet ist eine US-Niederlassung mit eigenen Mitarbeitern in der Leichtbaubranche oft der beste Weg, sich erfolgreich im Markt zu etablieren. Dies erfordert zunächst eine hohe Investitionsbereitschaft: es fallen Kosten für Personal, Büroanmietung, zusätzliche US-Versicherungen sowie für Steuer- und Rechtsberatung an. Für den Aufbau einer neuen Produktionsstätte sind nicht nur Produktionskosten oder Grundstückspreise, sondern auch die Zeitverschiebung nach Deutschland, Lebensqualität für eventuell entsendete deutsche Mitarbeiter und die Anbindung zu nationalen und internationalen Flughäfen sehr wichtig.

Darüber hinaus sind interkulturelle Aspekte nicht zu unterschätzen. Unterschiedliche Vorgehensweisen oder Sprachbarrieren spiegeln sich in der täglichen Zusammenarbeit, bei der Personalführung, in Entscheidungsprozessen und in Projekten wider. Sowohl bei Neueinstellungen als auch bei entsendeten Mitarbeitern aus Deutschland ist eine gute Personalplanung und -entwicklung wichtig. Hierbei ist zu betonen, dass mehrere Vertreter europäischer Automobilzulieferer die Entsendung von deutschem Personal nicht für den Vertriebsaufbau empfehlen.

Duale Ausbildungsmodelle werden meist direkt in individueller Kooperation zwischen lokalen OEMs und den Schulen entwickelt. Im Rahmen der strategischen Personalplanung spielt daher die Zusammenarbeit mit lokalen Berufsfachschulen, sogenannten Community Colleges und Universitäten eine elementare Rolle, um Fach- und Nachwuchskräfte zu rekrutieren.

Die AHKs unterstützen gerne bei der US-Expansion mit Marktstudien, Geschäftspartnersuchen, bei der Einrichtung einer lokalen Geschäftspräsenz oder bei Fragen zur Standortwahl. Das Netzwerk der AHKs in Atlanta und Chicago verfügt über umfangreiche Kontakte zur US-Leichtbaubranche und bietet deutschen Zulieferern und Dienstleistern jederzeit an, dieses Netzwerk kennenzulernen.

8. Relevante Marktakteure

8.1 Automobilnetzwerk

Die nachfolgenden Tabellen enthalten Automobilhersteller und Zulieferer in Michigan und Tennessee.

Tabelle 6: Ausgewählte Automobilhersteller und Zulieferer in Michigan

Automobil-Hersteller in Michigan (OEM)	Beschreibung/Produkte
Bollinger Motors 14925 W 11 Mile Road, Oak Park, MI 48237 https://bollingermotors.com/	Produktionen: Geplant in Metropolregion Detroit
Changan US R&D Center 47799 Halyard Dr, Plymouth, MI 48170 http://www.changanus.com/	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
DAIMLER- R&D Center North America, Inc 12120 Telegraph Rd, Redford, MI 48239 https://mbrdna.com	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
FCA US 1000 Chrysler Drive Auburn Hills, MI 48326 +1 248 576 5741 www.chryslergroupllc.com	Produktionen in Großraum Detroit: <ul style="list-style-type: none"> • Detroit, MI – Dodge Durango; Jeep Grand Cherokee • Sterling Heights, MI – Ram 1500 • Warren, MI – Ram 1500 Classic; Jeep Wagoneer (2021), Grand Wagoneer (2021) • Toledo, OH – Jeep Wrangler; Jeep Gladiator; Ram Dakota (2020)
Ford Motor Co. One American Road Dearborn, MI 48126 +1 313 322 3000 www.ford.com	Produktion in Großraum Detroit: <ul style="list-style-type: none"> • Dearborn, MI – Ford F-150, Raptor • Flat Rock, MI – Ford Mustang, Shelby GT350 & 350R, Lincoln Continental • Wayne, MI – Ford Ranger • Avon Lake, OH – F-650/750 Medium Duty Trucks, F-350/450/550 Super Duty Chassis Cab, E-Series Cutaway, Stripped Chassis
GAC Research and Development Center 38555 Hills Tech Dr. Farmington Hills, MI 48331 http://www.gacrnd.com/	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
General Motors 300 Renaissance Center Detroit, MI 48265 +1 313 556 5000 www.gm.com	Produktion in Großraum Detroit: <ul style="list-style-type: none"> • Detroit, MI – Elektrofahrzeuge • Flint, MI – Heavy-Duty Chevrolet, GMC Sierra Crew, Regular Cab Trucks • Lansing, MI (2) – Cadillac CT4, Cadillac CT5, Chevrolet Camaro • Lake Orion, MI – Chevrolet Sonic, Chevrolet Bolt EV, Cruise AV test vehicles
Hino Motors 45501 Twelve Mile Road, Novi, MI 48377 http://www.hmmusa.com/index.html	Aktivitäten in Michigan: US-Headquarters in Novi, MI
Honda Research and Development 2420 Oak Valley Dr., Ann Arbor, MI 48103 https://www.hondaresearch.com/	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Hyundai America Technical Center Inc. 6800 Geddes Rd, Superior Charter Twp 48198 http://www.hatci.com/	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Isuzu Technical Center of America, Inc. 46401 Commerce Center Dr, Plymouth, MI 48170	Aktivitäten in Michigan: US-Headquarter für Forschung & Entwicklung

http://www.isuzutechcenter.com/	
Mahindra North America Technical Center 1055 W. Square Lake, Troy, MI 48098 https://www.mahindraautomotivena.com/	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Maserati North America, Inc. One Chrysler Drive Auburn Hills, MI 48326 +1 877 696 2737 www.maseratiusa.com	Aktivitäten in Michigan: US-Headquarter in Auburn Hills, MI
Mitsubishi Motors R&D of America 3735 Varsity Drive, Ann Arbor 48108 https://www.mitsubishi-motors.com/en/index.html	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Nissan Technical Center North America 39001 Sunrise Dr, Farmington Hills, 48331 www.nissanusa.com	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Rivian Headquarters 13250 North Haggerty Rd. Plymouth, MI 48170 https://products.rivian.com/	Aktivitäten in Michigan: US-Headquarter in Plymouth, MI
SAIC Motor Corporation 322 N. Old Woodward Ave., Birmingham, MI 48009 https://www.saicmotor.com/english/index.shtml	Aktivitäten in Michigan: US-Headquarter in Birmingham, MI
SERES 5220 S State Rd, Ann Arbor, MI 48108 https://www.driveseres.com/	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Subaru Research and Development 3995 Research Park Dr, Ann Arbor, MI 48108 https://www.subaru.com/	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Toyota Technical Center 1555 Woodridge Ave, Ann Arbor, MI 48105 https://www.toyota.com/usa/operations/map.html#!/MI	Aktivitäten in Michigan: Zentrum für Forschung & Entwicklung
Volkswagen Group of America Inc. 3800 W Hamlin Rd, Auburn Hills, MI 48326 http://www.volkswagengroupamerica.com/	Aktivitäten in Michigan: Customer relations & after sales support center, EEO
Automobil-Zulieferer in Michigan	Beschreibung/Produkte
Adient (ehem. Johnson Control Automotive) 49200 Halyard Drive Plymouth, MI 48170 www.adient.com	Sitze, Sitzsysteme & Komponenten
AGC Automotive Americas 34505 W. Twelve Mile Road, Ste. 300 Farmington Hills, MI 48331 www.agc-automotive.com	Glassysteme
Aisin World Corp. of America 15300 Centennial Drive Northville, MI 48168 www.aisinworld.com	Karosserie, Bremsen und Fahrgestellsysteme, Elektronik, Antriebsstrang und Motorkomponenten
American Axle & Manufacturing Holdings Inc. One Dauch Drive	Antriebsstrangsysteme und verwandte Komponenten

Detroit, MI 48211
www.aam.com

<p>American Mitsuba Corp. 2945 Three Leaves Drive Mount Pleasant, MI 48858 www.americanmitsuba.com</p>	<p>Scheibenwischersysteme, elektrische Fensterheber, starter Motor, Lüftungsmotoren, Sitzverstellmotoren, Dachfenstermotoren, elektrische Schiebetüren, elektrische Heckklappensysteme</p>
<p>Autoliv North America 1320 Pacific Drive Auburn Hills, MI 48326 www.autoliv.com</p>	<p>Airbags, Sicherheitsgurte, Sicherheitselektronik, Lenkrad, Bremskontrollsysteme, Radar und Nachtsichtkamarasysteme</p>
<p>Autoneum North America 29293 Haggerty Road Novi, MI 48377 www.autoneum.com</p>	<p>Motorabdeckung, Motordämmung, Wasserboxabschirmung, Teppiche und Bodenmatten, Unterbodenabdeckung, Hitzeableitungsbleche, Isolierungen, Radhausabdeckung, Stoßdämpfer</p>
<p>BENTELER Automotive Corp. 2650 N. Opdyke Road, Bldg. B Auburn Hills, MI 48326 www.benteler.com</p>	<p>Full-service supplier, Fahrwerkskomponenten- und module, Motor- und Abgassysteme, Strukturbauteile, Leichtbaulösungen, Lösungen für die Elektromobilität</p>
<p>BorgWarner Inc. 3850 Hamlin Road Auburn Hills, MI 48326 www.borgwarner.com</p>	<p>Turbocharger, Ventilsteuerzeitsysteme, Zündungssysteme, Schadstoffsysteme, Wärmemanagementsysteme, GetriebeKupplungssysteme, Getriebekontrollsysteme, Drehmomentmanagementsysteme, elektrische Rotationsmaschinen</p>
<p>Bridgewater Interiors 4617 W. Fort St. Detroit, MI 48209 www.bridgewater-interiors.com</p>	<p>Sitzsysteme</p>
<p>Brose North America Inc. 3933 Automation Ave. Auburn Hills, MI 48326 www.brose.com</p>	<p>Fensterheber, Türmodule, Sitzstrukturen und -komponenten</p>
<p>CIE Automotive USA Inc. 15030 23 Mile Road Shelby Township, MI 48315 www.cieautomotive.com</p>	<p>Motor- und Antriebsstrangbauteile, Fahrgestell- und Lenkungs-komponenten, Exterieur und Interior Bauteile, Dachsysteme</p>
<p>Continental Automotive Systems U.S. Inc. One Continental Drive Auburn Hills, MI 48326 www.conti-online.com</p>	<p>Fahrassistenzsysteme, elektronische Bremsen, Stabilitätsmanagementsysteme, Reifen, Bremsen, Karosseriesysteme, Sicherheitssysteme, Elektronik, Telematik, Antriebsstrangelektronik, Interieurmodule, Instrumente, technische Kunststoffe</p>
<p>Cooper-Standard Automotive 39550 Orchard Hill Place Drive Novi, MI 48375 www.cooperstandard.com</p>	<p>Gummi- und Kunststoffdichtungen, Kraftstoff- und Bremsleitungsrohre, Schwingungsdämpfungssysteme</p>
<p>Delphi Automotive Systems 5725 Delphi Drive Troy, MI 48098 www.delphi.com</p>	<p>Antriebsstrang, Sicherheits- und Kontrollsysteme, elektrische und elektronische Lösungen sowie Entertainmenttechnologien</p>
<p>Dow Automotive/Related Businesses 1250 Harmon Road Auburn Hills, MI 48326 www.dowautomotive.com</p>	<p>Glasverbindungsklebstoffe, Strukturklebstoffe, Epoxidverbundwerkstoffe</p>
<p>Dura Automotive System 1780 Pond Run Auburn Hills, MI 48326 www.duraauto.com</p>	<p>Mechatronische Kontrollsysteme inklusive Shift-by-Wire Systeme, Elektronische Systeme, Aktuatoren und fortgeschrittene Fahrassistenzsysteme (ADAS), Leichtbaukarosseriesysteme inklusive Multimaterialsystemten, Exterieursystemen, dekorativen und Elektronisch</p>
<p>Eberspaecher North America Inc. 29101 Haggerty Road Novi, MI 48377 www.eberspaecher.com</p>	<p>Schalldämpfer, Katalysatoren, Filter, Krümmer, Fahrzeugheizsysteme</p>
<p>Faurecia</p>	<p>Sitze, Schadstoffkontrolltechnologien, Interieursysteme</p>

2800 High Meadow Circle Auburn Hills, MI 48326 www.na.faurecia.com	
Federal-Mogul 27300 W. 11 Mile Road Southfield, MI 48034 www.federalmogul.com	Kolben, Ringe, Zylinderlaufbuchsen, Zündung & Zündkerzen, Wälzlager, Ventiltrieb, Dichtungsringe, Abdichtungen, Wärmeableitung, heat shields, Bremsreibbeläge, Beleuchtung, Scheibenwischer, Kraftstoffpumpen
Gentex Corp. 600 N. Centennial St. Zeeland, MI 49464 www.gentex.com	Interieur und Exterieur, dimmende Rückspiegel, fortgeschrittene elektronische Komponenten, SmartBeam HBA und DFL Lichtassistent, Rückfahrkameraabildschirme, Kompass, LED Blinker, toter Winkel Assistent und weitere Fahrassistenzsysteme
Gestamp North America 2701 Troy Center Drive, Ste. 150 Troy, MI 48084 www.gestamp.com	Metallkomponenten- und module, Body-in-white, Fahrwerke
GKN Driveline 2200 North Opdyke Road Auburn Hills, MI 48326 www.gkndriveline.com	Antriebsgelenkwellen, Antriebswellen und AWD, pulvermetallurgische Motor- und Getriebebauteile, Struktur- und Fahrwerksbauteile
Grupo Antolin North America Inc. 1700 Atlantic Blvd. Auburn Hills, MI 48326 www.grupoantolin.com	Überkopfsysteme, Türmodule und -verkleidungen, Fensterheber, Innen- und Aussenbeleuchtung
Hanon Systems USA One Village Center Drive Van Buren Township, MI 48111 www.hanonSysteme.com	Wärme- und Energiemanagement, Klimaanlage und Lüftungen, Kompressoren, Flüssigkeitstransport, Antriebsstrangkühlung, Wärme- und Abgassysteme für Hybride, Verbrennungsmotoren und Elektromotoren, Kraftstoffzellen und autonomes Fahren
HELLA Corporate Center USA Inc. 43811 Plymouth Oaks Blvd. Plymouth, MI 48170 www.hellausa.com	Elektronik, Lichtbauteile und Systeme
Hyundai Mobis 46501 Commerce Center Drive Plymouth, MI 48170 www.en.mobis.co.kr	Module, Bremsen, Lenkung, Fahrwerke, Airbags, Leuchten und Elektronik
IAC Group 28333 Telegraph Road Southfield, MI 48034 www.iacgroup.com	Cockpits inklusive Instrumententafel, Konsolen, Türen, Himmel und andere Überkopfsysteme, Bodenbeläge und Akustikdämmung
Inalfa Roof Systems USA 1370 Pacific Drive Auburn Hills, MI 48326 www.inalfarofSysteme.com	Karoseriesysteme, Interieursysteme, Exterieur-Karoseriesysteme, Elektronische Bauteilsysteme, Sitzsysteme
Inteva Products 1401 Crooks Road Troy, MI 48084 www.intevaproducts.com	Schließsysteme, Interieursysteme, Dachsysteme, Motoren, elektronische Systeme
JATCO USA Inc. 38700 Country Club Drive, Farmington Hills, MI 48331 www.jatco.co.jp	Automatikgetriebe, stufenlose Automatikgetriebe
Johnson Electric North America 47660 Halyard Drive Plymouth, MI 48170 https://www.johnsonelectric.com/en	Lüftermodule, Motor- und Getriebeölpumpen, Motor Stellantriebe und Ventile, Lenkungsmotoren, Klima- und Beleuchtungsstellantriebe, elektrische Motoren, Schalter, Magnete, flexible Schaltungsträger
Kautex Textron North America 750 Stephenson Hwy. Troy, MI 48083 www.kautex.com	Benzintanksysteme, klare Sicht Systeme, selektive katalytische Reduktionssysteme, Nockenwellen

Kongsberg Automotive 27275 Haggerty Road Novi, MI 48377 www.kongsbergautomotive.com	Gangschaltungssysteme, Antriebsstrang- und Fahrgestellsbauteile, Kabelsteuerung, Sitzkomfort- und klimalösungen, Flüssigkeitstransfersysteme, Bremskupplungen
Lear Corp. 21557 Telegraph Road Southfield, MI 48033 www.lear.com	Sitze und elektrische Verteilersysteme
Magneti Marelli Holding USA 3900 Automation Ave. Auburn Hills, MI 48326 www.magnetimarelli.com	Beleuchtung, Antriebsstrang, Elektronik, Fahrwerkssysteme, aktive und passive Stoßdämpfer, Abgassysteme, Kunststoffbauteile
Mahle Industries Inc. 23030 Mahle Drive Farmington Hills, MI 48335 www.mahle.com	Kolbensysteme, Zylinderkomponenten, Ventiltriebsysteme, Luft- und Flüssigkeitenmanagementsysteme, Fahrzeugklimatisierung, Klimakompressoren, Motor- und Antriebsstrangkühlung, Batteriekühlung, Aktuatoren, elektrische Antriebe, Anlassmotoren, Lichtmaschine
Mando America Corp. 29930 Hudson Drive Novi, MI 48377 www.mando.com	Bremsen, lenkung, Aufhängung, Radar, Kameras, Ultraschall, onboard Ladegeräte, hochautomatisierte Fahrassistenzsysteme
Nemak North America Two Towne Square, Ste. 300 Southfield, MI 48076 www.nemak.com	Antriebsstrang, Strukturbauteile, Elektromobilitätkomponenten
Nexteer Automotive 3900 E. Holland Road Saginaw, MI 48601 www.nexteer.com	elektrische Lenkungssysteme, hydraulische Lenkungssysteme, Lenkungsäulen und Gelenkwellen
NHK International Corp. 46855 Magellan Drive Novi, MI 48377 www.nhkspg.co.jp	Stabilisatoren, Spiralfedern, Sitz- und Ventulfedern
NSK Americas Inc. 4200 Goss Road, P.O. Box 134007 Ann Arbor, MI 48105 www.nskamericas.com	Wälzlager, Nabenlagerung, Lenksäulen, elektrische Servolenkung, Automatikgetriebeprodukte
Omron Automotive Electronics Inc. 29185 Cabot Drive Novi, MI 48377 www.omronauto.com	Elektronische Kontrolleinheiten, schlüsselloser Zugang, Schalter, Schließkontrolle, Elektronische Steuersysteme
Pioneer Automotive Technologies Inc. 22630 Haggerty Road Farmington Hills, MI 48335 www.pioneerElektronik.com	Audio und Video Entertainmentsysteme, Navigationssysteme
Piston Group 12723 Telegraph Road Redford Twp., MI 48239 www.pistongroup.com	elektrische Batterien, Kühlsysteme, Kühlergrillmodule, Instrumententafel, Sitzbezüge, Sonnensvisiere, Armablagen, Spritzgussbauteile, komplette Klimaanlageeinheiten
Plastic Omnium Co. 2710 Bellingham Road, Ste. 400 Troy, MI 48083 www.plasticomnium.com	Armaturen Brett, Frontmodule, Heckmodule, Kotflügel, Karosseriebleche, Kraftstoffsysteme
Rassini International 14500 Beck Road Plymouth, MI 48170 www.rassini.com	Blattfedern, Parabellfedern, Spiralfeder, Bremssystemkomponenten
Rheinmetall Automotive 975 S. Opdyke Road, Ste. 100 Auburn Hills, MI 48326 www.us.rheinmetall-automotive.com	Kolben, Abgasüberwachungssysteme, Öl- und Wasserpumpen, Motorblöcke, Krümmer, Wälzlager

Robert Bosch 38000 Hills Tech Drive Farmington Hills, MI 48331 www.boschusa.com	Benzin, Diesel und elektrische Antriebssysteme, Karoseriesysteme, Antriebe, Multimedia, Elektronik, Batterien
Schaeffler Group USA Inc. 1750 E. Big Beaver Road Troy, MI 48083 www.schaeffler.us	Wälzlager, Motoren, Fahrwerks- und Getriebekomponenten
Shape Corp. 1900 Hayes Grand Haven, MI 49417 www.shape-corp.com	Aufprallsysteme, Rohbaustrukturkomponenten, Türaufprallverstärkungen, verstellbare Kühlergrilllamellen, Spritzgussbauteile
SKF Automotive 46815 Port St. Plymouth, MI 48170 www.skfusa.com	Wälzlager, Wälzlagerbaugruppen, Dichtungs- und Gummiprodukte
Tenneco Inc. 1 International Drive Monroe, MI 48161 www.tenneco.com	Abgasüberwachungssysteme, Krümmer, Katalysatoren, Dieselsysteme, katalytische Reduktionssysteme, Stoßdämpfer, Streben, elektronische Aufhängungssysteme
TI Automotive 2020 Taylor Road Auburn Hills, MI 48326 www.tiautomotive.com	Flüssigkeitsmanagementsysteme
TK Holdings Inc. 2500 Takata Drive Auburn Hills, MI 48326 www.takata.com	Airbags, Sicherheitsgurte, Elektronik, Lenkrad und Innenverkleidung, Textilien
Tower Automotive Inc. 17672 N. Laurel Park Drive, Ste. 400 Livonia, MI 48152 www.towerinternational.com	Karosieriestrukturbauteile und -module, Fahrzeugrahmen, Fahrgestellmodule, Aufhängungsbauteile
Toyoda Gosei North America Corp. 1400 Stephenson Hwy. Troy, MI 48083 www.toyodagosei.com	Sicherheitssysteme, Dichtungen, Innenraumsysteme, Opto-Elektronik, Außenverkleidung, Gummi- und Kunststoffbauteile, Kraftstoffsysteme
TRAM Inc. 47200 Port St. Plymouth, MI 48170 www.tokai-rika.co.jp/en	Schalter, Wärmeüberwachungssysteme, Gangschaltung, Zylinderschlösser, Sicherheitsgurte, Seitenspiegel
Valeo Inc. 150 Stephenson Hwy. Troy, MI 48083 www.valeo.com	Mikro Hybrid, elektrische und elektronische Systeme, thermische Systeme, Getriebe, Scheibenwischersysteme, Kamera und Sensortechnologie, Sicherheitssysteme und Innenraumbedienelemente
Visteon Corp. One Village Center Drive Van Buren Township, MI 48111 www.visteon.com	Fahrzeugcockpitlektronik (Instrumente, Heads-up Display, Infotainment, Telematics)
Webasto Roof Systems Inc. 1757 Northfield Drive Rochester Hills, MI 48309 www.webasto.com	Schiebedach, Panoramadachsysteme, Cabriodachsysteme, Standheizungen
Yazaki North America Inc. 6801 Haggerty Road Canton, MI 48187 com www.yazaki-na.com	Kabelstränge, Verbinder, Verteilerboxen, Energieverteilerboxen, Instrumenten, Hochspannungssysteme
ZF North America Inc. 12001 Tech Center Drive Livonia, MI 48150 www.zf.com	Getriebe, Karosseriebauteile und -systeme, Servolenkungssysteme, Kuppelungen, Stoßdämpfer, aktive und passive Sicherheitssysteme

Hersteller und Zulieferer im Leichtbaubereich	Beschreibung/Produkte
ACME MILLS CO., INC. 33 Bloomfield Hills Pkwy Ste 120 Bloomfield Hills, Michigan 48304 www.acmemills.com	Grundgewebe, Gewebe, nicht gewebte Stoffe, Sitzfederungen
ADVANCED ASSEMBLY PRODUCTS (AAP) 1300 E 9 Mile Rd Hazel Park, Michigan 48030 www.aapin-corp.com	Halterungen, Fahrwerkskomponenten, Schließsysteme, Türschließsysteme, Rahmenbauteile, Stanzbauteile, Schiebedachkomponenten, Bodenverstärkungen, geschweißte Module
ADVANCED COMPOSITES, INC. 5700 S State Rd Ann Arbor, Michigan 48108 www.advcmp.com	Spezialist für Verbundwerkstoffe
Aludyne 300 Galleria Officentre Ste 501 Southfield, Michigan 48034 https://www.aludyne.com/	Lagerungen, Zylinderköpfe, Differenzialgehäuse, Motorblöcke, Verbindungselemente, Karosserieverstärkungen
ArcelorMittal 400, Galleria Officentre, Suite 215 Southfield, Michigan 48034 https://automotive.arcelormittal.com/home	Strukturelle Stahlkomponente
AXSON TECHNOLOGIES US, INC. 31200 Stephenson Hwy Madison Heights, Michigan 48071 www.axson-na.com	Klebstoffe, Epoxidklebstoffe, Polyesterklebstoffe, Polyurethanklebstoffe
BAY COMPOSITES 1801 Jarman Rd Essexville, Michigan 48732 www.baycomposites.com	Bolzen, Karbonprodukte, Kanäle, Zylinder, Graphitprodukte, Rohre, Scheiben (aus Karbon, Graphit und Verbundwerkstoff)
BOCAR Group - AUMA ENGINEERED PRODUCTS 47140 Cartier Dr, Wixom, Michigan 48393 www.bocar.com.mx/en-us/	Aluminiumgussprodukte, Hybrid Anwendungen aus Aluminium und Kunststoff
Bollhoff Inc. 820 Kirts Blvd., Suite 500 Troy, Michigan 48084 www.bollhoff-usa.com	Verbindungselemente, Montagesysteme
CASCADE ENGINEERING INC. 3400 Innovation Ct SE Grand Rapids, Michigan 49512 www.cascadeng.com	akustische Bauteile, Sitzkomponenten, Fahrwerksbauteile, Exterieur und Interieur dekorative Bauteile
CHRISTENSEN FIBERGLASS LLC 126 Aniline Ave N Holland, Michigan 49424 www.christensenfiberglasstooling.com/	Verschiedene Bauteile mit Glasfaserverstärkung
CORVAC COMPOSITES LLC 4450 36th St SE Kentwood, Michigan 49512 www.corvaccomp.com	Luftstromführungssysteme, Bodenbleche, Bodenkomponenten, Wasserableitungssysteme
CREATIVE COMPOSITES INC. 7637 US Highway 2 Rapid River, Michigan 49878 www.creativecompositesinc.com	Individuelle Bauteile aus Kunststoffen und Verbundwerkstoffen
DSM ENGINEERING PLASTICS 735 Forest Ave Ste 201 Birmingham, Michigan 48009 www.dsm.com	Verbundwerkstoff, Fasern, Thermoplaste

DuPont Automotive 950 Stephenson Hwy. Troy, Michigan 48007 www.automotive.dupont.com	Farben und Lacke, Hochleistungspolymere, Elastomere, Polymeren aus erneuerbaren Materialien, Fasern und Fluorpolymeren, Batterieseparatoren, elektronische Materialtechnologien, Hochleistungsverbundwerkstoffe, Schmiermittel, Kühlflüssigkeiten, Folien und Biokraftstoffe G46
GMI COMPOSITES INC. 1355 W Sherman Blvd Muskegon, Michigan 49441 www.gmicomposites.com	Verbundwerkstofffedern
H.R. TECHNOLOGIES, INC. 32500 N Avis Dr Madison Heights, Michigan 48071 www.hrtechinc.com	Verbundwerkstoffbauteile
Hanwha Azdel 1100 Copper Avenue Fenton, Michigan 48430 www.hanwhaazdel.com	Spezialist für Bauteile aus thermoplastischen Verbundwerkstoffen
MACLEAN-FOGG COMPONENT SYSTEMS 3200 W 14 Mile Rd Royal Oak, Michigan 48073 www.macleanfoggcs.com	Verbindungselemente
MARIMBA AUTO, LLC 41133 van Born Rd Ste 200 Belleville, Michigan 48111 www.marimbaauto.com	Aluminiumgussbauteile, Sitzbauteile, Achskomponenten, Bremskomponenten, Flüssigkeitsrohre, Gelenkwellen, Kunststoffbefestigungsbauteile, Stoßdämpfer, Strukturbauteile, Sicherheitsrelevante Aufprallschutzbauteile
MIDWAY PRODUCTS CORPORATION 1 Lyman Hoyt Dr Monroe, Michigan 48161 www.midwayproducts.com	Spezialist für Metallpress- und Umformungskomponenten und Module
MMI Engineered Solutions, Inc. 1715 Woodland Drive Saline, Michigan 48176 www.mmi-es.com	Spritzguss- und Blasgeformte thermoplastische Komponenten und Baugruppen
NORTH AMERICAN ASSEMBLY LLC 4325 Giddings Rd Auburn Hills, Michigan 48326 www.naassembly.com	Prototyp und Serienproduktion von kunststoffgeschweißten Bauteilen, Verbundwerkstoffkomponenten
PLASAN CARBON COMPOSITES 47000 Liberty Dr Wixom, Michigan 48393 www.plasancarbon.com	Verbundwerkstoffbauteile, (paint-line ready class-a body panels), Strukturbauteile
Shiloh Industries 250 Adams Street, Alma, MI 48801 https://shiloh.com	kundenspezifische Druckgusslösungen. Materialien: Aluminium und Magnesium
SikaAxson US 31200 Stephenson Highway Madison Heights, Michigan 48071 www.axson-technologies.com	u. a. Verbundwerkstoffbauteile, Werkzeuge

Tabelle : Ausgewählte Automobilhersteller und Zulieferer in Tennessee

Automobil-Hersteller in Tennessee (OEM)	Beschreibung/Produkte
GM Spring Hill 100 Saturn Pkwy, Spring Hill, TN 37174 +1 931 486-5440 https://media.gm.com/	<ul style="list-style-type: none"> • Cadillac XT5, XT6 • GMC Acadia • Holden Acadia
Local Motors 2030 Valley Vista Rd. Knoxville, TN 37932 +1 (888) 256.2028 https://localmotors.com/knoxville/	<ul style="list-style-type: none"> • Olli (E-Bus)
Nissan Americas One Nissan Way Franklin, TN 37067 +1 615 725 1000 www.nissanusa.com	Canton, MS – Nissan Altima, Nissan Frontier, Murano, NV (Transporter und Bus), Titan Smyrna, TN – Nissan Altima, Leaf, Maxima, Infiniti QX60; Nissan Pathfinder, Rogue
Volkswagen Group of America Chattanooga Operations 8001 Volkswagen Dr, Chattanooga, TN 37416 +1 (423) 582-4000 www.volkswagenamericas.com	<ul style="list-style-type: none"> • Volkswagen Atlas • Volkswagen Atlas Cross Sport • Volkswagen Passat/NMS
Automobil-Zulieferer in Tennessee	Beschreibung/Produkte
Axle Teknology Group, Inc. 12752 Kingston Pike Ste 103, Knoxville, TN http://www.axleteknology.com	Getriebekomponenten, wie z.B. elektrische Bremsen, hydraulische Bremsen, Bremsstrommeln, Losradnaben, Lager, Dichtungen, Spindeln, Blattfedern und Ausgleichsvorrichtungen.
CalsonicKansei North America Inc. One Calsonic Way, Shelbyville, TN 37162 +1 (931) 680-6415 www.calsonic.com	Temperaturkontrolle, Motorkühlung, Abgassysteme, Instrumentenkonsolen, Cockpitmodule, Instrumententafeln, Front-end Module
DENSO Manufacturing Tennessee, Inc. 1720 Robert C Jackson Dr, Maryville, TN 37801 +1 (865) 982-7000 https://www.denso.com/	Anlasser, Lichtmaschinen, Kombiinstrumente, verschiedene Kfz-Elektronikprodukte und Wechselrichter für Hybridfahrzeuge
Federal-Mogul Fap, Inc. 1 Grizzly Ln, Smithville, TN http://www.federalmogul.com	Komponenten für den Antriebsstrang, Systemsicherheitsprodukte für Automobil-, Nutzfahrzeug-, Industrie- und Transportanwendungen
Fontaine Spray Suppression Company 784 Bill Jones Industrial Dr, Springfield, TN http://www.marmon.com/	Kotflügel, Spritzschutzvorrichtungen und Zubehör
Gestamp Chattanooga 3063 Hickory Valley Road 37421 Chattanooga TN +1 423 305 6300 https://www.gestamp.com/	Metallstanzprodukte u.A. Verschlüsse, Batteriekästen, Scharniere und Kontrollarme Weitere Fabrik in: 7529 Ferdinand Piech Way, Chattanooga, TN 37416
Heil Environmental Corporate Office 2030 Hamilton Place Blvd Ste 200, Chattanooga, TN http://www.heil.com	Hersteller von Müll- und Recycling-LKW
Jtekt Automotive Tennessee-Morristown, Inc. 5932 Commerce Boulevard, Morristown, TN 37814	Teile für Lenksysteme, Antriebskomponenten, Pumpen

+1-423-585-0999 https://jtek-na.com/	
Kasai North America, Inc. Manchester Plant 1020 Volunteer Pkwy, Manchester, TN 37355 +1 (931) 728-4122 http://www.kasai-na.com/	Autoinnenverkleidungsteile einschließlich Türverkleidungen und Dachverkleidungen
MAHLE Industries, Incorporated One MAHLE Drive, 37815-0748 Morristown, TN +1 423 581-6603 http://www.us.mahle.com/	Klimatisierung, Zylinderkomponenten, Elektronik, Kraftstoffmanagement, Mechatronik, Ölmanagement, Kolbensysteme, Ventiltrieb
Marelli Tennessee USA LLC 181 Bennett Dr, Pulaski, TN http://www.magnetimarelli.com	Automobilbeleuchtung, Aufhängungssysteme
Marwood Metal Fabrication Limited 2550 Meridian Blvd Ste 200, Franklin, TN http://www.marwoodmetal.com	Hersteller mit Schwerpunkt Leichtbau und innovativen Produktlösungen; von kleinen Halterungen bis hin zu vollständigen modularen Bauteilen
Miller Industries Towing Equipment, Inc. 8503 Hilltop Dr Ste 100, Ooltewah, TN http://www.millerind.com	Internationaler Hersteller von Abschleppfahrzeugen
S.B. International, Inc. 2108 Utopia Ave, Nashville, TN www.sbintl.com	Zylinderkopf-Komponenten
Shiroki North America, Inc. 1111 W Broad St, Smithville, TN http://www.shiroki-na.com	Autositze und Sitzverstellungen, Fensterheber, Türstrukturen Schlösser und Scharniere, Formteile
SL America Corporation 312 Frank L Diggs Dr, Clinton, TN http://www.sl-america.com	Gangschaltungskomponenten, Bremsen, Pedale und Lichtsysteme
Thermal Solutions Manufacturing, Inc. 15 Century Blvd Ste 102, Nashville, TN http://www.thermalsolutionsmfg.com	Aluminiumprodukte, Heizkörper und Kühlerzubehör für LKW, Industriefahrzeuge und Schiffbau
Thk Rhythm North America Co., Ltd. 549 Vista Dr, Sparta, TN http://www.rhythm-na.com	Kugelgelenke, Aluminium-Aufhängungsglieder, Spurstangen und Pleuelstangen für die Automobilindustrie
Toyota Boshoku Tennessee, LLC 3300 Ridgecrest Road Ext, Jackson, TN http://www.toyota-boshoku.com	Kfz-Innenraumsysteme. Antriebsstrangkomponenten, Sitze, Türverkleidungen, Teppiche, Stoffe, Gurte, Ölfilter und Antriebsstrangsysteme
Wegmann Automotive USA Inc. 1715 Joe B Jackson Pkwy, Murfreesboro, TN https://www.wegmann-automotive.com	Auswuchtgewichte, Ventile, Batteriepolhülsen, RDKS Service Kits
Yapp USA Automotive Systems, Inc. 300 Abc Blvd, Gallatin, TN http://www.yappusa.com	Kraftstoffsysteme für Kraftfahrzeuge
Yorozu Automotive 395 Mt View Industrial Dr, Morrison, TN 37357	Karosserieteile für PKW, LKW und Traktoren

+1 (931) 668-7700
<http://www.yorozu-corp.co.jp/en/>

Hersteller und Zulieferer im Leichtbaubereich	Beschreibung/Produkte
<p>Advanced Composites 3050 Sidco Dr, Nashville, TN 37204 +1 (615) 244-8995 https://www.advcmp.com/</p>	<p>Kohlenstofffaser-, Aramid- und Glasfaserverbundprodukte für die Luft- und Raumfahrt, die Verteidigung und kommerzielle Anwendungen. ACI verwendet Filament Winding, Compression Moulding und andere Technologien zur Herstellung von hochwertigen Verbundwerkstoffprodukten</p>
<p>Airtech International, Inc. 210 Evergreen Dr, Springfield, TN 37172 +1 (714) 899-8100 https://www.airtechintl.com/airtech</p>	<p>Hersteller von Vakuumsack- und Verbundwerkstoff-Werkzeugmaterialien für Prepreg/Autoklav-, Harzinfusions- und Nassauflegeverfahren</p>
<p>AOC Tennessee Plant – Resins 860 TN-57, Collierville, TN 38017 +1 (901) 854-2890 https://aocresins.com/en-amr/home/?ref=aoc-resins</p>	<p>Hersteller von synthetischen Harzen, Kunststoffen und nicht vulkanisierbaren Elastomeren.</p>
<p>Carbon Fiber Recycling, Inc 189 Giles Industrial Drive, Tazewell, TN 37879 http://www.carbonfiberrecycling.com/</p>	<p>Extraktion von Kohlenstofffasern aus fertigen Verbundwerkstoffen, einschließlich Laminaten, Garnituren, Werkzeugen, F&E und End-of-Life-Komponenten. Die zurückgewonnenen Kohlenstofffasern werden in gemahlener oder zerkleinerter Form zur Verfügung gestellt.</p>
<p>Composite Manufacturing & Installers, Inc. 140 Gordon Ln, Hurricane Mills, TN 37078 + (931) 299-4307 https://www.cmitn.com/</p>	<p>Entwirft, fertigt und installiert architektonische Wandsysteme und bietet schlüsselfertige Produkte von Reynobond® und Citadel Architectural Products</p>
<p>Composites One LLC 601 Maddox Rd, Suite 1 Mount Juliet, TN37122 +1 (615) 641-3600 https://www.compositesone.com/</p>	<p>Vertreibt Rohstoffe und Verarbeitungszubehör für die Verbundwerkstoffindustrie</p>
<p>Creative Foam 2301 Denso Dr, Athens, TN 37303 +1 (423) 649-3182 https://creativefoam.com/</p>	<p>Hersteller von Schaumstoffen, Vlies und Klebstoffen</p>
<p>Daycab Composites 128 Manufacturers Road Rockwood, TN 37854 +1 800-316-5011 www.daycabs.com</p>	<p>Spezialist für die Ausrüstung und den Umbau von LKW Fahrer cabinen und Innenausstattung mit Leichtbaumaterialien</p>
<p>DC Composites 129 Manufacture Rd, Rockwood, TN 37854 https://www.dccomposites.com/</p>	<p>Hersteller von Bauteilen & Werkzeugen, Glasfaser, Dachhimmel, Thermoplaste</p>
<p>DuPont – Memphis 4272 S Mendenhall Rd Memphis, TN 38141 +1 (901) 365-6340 https://www.dupont.com/</p>	<p>Hersteller von Fasern für den Einsatz in Verbundwerkstoffen und Interlays (Kevlar®, Nomex®, Butacite®, SentryGlas®) Weitere Fabrik in: Old Hickory - 1002 Industrial Dr, Old Hickory, TN 37138</p>

Eastman Chemical Company 100 Eastman Road Kingsport, Tennessee 37660 + 1 423 229 2000 https://www.eastman.com/	Hersteller von Chemikalien, Fasern und Kunststoffen, für die Anwendung in Klebstoffen, Textilien, Sportflaschen, Pharmazeutika, medizinischen Geräten
Magnum Venus Products 2030 Falling Waters Rd., Suite 350 Knoxville, TN 37922 + 1 865 686 5670 https://www.mvpind.com/products/	Verbundwerkstoff Hersteller für die Anwendung in Luft- und Raumfahrt, Transport und Verkehr, Marine, Öl und Gas, Windenergie
MiniFibers Inc. 2923 Boones Creek Rd, Johnson City, TN 37615 +1 (423) 282-4242 https://www.minifibers.com/	Spezialgarne, Präzisionsschnittfasern, synthetische Zellstoffe
NAC (North American Composites) 582 Brick Church Park Dr, Nashville, TN 37207 +1 (615) 650-5351 https://www.nacomposites.com/	Vertreibt Rohstoffe und Verarbeitungszubehör für die Verbundwerkstoffindustrie
Prisma Renewable Composites 9125 Cross park Drive Suite 150, Knoxville, TN +1 (865) 394-9638 https://prismacomposites.com/	Prisma Renewable Composites ist ein Biotechnologieunternehmen, das sich auf die effiziente Trennung hochgradig erneuerbarer Energiepflanzen in Lignin, Zellulose, Hemizellulose und andere Extraktstoffe zur Verwendung in einer Vielzahl von Anwendungen wie Zellstoff, Biopolymere, Spezialchemikalien und moderne Verbundwerkstoffe spezialisiert hat.
RMX Technologies 835 Innovation Dr #200, Knoxville, TN 37932 +1 (865) 777-2740 https://www.4xtechnologies.net/	Plasmatechnik z.B. Oberflächenreaktivität (Anwendungen: Kohlenstofffasern, Polymerfasern, Gewebe, Folien und Harze, Metalloberflächen)
Teijin Carbon America, Inc. 121 Cardiff Valley Rd, Rockwood, TN 37854 +1 (865) 354-8408 https://www.tejincarbon.com/	Hersteller von Kohlenstofffasern und neuen Verbundwerkstoffen
TruDesign LLC 7741 Maynardville Pike, Knoxville, TN 37938 +1 (800) 285-4000 https://trudesign.net/	Beschichtungsprodukte für den großformatigen 3D-Druck

8.2 Luft- und Raumfahrtnetzwerk

Die nachfolgenden Tabellen enthalten Luftfahrthersteller und Zulieferer in Michigan und Tennessee.

Tabelle 7: Ausgewählte Luftfahrthersteller und Zulieferer in Michigan

Luftfahrthersteller und Zulieferer in Michigan	Beschreibung/Produkte
Ascent Aerospace 16445 23 Mile Road, Macomb Township, MI 48042 https://ascentaerospace.com/	Automatisierte Montagesysteme sowie Werkzeuglieferant
Advance Turning and Manufacturing, Inc. 4005 Morrill Rd, Jackson, MI 49201 https://www.advanceturning.com/	Zulieferer von Hochpräzisionskomponenten für die Luft- und Raumfahrt und die Verteidigungsindustrie
Bmt Aerospace Usa, Inc. 18559 Malyn Blvd, Fraser, MI 48026 http://www.bmtaerospace.com/	Zahnräder, Getriebe, Transmissionen und Aktuatoren
GE Aviation Systems 3290 Patterson Ave SE, Grand Rapids, MI 49512 https://www.geaviation.com/commercial/commercial-digital-systems	Strahl- und Turboprop-Triebwerke sowie integrierte Systeme
Jedco 1615 Broadway Ave NW, Grand Rapids, MI 49504 https://www.jedinc.com	Zulieferer von Hochpräzisionskomponenten für die Luft- und Raumfahrt und die Verteidigungsindustrie
Kalitta Air 818 Willow Run Airport, Ypsilanti, MI 48198 http://www.kalittaair.com/	Luftfrachtdienste
Lapeer Industries, Inc 400 McCormick Drive, Lapeer, MI 48446 https://lapeerind.com/	Zulieferer von Hochpräzisionskomponenten für die Luft- und Raumfahrt und die Verteidigungsindustrie
MB Aerospace 25250 Easy St, Warren, MI 48089 https://www.mbaerospace.com	Komplexe Gehäuse und Flugtriebwerkskonstruktionen
MERRILL Technologies Group, Inc. 400 Florence St, Saginaw, MI 48602 http://www.merrilltg.com/	Tragende Strukturen, Komponenten und Prüfvorrichtungen sowie Verbindungswerkzeuge, Layup-Werkzeuge, Flügelheber und Schweißreparatur
Michigan Aerospace Corporation 1777 Highland Drive, Suite B Ann Arbor, Michigan 48108 https://www.michiganaerospace.com/	Innovative Fernerkundung, intelligente Systeme und Software-Lösungen
Moeller Aerospace 8725 Moeller Dr, Harbor Springs, MI 49740 https://www.moeller-aerospace.com/	Maschinell bearbeitete Teile für Gasturbinen-Flugzeugmotoren und die Energieerzeugungsindustrie
Niles Precision Company P.O. Box 548, Niles, MI 49120 https://nilesprecision.com/	Teile für Flugsteuerungen, Treibstoffregelsysteme und Bremsysteme sowie bearbeitete Teile für Flugsteuerungen, Treibstoffregelsysteme und Bremsysteme
Phoenix Composite Solutions, LLC 5911 Mission Dr, Oscoda, MI 48750 https://www.phoenix-mi.com/	FAA-zertifizierte Reparatur und Überholung von Flugzeugen.

Pratt & Whitney Autoair, Inc. 5640 Enterprise Dr, Lansing, MI 48911 https://prattwhitney.com/	Konstruktion, Herstellung und Service von Flugzeugtriebwerken und Hilfsturbinen
R&B Electronics 1520 Industrial Park Drive. Sault Ste. Marie, MI 49783 http://www.randbelectronics.com/	Elektromechanische Baugruppen wie z.B. elektrische Erdungsbaugruppen, Verbindenzubehör, Diodenbaugruppen, Widerstandsbaugruppen, Erdungsbrücken, flexible Stromschienen und Anschlussverbindungen für Luft- und Raumfahrtanwendungen
T.Q Machining 450 W Hackley Ave, Muskegon, MI 49444 https://tqmachine.com/	Zulieferer von Hochpräzisionskomponenten für die Luft- und Raumfahrt und die Verteidigungsindustrie
Triumph Gear Systems - Macomb, Inc. 15375 23 Mile Rd, Macomb, MI 48042 https://www.triumphgroup.com/	Komplette Getriebe und Getriebebaugruppen sowie komplexe Zahnräder und Gehäuse
Ventura Aerospace, L.L.C. 51170 Grand River Ave, Wixom, MI 48393 http://www.venturaaerospace.net/	Präzisionskomponenten für Anwendungen, die einen dosierten Durchfluss von Flüssigkeit, Kraftstoff und andere hydraulische/pneumatische Anwendungen erfordern.
Williams International Co LLC 2280 E West Maple Rd, Commerce Charter Twp, MI 48390 http://www.williams-int.com/	Kleine Gasturbinenmotoren
Woodward FST Inc 700 N Centennial St, Zeeland, MI 49464 https://www.woodward.com/home	Steuerungslösungen für die Luft- und Raumfahrt und industrielle Märkte.

Tabelle 8: Ausgewählte Luftfahrtshersteller und Zulieferer in Tennessee

Luftfahrtshersteller und Zulieferer in Tennessee	Beschreibung/Produkte
Adpma LLC 401 Century Court, Piney Flats, TN 37686 +1 423 391 8834 http://www.adpma.com/	Präzisions-Aftermarket-Ersatzteile für die kommerzielle Luftfahrtindustrie
Amfas International, Inc. 1661 International Drive, Suite 400 Memphis, TN 38120 + 1-901-758-2359 www.amfasinternational.com	Cnc-Bearbeitung, Metallgussteile, geformte Kunststoffe, Metallpulver, Blech, Elektronische Bauteile
AMI Metals, Inc 1738 General George Patton Drive Brentwood, TN 37027 +1 (615) 377-0400 http://www.amimetals.com/	Metaldienstleistungszentrum; Aluminiumplatten, -bleche, -stäbe und Strangpressprofile für die Luft- und Raumfahrtindustrie
Bell Helicopter Textron Inc. 441 Industrial Park Rd Piney Flats, TN 37686 +1 (817) 280-6277 https://www.bellflight.com/	Service Center für Bell Helicopter
Flexial Corporation 1483 Gould Drive Cookeville, TN 38506 +1 931 432 1853 http://www.flexial.com/	Akkumulatoren, Sensoren und Dichtungen für Luft- und Raumfahrt, Öl- und Gasmarkt
GE Capital Aviation Services (GECAS) 3860 E Holmes Rd, Memphis, TN 38118 +1 (901) 362-8600	Vertrieb von Flugzeugzellen- und Triebwerkskomponenten

<https://gecasmaterials.aero/>

<p>Hancock Enterprises 800-331-4217 www.hancockenterprises.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Triebwerksreparatur 3656 Central Pike, Hermitage, TN 37076 • Flugwerkbau Hanger 624 Fitzhugh Blvd, Smyrna, TN 37167, MQY
<p>InterSky Precision Instruments 7125 Riverdale Bend Road / Memphis, TN 38125 +1 901-366-6900 https://interskyaero.com/</p>	<p>Reparatur und Überholung von Flugzeuginstrumenten und -zubehör; kundenspezifische technische Dienstleistungen</p>
<p>Newbern Aeronautical Accessories, Inc 423 Century Court Piney Flats, Tennessee 37686 +1 337-837-8321 https://www.aero-access.com/</p>	<p>Fenster, Innenausstattung und -verkleidung, Fahrwerke und viele andere Produktkategorien für eine Vielzahl von Hubschrauberherstellern</p>
<p>Southern Precision Machining 220 Calsonic Way, Shelbyville, TN 37160 +1 (931) 685-9057 https://www.spm-precisionmachining.com/</p>	<p>CNC-Bearbeitungszentrum für die Luft- und Raumfahrtindustrie</p>
<p>Standard Aero Alliance 1029 Ross Drive Maryville, TN 37801 +1.865.983.2992 http://www.standardaero.com</p>	<p>(De-)Montage, Inspektion, Komponentenreparatur, Tests und Ersatzmotor-Service für Rolls-Royce AE 3007-Triebwerke; Honeywell 36er-Serie und Air-line RE220 APUs; Pratt & Whitney APS500R und APS2300 APUs.</p>
<p>TECT Aerospace 1431 Vultee Blvd. Nashville, TN 37217 +1 615.361.2062 https://www.tectaero.com/</p>	<p>Spezialisiert auf die Herstellung von Aluminium- und Aluminium-Lithium-Komponenten, Shotpeening (Kugelstrahlen), Kaltumformung, Verarbeitung, Lackierung, automatisches Nieten und die Montage großer Strukturen.</p>
<p>U.S. Aerospace Corp. 2270 Airport Rd. Selmer, TN 38375 +1 731-645-9988 http://www.usaerospacecorp.com/</p>	<p>Flugzeugbauteile: Flügel, Heckbereich, System-Integrationen</p> <p>Wartungs-, Reparatur- und Überholungsdienstleistungen für die Luftfahrtindustrie; Funk und Kommunikation, Navigation, elektrisches, mechanisches und hydraulisches Zubehör.</p>
<p>UTC Aerospace Systems (Collins Aerospace) 201 Mitchell Boulevard Tullahoma TN 37388-4003 USA +1 931 455 4557 https://utcaerospacesystems.com/</p>	<p>Fahrwerk</p>
<p>Volunteer Aerospace Inc. 1719 Schaeffer Road, Knoxville, TN 37932 +1 865-337-7635 www.volunteeraerospace.com</p>	<p>Kundespez. Schweißen, Herstellung, Montage und Inspektion von Teilen mit Fokus auf fortschrittliche/additive Fertigung für die Luft- und Raumfahrtindustrie</p>
<p>Wysong Enterprises, Inc. 2695 Hwy 75 Blountville, TN 37617 +1 423.325.6900 http://wysongusa.com/</p>	<p>Avionik, Überholung, Innenausstattung, Anpassungen, Wartung und Zubehör für Helicopter</p>

8.3. Forschungseinrichtungen, Institute, Universitäten und Verbände

Die nachfolgenden Tabellen enthalten Forschungseinrichtungen, Institute, Universitäten und Verbände in Michigan und Tennessee.

Forschungseinrichtungen

Tabelle 9: Relevante Forschungseinrichtungen im Bereich Leichtbau in Michigan

Name	Stadt	Website
Center for Automotive Research (CAR)	Ann Arbor, MI	https://www.cargroup.org/
LIFT- Lightweight Innovation for Tomorrow	Detroit, MI	https://lift.technology/
Michigan State University (Partnerschaft mit I-ACMI)	Lansing, MI	https://www.egr.msu.edu/cmcs/Composite https://www.egr.msu.edu/cvrc/
<ul style="list-style-type: none"> • Composite Materials and Structures Center • Vehicle Research Center 		
University of Michigan- Dearborn Center for Lightweighting Automotive Materials and Processing	Dearborn, MI	https://umdearborn.edu/cecs/research/centers/center-lightweighting-automotive-materials-and-processing
Wayne State University Advanced Composites Research Laboratory	Detroit, MI	https://engineering.wayne.edu/me/research/acrl.php

Tabelle 10: Relevante Forschungseinrichtungen im Bereich Leichtbau in Tennessee

Name	Stadt	Website
Fibers and Composites Manufacturing Facility, University of Tennessee Knoxville	Knoxville, TN	https://fcmf.utk.edu/
Composites Coalition	Knoxville, TN	http://www.compositescoalition.com/
Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation (IACMI)	Knoxville, TN	https://iacmi.org/
Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge, TN	https://www.ornl.gov/
The Composite Applications Group	McDonald, TN	http://compositeapplicationsgroup.com/

Verbände

Tabelle 11: Ausgewählte Verbände in den Bereichen Automobil, Luft- und Raumfahrt, Leichtbau in den USA (Fokus auf den mittleren Westen und Südstaaten)

Name	Beschreibung
Aerospace Industries Association 1000 Wilson Boulevard, Suite 1700, Arlington, VA 22209-3928 https://www.aia-aerospace.org/	Die AIA vertritt rund 340 Technologiehersteller und -zulieferer aus allen Bereichen der Luft- und Raumfahrt- sowie der Verteidigungsindustrie.
Alliance of Automobile Manufacturers 2000 Town Center Suite 1140, Southfield, Michigan 48075 www.autoalliance.org	Die Alliance of Automobile Manufacturers ist ein Verband von 12 Automobilherstellern in den USA. 77% der Pkw-Verkäufe in den USA finden durch Mitglieder der Alliance of Automobile Manufacturers statt.
The Aluminum Association 1400 Crystal Drive, Suite 430, Arlington, VA 22202 www.aluminum.org	Die Aluminum Association vertritt amerikanische und internationale Unternehmen und ihre Zulieferer aus der Aluminiumbranche in den USA.
American Composite Manufacturers Association 2000 N. 15th Street, Ste. 250, Arlington, VA 22201 https://acmanet.org	ACMA ist die einheitliche Stimme der Verbundwerkstoffindustrie und bietet Händlern, Lieferanten und Herstellern jeder Größe einen Platz am Tisch, um Wissen, Einfluss und Wettbewerbsvorteile zu erlangen.

<p>American Iron and Steel Institute 25 Mass. Ave, NW Suite 800, Washington, DC 20001 www.steel.org</p>	<p>Das AISI vertritt die Nordamerikanische Stahlindustrie und setzt sich zum Ziel, die öffentliche Meinung zum Thema Stahl besser zu informieren und die Interessen der Stahlindustrie zu vertreten.</p>
<p>Automation Alley 2675 Bellingham, Troy, MI 48083 www.automationalley.com</p>	<p>Automation Alley bringt Industrie, Forschung und Gesetzgebung an einen Tisch, um die Wirtschaft und Innovationen zum Thema Industrie 4.0 in Michigan zu fördern.</p>
<p>Automotive Industry Action Group 26200 Lahser Rd., Suite 200, Southfield, Michigan 48033 www.aiag.org</p>	<p>Die Automotive Industry Action Group ist ein Industrieverband, der von den "Detroit Three" gegründet wurde. Mittlerweile sind aber auch japanische Autohersteller Mitglied des Verbandes.</p>
<p>Automotive Recyclers Association 9113 Church St., Manassas, Virginia 20110 www.a-r-a.org</p>	<p>Als internationale Handelsorganisation verschreibt sich ARA der effizienten Beseitigung bzw. der Wiederverwendung von Automobilteilen sowie der Entsorgung von defekten Kraftfahrzeugen.</p>
<p>Michigan Aerospace Manufacturers Association 7205 Sterling Ponds Ct, Sterling Heights, MI 48312 http://michman.org/</p>	<p>Michigan Aerospace Manufacturers Association, oder, MAMA, hat das Ziel, die Luft- und Raumfahrtindustrie im Bundesstaat Michigan zu fördern.</p>
<p>Michigan Manufacturers Association 620 S Capitol Ave, Lansing, MI 48933 https://mimfg.org</p>	<p>Die Michigan Manufacturers Association (MMA) ist der führende Fürsprecher des Bundesstaates Michigan, der sich ausschließlich darauf konzentriert, den Herstellern in Michigan durch effektive Interessenvertretung, sinnvolle Ausbildung und strategische Unternehmensdienstleistungen eine blühende Zukunft zu sichern.</p>
<p>Motor & Equipment Manufacturers Association 10 Laboratory Drive, P.O. Box 13966 Research Triangle Park, North Carolina 27709 www.mema.org</p>	<p>Die Motor & Equipment Manufacturers Association ist ein Unternehmensverband für Automobilzulieferer.</p>
<p>NASA Advanced Composite Consortium (ACC) Located at Wichita State University 1845 Fairmount St., Wichita, KA 67260 www.wichita.edu/research/NIAR/Research/nasa-acc.php</p>	<p>Das NASA ACC ist eine Partnerschaft der NASA mit verschiedenen anderen Behörden, Unternehmen und Universitäten, mit dem Ziel, neue Technologien zur Raumfahrt durch den Einsatz neuer Materialien zu entwickeln.</p>
<p>Original Equipment Suppliers Association 1301 W. Long Lake Rd., Suite 225 Troy, Michigan 48098 www.oesa.org</p>	<p>Die Original Equipment Suppliers Association repräsentiert die Interessen der OE-Lieferanten und bietet Industrieanalysen sowie -informationen.</p>
<p>SAE International - Society of Automotive Engineers 755 W. Big Beaver, Suite 1600 Troy, Michigan 48084 www.sae.org</p>	<p>SAE International ist ein weltweiter Verband von mehr als 128.000 Ingenieuren. Der Verband koordiniert zum Beispiel die Entwicklung von technischen Standards und hilft bei deren Entwicklung.</p>
<p>Society of Manufacturing Engineers One SME Drive, Dearborn, Michigan 48128 www.sme.org</p>	<p>Die Society of Manufacturing Engineers verfolgt das Ziel, die Herstellungsverfahren der Industrie zu verbessern und offene Bildung zu betreiben.</p>
<p>Society of Plastics Engineers 6 Berkshire Blvd #306, Bethel, CT 06801 www.4spe.org</p>	<p>SPE vertritt amerikanische und internationale Unternehmen in der Plastikherstellung und -Verarbeitung und bietet seinen Mitgliedern zahlreiche Untergruppen, je nach Herstellungsverfahren oder Produktart, zum Wissensaustausch an.</p>
<p>Specialty Equipment Market Association 1575 S. Valley Vista Drive Diamond Bar, California 91765 www.sema.org</p>	<p>Mitglieder dieses Verbandes agieren rund um Spezialeinzelteile von Fahrzeugen.</p>

Tennessee Automotive Manufacturers Association**217 Fifth Avenue North, Suite 200**

Nashville, Tennessee 37219

www.tennauto.org

Die Tennessee Automotive Manufacturers Association ist eine Mitgliederorganisation, die sich aus Unternehmen der Automobilbranche zusammensetzt. Ihr Ziel ist es, den Staat Tennessee als Automobilstandort zu stärken und die dort angesiedelten Unternehmen zu unterstützen.

8.4. Spezialisierte Kanzleien, Unternehmensberatungen, Wirtschaftsprüfungsgesellschaften

Die nachfolgenden Tabellen enthalten spezialisierte Kanzleien, Unternehmensberatungen, Wirtschaftsprüfungsgesellschaften in Tennessee und Michigan.

Tabelle 12: Kanzleien, Unternehmensberatungen, Wirtschaftsprüfungsgesellschaften aus dem AHK USA Netzwerk (Mittlerer Westen, Südosten).

Firma	Ansprechpartner	Beschreibung
Aprio, LLP 5 Concourse Parkway Suite 1000 Atlanta, GA 30328 www.aprio.com +1 404-892-9651	Kristin Maeckel CPA +1 770 353 8606 kristin.maeckel@aprio.com	HA+W/Aprio ist die größte Wirtschaftsprüfungsgesellschaft in Georgia und eine der 100 größten Wirtschaftsprüfungsgesellschaften in den USA.
Arnall Golden Gregory, LLP 171 17th Street, Suite 2100 Atlanta, GA 30363 www.agg.com +1 404 873 8500	Tycho H.E. Stahl Partner and Practice Leader, International Business Practice +1 404 873 8556 tycho.stahl@agg.com	Die Rechtsanwaltskanzlei berät Unternehmen aus zahlreichen Branchen bei Rechtsstreitigkeiten, regulatorischen Angelegenheiten sowie bei der Firmenrestrukturierung.
Baker, Donelson, Bearman, Caldwell & Berkowitz, PC 3414 Peachtree Rd NE, Suite 1600 Atlanta, GA 30326 www.bakerdonelson.com +1 404 577-6000	Sebastian Meis Shareholder +1 404 443 6771 smeis@bakerdonelson.com	Diese auf die Automobilindustrie spezialisierte Rechtsanwaltskanzlei, die in vielen südlichen Bundesstaaten vertreten ist, kann beispielsweise mit der Verhandlung von F&E-Verträgen helfen.
Butzel Long 150 W. Jefferson Avenue Detroit, MI 48226 www.butzel.com +1 313 225 7000	Nicholas Stasvich Shareholder +1 313 225 7035 stasvich@butzel.com	Butzel Long ist eine der führenden Anwaltskanzleien mit Büros in Michigan, New York City, Washington D.C., Mexiko und China mit Kunden aus den unterschiedlichsten Industrien in nationalen und internationalen Märkten.
Chambliss, Bahner & Stophel, P.C. 605 Chestnut Street suite 1700 Chattanooga, TN 37450 www.chamblisslaw.com +1 423 756 3000	William P. "Bill" Aiken Shareholder +1 423 757 0216 waiken@chamblisslaw.com	Chambliss, Bahner & Stophel, eine Anwaltskanzlei aus Chattanooga, Tennessee, berät national- und international bekannte Hersteller der Automobilindustrie.
Clayton & McKervey 2000 Town Center Southfield, MI 48075 www.claytonmckervey.com +1 248 208 8860	Teresa Gordon Shareholder +1 248 936 9419 tgordon@claytonmckervey.com	Clayton & McKervey ist eine Wirtschaftsprüfungsgesellschaft mit Hauptsitz in Detroit, die sich auf internationale Steuerberatung, Versicherung, Buchhaltung und Beratungsdienstleistungen spezialisiert hat.
Deloitte Tax LLP 200 Renaissance Center Detroit, MI 48243 www.deloitte.com +1 313 396 3673	Anna Swartz Global Mobility Manager +1 313 396 5824 aswartz@deloitte.com	Deloitte Tax LLP bietet Wirtschaftsprüfungsdienstleistungen, Steuerberatung und Beratungsleistungen und bedient ca. 80% der Fortune 500 Unternehmen und mehr als 6.000 private und Mittelstandsunternehmen aus den unterschiedlichsten Industrien.
McNair Law Firm, P.A. 1221 Main St, Columbia, SC 29201 www.mcnair.net +1 803 799 9800	Erik Doerring Attorney at Law, Shareholder +1 803 799 9800 edoerring@mcnair.net	Die McNair Law Firm hat Büros in North Carolina, South Carolina sowie Kentucky und berät OEMs, Tier1 und Tier2 Lieferanten in den Bereichen Händler- und Vertriebsbeziehungen, geistiges Eigentum, Finanzierung und wirtschaftliche Entwicklung, Rechtsstreitigkeiten sowie bei der Einhaltung von Umweltvorschriften.
Miller & Martin PLLC 832 Georgia Ave #1200 Chattanooga, TN 37402 www.millermartin.com +1 423 756 6600	Dave Hetzel Executive Director +1 404 962 6424 david.hetzel@millermartin.com	Miller & Martin PLLC, eine Anwaltskanzlei mit Standorten in Atlanta, Chattanooga und Nashville, bietet Rechtsberatung für alle relevanten Geschäftsbereiche eines internationalen Unternehmens.
Miller Canfield 150 W. Jefferson Avenue Detroit, MI 48226 www.millercanfield.com	Joe Gustavus Senior Principal +1 248 2673317 Gustavus@MillerCanfield.com	Miller Canfield ist eine internationale Anwaltskanzlei mit Büros in Michigan, Illinois, New York, Canada, Poland, Mexiko und China.

+1 313 963 6420

Parker Poe Adams & Bernstein LLP

401 S Tryon St Charlotte, NC
28202

www.parkerpoe.com

+1 704 372 9000

George H. Pretty II Partner
+1 704 335 9073

georgepretty@parkerpoe.com

Parker Poe Adams & Bernstein LLP unterstützt Firmen in vielen Belangen angefangen von der Standortsuche bis hin zu Finanzierungsfragen. Ein gutes Erfolgsbeispiel ist ihre Zusammenarbeit mit ZF Transmission, die Parker Poe bei der Eröffnung ihrer Niederlassung in Greenville, South Carolina unterstützt hat.

Plante & Moran PLLC

2601 Cambridge Court Auburn Hills, MI 48326

www.plantemoran.com

+1 248 375 7322

Jason Drake, Partner
+1 248 3757347

jason.drake@plantemoran.com

Plante & Moran PLLC ist eine Wirtschaftsprüfungs- und Steuerberatungsgesellschaft und bietet neben der Steuerberatung und Wirtschaftsprüfung auch Vermögensverwaltung und -management sowie internationale Geschäftsleitungen an.

Rödl & Partner

1100 South Tower 225
Peachtree Street, NE
Atlanta, GA 30303

www.roedl.com

+1 404 525 2600

Maik Friebe
Steuerberater
+1 404 525 2600

maik.friebe@roedlusa.com

Rödl & Partner ist eine deutsche Steuerberatungsgesellschaft mit mehreren Standorten in den USA, wie z.B. Atlanta, New York und Washington, DC. Weltweit vertreten sie über 600 Kunden, und bieten Dienstleistungen, wie z.B. Unternehmensgründung in den USA

Smith, Gambrell, & Russell, LLP

Promenade, Suite 3100 1230
Peachtree Street N.E. Atlanta,
GA 30309

www.sgrlaw.com

+1 404 815 3500

Florian Stamm
Attorney
+1 404 815 3500

fstamm@sgrlaw.com

Smith, Gambrell, & Russell, LLP bietet zahlreiche Dienstleistungen für Mandanten im Automobilsektor, unter anderem in den Bereichen Kartellrecht, Produkthaftung sowie Umweltregulierungen und Auflagen, an.

Webster Rogers, LLP

1411 Second Loop Road Florence, SC 29505

www.websterrogers.com

+1 803 312 0001

Charles Talbert III
Certified Public Accountant
+1 803 312 0001

ctalbert@websterrogers.com

Mit mehreren Standorten in South Carolina können Webster Rogers, LLP Herstellern mit Steuergutschriften für Forschung und Entwicklung helfen.

Anhang

Experteninterviews

Organisation / Unternehmen	Name Kontaktperson	Datum Interview
Forward Engineering North America	Adam Halsbend	20.06.2020
Michigan Economic Development Organization	Vlatko Tomic-Bobas	27.07.2020
IACMI	Raymond Boeman Dale Brosius	14.09.2020

www.ixpos.de/markterschliessung
www.bmwi.de

