



Composites-Marktbericht 2015

Marktentwicklungen,
Trends, Ausblicke und
Herausforderungen

Der **GFK**-Markt Europa – Dr. Elmar Witten (AVK)

Der globale **CFK**-Markt – Thomas Kraus, Michael Kühnel (CCeV)

Der GFK-Markt Europa 2015	4
Der betrachtete Markt.....	5
Die Produktion von GFK 2015: Gesamtentwicklung	5
Tendenzielle Entwicklungen von Verfahren/Teilen	7
Duroplastische Materialien	8
Thermoplastische Materialien	11
Die Anwendungsindustrien im Überblick.....	13
Die GFK-Produktion 2015: Länder-Betrachtung.....	14
Weitere Composites-Materialien	16
Ausblick	16
Der globale CFK Markt 2015.....	22
Allgemeines.....	22
Begriffsklärung	23
Der globale Carbonfaser-Markt	23
Nach Hersteller.....	24
Nach Regionen.....	26
Nach Anwendungen	27
Der globale Carbon-Composites-Markt	30
Nach Matrices.....	31
Nach Herstellverfahren	33
Nach Regionen.....	34
Nach Anwendungen	35
Trends und Ausblick	37
Nach Regionen (CF)	38
Nach Anwendungen (CC).....	39
Abgleich mit Markterhebung Composites Germany.....	41
Schlussbetrachtung	42
Literaturverzeichnis	43

Der GFK-Markt Europa 2014

Der Autor

Dr. Elmar Witten ist Geschäftsführer der AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. Die AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. ist der deutsche Fachverband für Faserverbundkunststoffe/Composites und vertritt die Interessen der Erzeuger und Verarbeiter auf nationaler und europäischer Ebene.

Das Dienstleistungsspektrum umfasst u. a. Facharbeitskreise, Seminare und Tagungen sowie die Bereitstellung von marktrelevanten Informationen (www.avk-tv.de).

National ist die AVK einer der vier Trägerverbände des GKV – Gesamtverband Kunststoffverarbeitende

Industrie - und international Mitglied im europäischen Composites Dachverband EuCIA - European Composites Industry Association.

Die AVK ist Gründungsmitglied von Composites Germany.

Der GFK-Markt Europa 2015

Stetiges Wachstum der Produktionsmenge setzt sich fort

Die europäische Herstellungsmenge von glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) wächst im Jahr 2015 weiter beständig um 2,5 %. Damit ist jetzt mit 1,069 Mio. Tonnen Produktionsmenge das höchste Niveau seit acht Jahren erreicht.

Bei der aggregierten Betrachtung aller europäischen Länder setzt sich die Entwicklung des Vorjahres fort. Sie folgt grundsätzlich der gesamteuropäischen Wirtschaftsentwicklung und vor allem den für den GFK-Einsatz wichtigsten Anwendungsgebieten Transport und Bau. Dabei muss man aber länderspezifisch differenzieren: In Deutschland und in den betrachteten osteuropäischen Ländern ist überdurchschnittliches Wachstum zu verzeichnen. Die GFK-Menge in den südeuropäischen Ländern wächst nur wenig bzw. stagniert. In den skandinavischen Ländern ist ein Rückgang festzustellen.

Ebenso heterogen ist die Entwicklung der unterschiedlichen Verarbeitungsverfahren zur Produktion von GFK-Bauteilen. Überproportional wächst die Herstellung mit RTM-Verfahren und vor allem mit allen thermoplastischen Faserverbundkunststoff- bzw. Composites-Materialien.

Die europäische GFK-Menge wächst langsamer als die auch zu den Composites zählenden – hier nicht explizit betrachteten – kurzfaserverstärkten Thermoplaste und auch als die weltweite Composites-Industrie. Europas Anteil von derzeit ca. 25 % an der Weltproduktion von Composites wird weiter sinken. Das trifft aber nicht unbedingt auf die Wertschöpfung zu, die sich je nach Produkt, Verfahren und Material(mix) sehr unterscheidet. Überdurchschnittliche Wachstumspotenziale gibt es auch und gerade in europäischen Hochlohnländern vor allem durch Spezialisierung bzw. Automatisierung und die Aufrechterhaltung einer ausgeprägten Innovationskultur.

Der betrachtete Markt

Wie in den Vorjahren beinhaltet dieser über eine Befragung erstellte GFK-Marktbericht 2015 die Länder in Europa, deren Produktionsmengen sich valide erfassen lassen. Die Menge in der Türkei wird ergänzend mitbetrachtet, mangels langjähriger Vergleichbarkeit aber weiterhin separat ausgewiesen.

Als GFK werden alle glasfaserverstärkten Kunststoffe mit einer duroplastischen Matrix sowie glasmattenverstärkte Thermoplaste (GMT) und langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT) bezeichnet. Auch die nicht separat betrachteten endlosfaserverstärkten Thermoplaste sind dieser Gruppe zuzuordnen. Die europäische Herstellungsmenge für kurzfaserverstärkte Thermoplaste liegt nur als Gesamtmenge vor und wird separat ausgewiesen.

Auf kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) wird im zweiten Teil des Marktberichtes separat eingegangen.

Die Produktion von GFK 2015: Gesamtentwicklung

Die Entwicklung der GFK-Produktionsmenge im 2. Halbjahr des Vorjahres 2014 war etwas schwächer als im ersten Halbjahr. Im Jahr 2015 hat das erste Halbjahr die Erwartungen der meisten Marktteilnehmer erfüllt und Prognosen für die zweite Jahreshälfte zeichnen ein ebenso positives Bild, so dass ein kontinuierliches Wachstum der gesamten GFK-Produktionsmenge in Europa zu erwarten ist. Der europäische Gesamtmarkt steigt um 2,5 % auf geschätzte 1,069 Millionen Tonnen (s. Abb. 1).

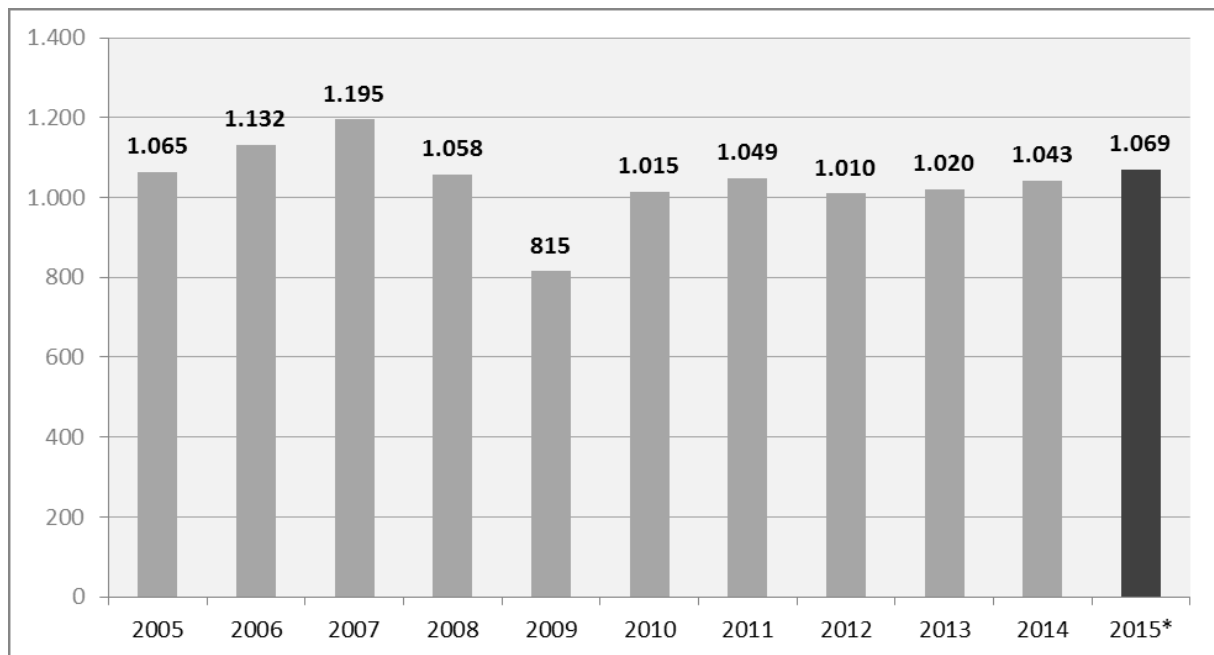


Abb. 1: GFK-Produktionsmenge in Europa seit 2005 (in Kilotonnen)
(2015* = geschätzt)

Die volkswirtschaftlich relevanten Industriebereiche Transport und Bau sind Hauptabnehmer für GFK-Bauteile. Das ist ein Grund dafür, dass die Herstellung von GFK in der langfristigen Betrachtung tendenziell der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung folgt. Korrespondierend mit dem sinkenden Anteil Europas am globalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) nimmt auch der Anteil Europas – trotz eines absoluten Mengenwachstums – an der weltweiten GFK-Herstellungsmenge immer weiter ab. Vor allem hinsichtlich der Verarbeitung von Commodities (Standardprodukte) hat es in den vergangenen Jahren eine klare Verschiebung zugunsten Asiens und Amerikas gegeben, insbesondere in den durch überdurchschnittlich positives Wachstum gekennzeichneten BRIC-Staaten (Brasilien, Russland, Indien und China). Vor dem Hintergrund einer sich abschwächenden konjunkturellen Entwicklung, sinkender Wirtschaftsprognosen und sich manifestierender Umweltschutzproblematiken, vor allem in der Industrie, fällt eine Prognose hinsichtlich der weiteren Marktentwicklung in diesen Regionen jedoch schwer. Trotz aller Unsicherheit bleibt jedoch festzuhalten, dass die GFK-Menge in Europa auf Wachstumskurs ist, aber voraussichtlich hinter der weltweiten Mengenentwicklung zurückbleiben wird. Im Jahr 2015 wird dank des anhaltenden Wachstums das höchste Produktionsniveau seit dem Jahr 2008 erreicht werden.

Zwar gibt die Darstellung eines kumulierten Wertes für die europäische Produktionsmenge einen ersten Anhaltspunkt hinsichtlich der Marktentwicklung, täuscht aber manchmal etwas über die tatsächliche Entwicklung hinweg. Um ein wirklich aussagekräftiges Bild der einzelnen Teilmärkte der extrem heterogenen Composites-Industrie zu erhalten, muss die Marktentwicklung je nach den zur GFK-Produktion eingesetzten Verarbeitungsverfahren, den Anforderungen der jeweiligen Anwendungsindustrien und auch nach den einzelnen europäischen Ländern betrachtet werden. Die folgende Differenzierung ist dementsprechend zwingend notwendig, um eine fundierte Aussage der europäischen Entwicklung treffen zu können.

Tendenzielle Entwicklungen von Verfahren/Teilen

	2012 Kt	2013 Kt	2014 Kt	2015* Kt
SMC	188	184	190	191
BMC	70	71	74	74
Σ SMC/BMC	258	255	264	265
Hand lay-up	145	142	138	139
Spray-up	90	90	94	96
Σ Open mould	235	232	232	235
RTM	120	126	132	137
Sheets	78	84	84	86
Pultrusion	47	47	48	49
Σ Continuous processing	125	131	132	135
Filament winding	80	78	79	80
Centrifugal casting	67	66	66	68
Σ Pipes and Tanks	147	144	145	148
GMT/LFT	108	114	121	132
Others	17	18	17	17
Sum:	1.010	1.020	1.043	1.069

Abb. 2: GFK-Produktionsmengen in Europa nach Verfahren/Teilen
(Kt = Kilotonnen, 2015* = geschätzt)

Duroplastische Materialien

SMC/BMC:

Die Herstellung von SMC- (Sheet Moulding Compound) und BMC- (Bulk Moulding Compound) Teilen ist mit einem Viertel der europäischen Gesamtmenge immer noch das größte Segment der GFK-Produktion, hat aber derzeit das schwächste Wachstum (unter 1 %) zu verzeichnen. Die Verarbeitung von SMC und BMC zu Bauteilen erfolgt mit Pressverfahren (SMC) bzw. Spritzgießverfahren (BMC). Beide Verfahren werden bereits seit vielen Jahren erfolgreich auch in der Großserie eingesetzt und belegen so, dass Composites durchaus in der Lage sind, die Anforderungen an hohe Stückzahlen zu erfüllen. Mit knapp 45 % ist der Elektro- und Elektronikbereich anwendungsseitig sowohl für SMC als auch für BMC das größte Einsatzgebiet. Aufgrund ihrer zahlreichen positiven Eigenschaften, wie beispielsweise Dimensionsstabilität, hoher Temperaturbeständigkeit, hervorragenden Isolationseigenschaften und einer guten Witterungsbeständigkeit eröffnet sich ein breites Anwendungsspektrum. Dies erstreckt sich von Kabelverteilerschränken über Gehäuse und Abdeckungen hin zu Verkleidungen, Schaltern oder Schalterteilen bis hin zu Schaltschränken und Hausanschlusskästen.

Neben der Elektronik-/Elektroindustrie ist die Automobilindustrie mit knapp über 40 % (SMC) bzw. knapp unter 40% (BMC) der zweitgrößte Bereich. Bei BMC sind das wohl bekannteste Endprodukt in Großserie hergestellte Scheinwerferreflektoren. SMC-Bauteile finden sowohl im Pkw-Bereich als auch bei Nutzfahrzeugen oder im ÖPNV Verwendung. Typische Bauteile sind z. B. Heckklappen, Spoiler, Verkleidungs- oder Kabinenteile, aber auch Ölwannen, Abdeckungen oder Kleinstbauteile.

Daneben werden SMC-Bauteile im Baubereich eingesetzt. Typische Anwendungen sind beispielsweise Kabelschächte, Schachtabdeckungen sowie Lichtschächte, aber auch Schalungen.

Im Automobilbereich ist sowohl für SMC als auch für BMC Frankreich – noch vor Deutschland – der größte Markt, gefolgt von Italien.

In der Elektronikindustrie führt hier Deutschland vor Frankreich und dann Italien bei SMC und bei BMC Deutschland knapp vor Italien und dann Frankreich.

Festzustellen ist, dass es in dem Markt der relativ wenigen europäischen SMC-/BMC-Hersteller einige Verlagerungen und Verschiebungen gibt und zusehends versucht wird, sich auf Spezialitäten auszurichten.

SMC und BMC konkurrieren teilweise mit thermoplastischen Materialien, die immer mehr Einzug vor allem in die Automobilindustrie finden. Außerdem gelingt es nicht kurzfristig, neue Märkte mit neuen Anwendungen zu erschließen. Hier zeigt sich für alle Hersteller entsprechender Produkte eine wichtige Herausforderung für die Zukunft.

Open mould / Offene Verfahren:

Die hergestellte Menge mit den sogenannten Offenen Verfahren - Handlaminieren und Faserspritzen – ist die zweitgrößte im GFK-Markt. Nach einem Rückgang 2012 und 2013 und einer Stagnation im vergangenen Jahr ist in 2015 mit einem geringen Wachstum von knapp über einem Prozent zu rechnen.

Das Gesamtbild eines sehr heterogenen GFK-Marktes setzt sich im Einzelsegment der Offenen Verfahren fort. Sowohl die Unternehmensgrößen in diesem Bereich als auch die gefertigten Bauteile unterscheiden sich erheblich hinsichtlich Los- und Bauteilgrößen und auch hinsichtlich der Komplexität.

Die Offenen Verfahren kommen meist dort zum Einsatz, wo entweder sehr große und/oder komplexe Bauteile gefertigt werden oder wo die Anzahl der zu fertigen Bauteile relativ gering ist. Daneben eignen sich Offene Verfahren oft dann, wenn komplexe Lagenaufbauten verlangt werden.

Typische Anwendungen sind beispielsweise Schwimmbecken, Bootsrümpfe, Gehäuse für Windenergieanlagen, Formenbau, Schächte, Aufbauten für Wohnmobile oder Anhänger, Sonderanfertigungen im Motorsport usw..

Mit Hilfe der Offenen Verfahren lässt sich oftmals sehr flexibel und mit einem relativ geringen maschinellen Aufwand fertigen. Daneben lässt sich eine Vielzahl von Materialien einsetzen. Aufgrund dieser hohen Flexibilität werden diese handwerklich geprägten Verfahren immer einen Platz in der Composites-Industrie einnehmen.

RTM:

Ebenfalls entsprechend der Entwicklung der Vorjahre wächst die Produktion von RTM- (Resin Transfer Moulding) Bauteilen überdurchschnittlich stark um fast 4 %. In dieser Menge sind alle zum Teil sehr unterschiedlichen (Infusions- und Injektions-) Verfahren, in der eine geschlossene Form zur Anwendung kommt, zusammengefasst. Entsprechend weit ist dieser Bereich verfahrensseitig zu fassen. Vor allem in der Automobilindustrie wird prozess- und materialseitig derzeit sehr stark an der Weiterentwicklung der Verfahren gearbeitet, deren Ausbringungsmenge von einer geringen Stückzahl bis hin zur Serienfertigung reicht.

Vorteilhaft sind beispielsweise die gegenüber anderen Verfahren differenzierten Variationsmöglichkeiten der Prozessparameter sowie die Möglichkeit zum Einsatz vielfältiger Rohstoffe, Sandwichmaterialien und auch (trockener) Halbzeuge/Preforms. Hinzu kommt, dass die Applizierung entsprechender farbiger Gelcoat-Oberflächen möglich ist. Weiterhin können bei verschiedenen Verfahren teilweise sehr hohe Automatisierungsgrade bei geringer Taktzeit und unter Einhaltung enger Fertigungstoleranzen erreicht werden. Produkte finden sich in fast allen relevanten Anwendungsbereichen. Hierzu zählen der Fahrzeugbau, Windenergieanlagen, Boots- und Schiffbau, Maschinenbau, aber auch die Sanitärtechnik, die Luft- und Raumfahrtindustrie sowie der Sport- und Freizeitbereich.

Continuous Processing/ Kontinuierliche Verfahren:

Auch in diesem Jahr setzt sich das Wachstum im Bereich der sogenannten Kontinuierlichen Verfahren weiter fort.

Platten werden seit Jahren vor allem für Fahrzeuge hergestellt, z. B. für Seitenverkleidungen von Lkw, Aufbauten im Caravan-Bereich oder beim Ausbau von Nutzfahrzeugen. Aber auch in diesem Bereich werden Innovationen vorangetrieben. Hierzu zählt beispielsweise die Auskleidung von Operationsbereichen mit entsprechenden antiseptischen Laminaten oder die Herstellung von Skiern, Wakeboards oder Longboards.

Die wesentlichen Anwendungen für pultrudierte GFK-Profile finden sich im Baubereich, z. B. bei der Herstellung von Brückenelementen, in Geländer- und Leitersystemen oder im Anlagenbau. Gerade im Brückenbau verhindern amtliche Zulassungen bzw. fehlende Normierungen, dass es zum „Serieneinsatz“ kommt.

Die Marktsegmente der kontinuierlichen Verfahren sind durch eine relativ hohe Automatisierung gekennzeichnet. Dabei sind die Prozesse der jeweils relativ wenigen Hersteller aber sehr individuell auf die Unternehmensspezifika angepasst und durch Eigenentwicklungen gekennzeichnet.

Pipes and tanks / Rohre und Tanks:

Mit Schleuder- bzw. Wickelverfahren gefertigte GFK-Rohre und Tanks werden vor allem in der Öl-/Gas- und Chemie-Industrie sowie im Anlagenbau eingesetzt. Der europäische Markt wächst in diesem Jahr leicht um 2 %. Nicht zuletzt wegen der relativ großen Materialmengen je Auftrag und dem oftmals mit den Aufträgen einhergehenden hohen Verwaltungs- und Zulassungsaufwand dominieren wenige große Hersteller den Markt. Das Potenzial ist weiterhin grundsätzlich aber sehr groß, da es hier fast immer um große Mengen geht, insbesondere im Leitungsbau. Entsprechende GFK-Systeme befinden sich fast immer in einer starken Konkurrenzsituation mit anderen Werkstoffgruppen und bilden vor allem im Bereich der Wasserversorgung und Wasserentsorgung noch immer ein Nischenprodukt. Sollte es in den nächsten Jahren über Zulassungen und Normungsaktivitäten gelingen, weiter in die Märkte vorzudringen, ist ein hohes Wachstum möglich.

Thermoplastische Materialien

GMT/LFT:

Glasmattenverstärkte Thermoplaste (GMT) und langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT) verzeichnen in 2015 wie in den Vorjahren ein weit überdurchschnittliches Wachstum von über 9 %. Dabei entfällt von der gesamten europäischen Menge von 132 Kilotonnen etwa zwei Drittel auf LFT und ein Drittel auf GMT. Zweistellige Wachstumsimpulse kommen dabei von den LFT-Produkten und hier im Wesentlichen aus der Automobilindustrie.

Entsprechend einer innerhalb der AVK in diesem Jahr durchgeführten Marktbefragung wird der künftige Einsatz von LFT im Transportsektor vor allem durch Anforderungen an die Kosten beeinflusst, wobei die Unternehmen in diesem Segment einen Preisrückgang der eingesetzten Prozesstechnologien erwarten.

Außerdem sind es die Anforderungen an Gewichtseinsparung sowie an die Materialeigenschaften, die als wesentliche Treiber diesen Markt beeinflussen. Die Einsatzmöglichkeiten im Automobilbereich sind generell groß. Aus dem relativ breiten Produktspektrum wird großes Wachstum in den nächsten Jahren z. B. bei Sitzstrukturen, Unterbodenschutz und Stoßfängern erwartet. Außerdem wird davon ausgegangen, dass bei den eingesetzten Materialien auch Kohlenstofffasern und Naturfasern bis 2020 vermehrt eingesetzt werden.

Neben der Entwicklung neuer Produkte wie z. B. sogenannter Organosheets liegt ein weiterer Forschungsschwerpunkt im Bereich der thermoplastischen Systeme auf den sogenannten Multimaterialsystemen. Hierbei werden sowohl Kombinationen unterschiedlicher Kunststoffe – verstärkt und unverstärkt – als auch die Kombination von Metall-/Kunststoffsystemen untersucht. Ein weiterer Forschungsfokus liegt auf der Untersuchung entsprechender Einsatzmöglichkeiten von Composites-Systemen in Strukturbauteilen.

Lag der Projektfokus lange Zeit überwiegend im Bereich der Reduzierung der Zykluszeit bei der Bauteilherstellung, rücken derzeit weitere Themen in den Fokus. Hierzu zählen neben entsprechenden Materialentwicklungen vor allem Maßnahmen zur prozessbegleitenden Qualitätssicherung und –optimierung sowie zur Entwicklung integrativer Fertigungslösungen. Daneben rücken vor allem im Automobilbereich auch Herausforderungen in der Nutzungsphase in den Fokus.

Kurzfaserverstärkte Thermoplaste:

Neben den in den GFK-Zahlen dieses Marktberichtes enthaltenen GMT-/LFT-Mengen gibt es noch das große Marktsegment der kurzfaserverstärkten Thermoplaste. Der europäische Markt für thermoplastische, glasfaserverstärkte Compounds war mit etwa 1.250 Kilotonnen im Jahr 2014 etwas größer als der betrachtete GFK-Markt (duroplastische Materialien plus GMT/LFT) im selben Zeitraum. Mit ca. 7 % Mengenanstieg pro Jahr gibt es in diesem Segment, das durch eine hohe Automatisierung (Spritzgussprozesse) gekennzeichnet ist, wesentlich stärkere Wachstumsimpulse (*Quelle: AMAC*). Der größte Anteil von Anwendungen ist im Transportbereich zu finden, daneben im Elektro- und Elektronikbereich und im Sport- und Freizeitsegment.

Die Anwendungsindustrien im Überblick

Trotz der aufgezeigten unterschiedlichen Entwicklungen in den Märkten der einzelnen Herstellungsverfahren bleibt der Anteil der großen GFK-Anwendungsindustrien in Europa konstant. Jeweils ein Drittel der gesamten Produktionsmenge wird für den Transportbereich und für den Baubereich hergestellt. Weitere Anwendungsbereiche sind die Elektro-/Elektronikindustrie sowie die Sport- und Freizeitindustrie (s. Abb. 3).

Dabei fallen in den Transportbereich sowohl die Fahrzeugindustrie (Pkw und Nutzfahrzeuge) als auch Schienenfahrzeuge, Boote und Luftfahrzeuge. Die Herstellung von Bauteilen für Windkraftanlagen fällt in den Baubereich.

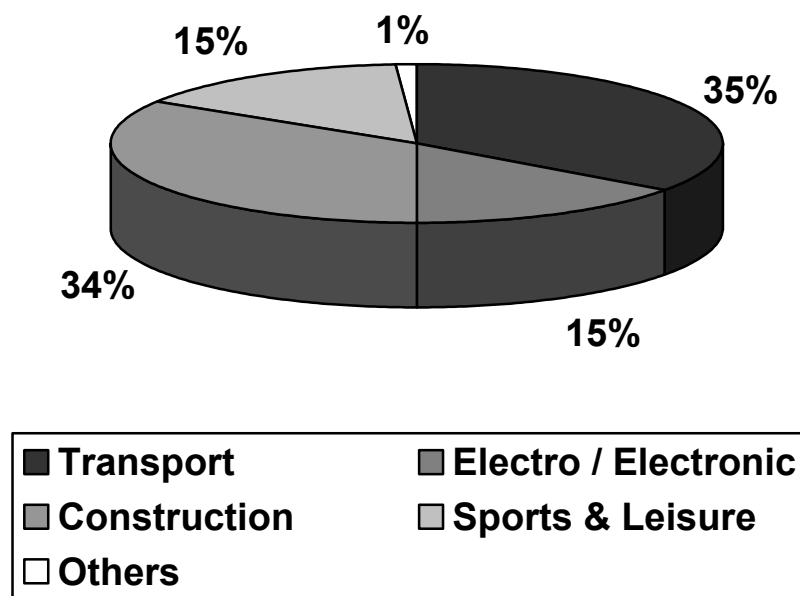


Abb. 3: Aufteilung der GFK-Produktion in Europa auf Anwendungsindustrien (Jahr: 2015)

Die GFK-Produktion 2015: Länder-Betrachtung

Neben der differenzierten Betrachtung der europäischen GFK-Gesamtmenge nach einzelnen Verfahren/Teilen muss man sich auch die einzelnen Länderentwicklungen genauer ansehen, da auch hier die Entwicklung stark divergiert.

Die Länder bzw. Ländergruppen mit den höchsten Wachstumsraten bleiben Deutschland, UK/Irland sowie die osteuropäischen Staaten. Deutschland als größtes europäisches GFK- bzw. Composites-Land hat in 2015 das stärkste Wachstum mit 6 % gegenüber dem Vorjahr und einer Gesamtmenge von 212 Kilotonnen. Die betrachteten osteuropäischen Länder entwickeln sich mit über 4 % und UK/Irland mit fast 3 %.

Den einzigen Mengenrückgang gibt es derzeit in den skandinavischen Ländern, wohingegen es bei anderen Ländergruppen mit absolut gesehen niedrigem Mengenniveau Stabilität (Österreich/Schweiz) bzw. geringes Wachstum gibt (Beneluxstaaten).

In den südeuropäischen Ländern setzt sich die Entwicklung des Vorjahres fort: In Spanien/Portugal und Italien ist ein niedriges Wachstum festzustellen, in Frankreich stagniert die Produktionsmenge immer noch. Zurückzuführen sind die Marktbewegungen auch in diesen Ländern auf die Entwicklung in einzelnen Kernindustrien, wie beispielsweise dem Automobil- und Bootsbau sowie dem Bau- und Infrastrukturbereich. Das einsetzende leichte Wirtschaftswachstum wird sich auch auf die GFK-Industrie auswirken.

Seit einigen Jahren liegen auch entsprechende Markterhebungen des türkischen Composites-Marktes vor. In dem gegenüber den europäischen Ländern dieses Berichtes größten GFK-Markt ist in 2015 erstmals ein schwächeres Wachstum als in den Vorjahren zu verzeichnen. Um etwa 2 % vergrößert sich dieser seit 2011 in die (separate) Betrachtung einbezogene Markt laut Türkischem Composites-Verbandes TCMA (*Quelle: TCMA*). Das größte Wachstumspotenzial wird bei der mit fast 50 % Mengenanteil weiterhin mit Abstand größten Anwendungsindustrie, GFK-Rohre und Tanks für Infrastrukturprojekte, gesehen.

Das Potenzial insbesondere für Neuanlagen ist hier weiterhin groß. Aber auch der Automobil- und Transportbereich mit (vergleichsweise geringen) 20 % Anteil am gesamten GFK-Markt ist hier ebenso ein Wachstumstreiber wie CFK-Anwendungen.

	2012 Kt	2013 Kt	2014 Kt	2015* Kt
UK / Ireland	134	140	146	150
Belgium / Netherlands / Luxembourg	43	42	43	44
Finland / Norway / Sweden / Denmark	44	44	42	39
Spain / Portugal	160	152	154	156
Italy	152	146	148	150
France	117	112	108	108
Germany	182	192	200	212
Austria / Switzerland	17	17	18	18
Eastern Europe**	161	175	184	192
Sum:	1.010	1.020	1.043	1.043
Turkey***	195	214	245	250

Abb. 4: GFK-Produktionsmengen in Europa und in der Türkei nach Ländern/Ländergruppen

(Kt = Kilotonnen / 2015* = geschätzt / Eastern Europe** = Polen, Tschechien, Ungarn, Rumänien, Serbien, Kroatien, Mazedonien, Lettland, Litauen, Slowakei und Slowenien / Turkey*** = Quelle: TCMA)

Weitere Composites-Materialien

Auch wenn der Eindruck in der aktuellen medialen Berichterstattung und auf vielen Kongressen und Messen ein anderer ist, bleiben GFK in der Composites-Industrie weiterhin die mit Abstand größte Materialgruppe. Die Verstärkungsfasern sind in über 95 % der Composites-Gesamtmenge Glasfasern (Kurz- und Langfasern, Rovings, Gelege...).

Von den in 2014 weltweit 8,8 Millionen Tonnen hergestellten Composites (*Quelle: JEC Composites*) wurden in Europa 2,3 Millionen Tonnen glasfaserverstärkte Kunststoffe hergestellt. Davon machte in 2014 der hier detailliert betrachtete Markt 1,04 Millionen Tonnen aus und die kurzfaserverstärkten Thermoplaste 1,250 Millionen Tonnen.

Der weltweite Bedarf an kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) beträgt im Jahr 2015 geschätzte 91.000 Tonnen (s. hierzu den zweiten Teil dieses Marktberichtes).

Für Bauteile aus naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) liegen gegenüber dem letztjährigen Marktbericht keine aktuelleren Marktzahlen vor. Mit Haupteinsatzgebiet im Automobilssektor wurden in den Ländern der EU im Jahr 2012 92.000 Tonnen NFK hergestellt, wobei der mit Abstand größte Markt der deutsche ist (*Quelle: nova-Institut GmbH*).

Ausblick

Composites und GFK sind Konstruktionswerkstoffe der Zukunft. Dies wird oftmals in (Fach-)Medien und auf einer Vielzahl von Veranstaltungen betont.

Für die Unternehmen in der Composites-Wertschöpfungskette ist das derzeitige sowohl medien- als auch industrieseitig große Interesse an Zukunftsmärkten uneingeschränkt positiv zu bewerten. Es stellen sich aber zahlreiche Herausforderungen, die es innerhalb der Composites-Industrie, aber auch kooperativ darüber hinaus, anzugehen gilt.

Hybride-/Multimaterialsysteme vs. Werkstoffdenken

Oftmals findet man innerhalb der Composites-Industrie ein recht starkes „Inseld Denken“. Es wird eine starke Unterscheidung zwischen einzelnen Werkstoffgruppen wie z. B.

Duroplasten, Thermoplasten, GFK, CFK, NFK, Langfasern, Kurzfasern usw., aber auch in Bezug auf unterschiedliche Herstellungsverfahren, gemacht. Entsprechende Akteure oder Interessengruppen betonen oft die Möglichkeiten des Einsatzes des jeweils fokussierten Werkstoffs bzw. Werkstoffkomplexes. Vom Grundgedanken ist dies durchaus verständlich. Vor dem Hintergrund konkurrierender Systeme und/oder festgelegter Materialeigenschaften kann dies aber zum Problem werden. Betrachtet man beispielsweise die Automobilindustrie, so wird schnell klar, dass Composites generell ein enormes Leichtbaupotential aufweisen. Die reine „Fixierung“ auf lediglich eine spezielle Werkstofflösung (bspw. LFT, SMC, CFK oder andere) und die Vernachlässigung anderer Alternativen kann letztendlich dazu führen, dass es nicht zur Anwendung der optimalen Lösung kommt. Dies muss auf lange Sicht zu einem Verlust an Glaubwürdigkeit, Vertrauen in die Werkstoffgruppe generell und letztendlich Marktverlusten führen.

Es sollte gemeinsam, über Werkstoffgrenzen hinaus, an einer Markterweiterung gearbeitet werden. Hierzu zählt auch, im Zweifel von „eigenen“ Lösungen abzurücken und gegebenenfalls andere Lösungswege aufzuzeigen. Nur so wird man sich langfristig Marktanteile sichern und Composites als Konstruktionswerkstoff weiter etablieren können.

Normungszwang und Marktzugang

Normung ist ein Thema, dem sich Unternehmen häufig nur ungern stellen. Oftmals als bürokratisch oder lästig empfunden, entziehen sich Unternehmen wenn möglich diesem Thema und wenden nur dort entsprechende Regelungen an, wo sie von Auftraggebern verlangt werden.

Vergessen wird vor diesem Hintergrund aber, dass Normung nicht nur Geld und Ressourcen kostet, sondern über Marktzugänge und/oder Sperren entscheiden kann. Deutschland und Europa waren lange Zeit führend im Bereich der Normungsarbeit und konnten so ihre Standards auch international manifestieren.

Die Welt und vor allem der Handel werden immer internationaler. Speziell in Asien reagiert man darauf nicht mit reinen Handelsbarrieren, die oft nur schwer durchzusetzen sind, sondern die Aktivitäten im Bereich der Normung werden erhöht.

Durch die Durchsetzung eigener Standards wird so der Marktzugang kanalisiert oder zumindest beeinflusst. Die europäische Industrie verliert derzeit stark an Einfluss im internationalen Normungsbereich und wird zu einem „Empfänger“ entsprechender Anforderungen.

Dieser Zusammenhang wird leider vielfach noch nicht als Aufgabe/Herausforderung in der Industrie wahrgenommen. Nur wer sich aktiv an der Normungsarbeit beteiligt, wird auch weiterhin seine Standards festschreiben können.

Praxistauglichkeit und Machbarkeit

Die Forschungsaktivitäten im Composites-Bereich, speziell im Segment des Leichtbaus, haben in den vergangenen Jahren sehr stark zugenommen. Sowohl in öffentlich geförderte als auch in industrielle Projekte wird enormes neues Wissen rund um die gesamte Wertschöpfungskette und hinsichtlich potentieller Einsatzmöglichkeiten generiert. Dies ist ebenso wie auch das bereits an anderer Stelle angesprochene mediale Interesse, durchweg positiv zu beurteilen. Denn die gewonnenen Erkenntnisse dienen sowohl den involvierten Partnern als auch der gesamten Industrie. Entsprechende Leuchtturmprojekte, bei denen grundlegender Erkenntnisgewinn im Fokus steht, sind von enormer Bedeutung für die Industrie. Wünschenswert wäre es, wenn im Rahmen der technologischen Betrachtungen der wirtschaftliche Fokus einen deutlich höheren Stellenwert erlangte. Businesspläne, Finanzierungsmodelle und die tatsächliche Umsetzung in der Industrie sollten auch im Rahmen von Veröffentlichungen mehr betont werden.

Geht dieser Aspekt verloren oder rückt zu sehr in den Hintergrund, werden sich potentielle Kunden, die sich mit den Werkstoffen nicht im Detail auskennen, weiter vom Werkstoffe entfernen. Ein manchmal falsches Image oder die häufig vermeintlich hohen Rohstoff-, Anschaffungs- und Produktionskosten scheinen den Einsatz manchmal zu blockieren, obwohl Lösungen auch wirtschaftlich interessant sein können.

Tagesgeschäft vs. Zukunft

Composites entfalten ihre gesamte „Kraft“ oft erst dann, wenn die Produkte entsprechend lastgerecht konstruiert werden. Dieser Faktor ist nur einer von vielen Besonderheiten, die Composites aufweisen und der in der Branche wie selbstverständlich kommuniziert wird. Weniger selbstverständlich ist es aber leider häufig, dass das spezifische Wissen, welches man zur Konstruktion mit Faserverbundwerkstoffen benötigt, noch nicht „allgemein“ bekannt ist. An Universitäten, Fachhochschulen oder Berufsschulen fristen Composites nach wie vor ein Nischendasein. Anderen Werkstoffgruppen wird deutlich mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Speziell aber der heutige Nachwuchs entscheidet später über den Einsatz der Werkstoffe. Oftmals ist der Student von heute mit seinen Anliegen und Fragen potentieller Kunde oder Auftraggeber von morgen.

Wunsch vs. Wirklichkeit

Im oberen Bereich dieses Berichtes wird auf SMC/BMC-Materialien eingegangen. Diese werden bereits seit vielen Jahren in der automobilen Großserie eingesetzt. Bei der Pultrusion und dem Wickeln handelt es sich um kontinuierliche Verfahren, die teilweise mit Hilfe hochtechnologisierter Anlagen ablaufen. Dennoch findet man auch heute noch vielfach Artikel oder Vorträge, in denen es heißt, man müsse an Lösungen arbeiten, um „Composites in großen Stückzahlen/ in Serie zu fertigen“. Diese Arbeit wäre vor dem oben genannten Hintergrund schlichtweg überflüssig, denn die Serienfertigung existiert bereits und ist etabliert. Auch wenn es speziell im Bereich der Hochleistungsverbundwerkstoffe zahlreiche Bestrebungen hinsichtlich des Serieneinsatzes gibt, sollte man dennoch darauf hinweisen, dass es sich bei diesen Bestrebungen um Teilbereiche der Composites-Industrie handelt. Andere Materialien lassen sich problemlos in Serie verarbeiten. Um konkurrenzfähig zu sein, sollte dies deutlich kommuniziert werden.

Prognose vs. Entwicklung

Die Zukunft kann man nicht vorhersagen und bereits seit vielen Jahrhunderten ist bekannt, dass nichts so beständig ist wie der Wandel. Hier zeigt sich das wahre Wesen von Composites. Der Markt für Composites wuchs in den vergangenen Jahren beständig, auch wenn dieses Wachstum nicht in allen Segmenten und Regionen gleichmäßig verläuft. Wie stark im Einzelnen das Wachstum in den kommenden Jahren aussehen wird, kann man nicht genau vorhersagen. Fakt ist: Composites bieten vielfältige Möglichkeiten und oft hat sich deren Potential noch nicht entfaltet bzw. wurde noch nicht vollumfänglich genutzt. Gemeinsam mit allen Partnern entlang der gesamten Wertschöpfungskette bieten sich aber noch zahlreiche Möglichkeiten, die hoffentlich auch in Zukunft genutzt werden. Letztendlich wird sich der Werkstoff durchsetzen, der auf lange Sicht am besten für die jeweilige Anwendung geeignet ist. Das müssen nicht immer, können aber auch Composites sein.

Der globale CFK-Markt 2015

CCeV und die Autoren

Thomas Kraus und Michael Kühnel sind Projektarchitekten bei Carbon Composites e.V. (CCeV) und erstellen seit 2014 den CCeV Marktbericht.

Carbon Composites e.V. (CCeV) ist ein Verbund von Unternehmen und Forschungseinrichtungen, der die gesamte Wertschöpfungskette der Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffe abdeckt. CCeV vernetzt Forschung und Wirtschaft in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

CCeV versteht sich als Kompetenznetzwerk zur Förderung der Anwendung von Faserverbundwerkstoffen. Die Aktivitäten von CCeV sind auf die Produktgruppe „Marktfähige Hochleistungs-Faserverbundstrukturen“ ausgerichtet. Die Schwerpunkte liegen auf Faserverbundstrukturen mit Kunststoffmatrixen, wie sie aus vielen Anwendungen auch einer breiteren Öffentlichkeit bekannt sind, sowie auf Faserverbundstrukturen mit Keramikmatrixen mit ihren höheren Temperatur- bzw. Verschleißbeständigkeit und auf Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen für das Bauwesen.

Der globale CFK Markt 2015

Allgemeines

In der nun sechsten Auflage erscheint seit 2010 jährlich der Composites-Marktbericht von CCeV und AVK, der mittlerweile auch über die Grenzen des deutschen Sprachraums hinaus zunehmend Beachtung findet. Mit 272 Mitgliedern (Stand September 2015) stellt der CCeV eine repräsentative Anzahl an Unternehmen, Forschungseinrichtungen und sonstigen Organisationen im **Carbonfaser (CF)** und **Carbon Composites (CC)** Markt Deutschlands, Österreichs und der Schweiz dar.

Wird der CF-Markt betrachtet so stellen die CCeV-Mitglieder SGL, Toray, TohoTenax, Cytec und Hexcel mit 79,2 Tsd. Tonnen Jahreskapazität für die CF-Produktion ca. 63 % der weltweiten Produktion im Jahr 2014, was die internationale Relevanz der international tätigen CCeV-Mitglieder unterstreicht. Mitunter wurden Informationen und Daten durch CCeV-Mitglieder bereitgestellt, aber auch mit Hilfe aktueller Marktdaten von u.a. Lucintel [1], [2] und Acmite [3] überprüft und ergänzt. In seiner Gliederung folgt der aktuelle Marktbericht dem des Vorjahres, um einen gewohnten Aufbau und eine gute Vergleichbarkeit zu gewähren.

Begriffsklärung

Da in manchen Berichten keine Angaben zur Berechnung der gemittelten Wachstumsraten gemacht werden oder diese durcheinander gebracht werden, seien hier die beiden geläufigsten Wachstumsraten sowie deren Berechnung aufgeführt:

- **Averaged Annual Growth Rate (AAGR)** = Arithmetic Mean Return (AMR) = Arithmetisches Mittel aus n jährlichen Wachstumsraten (AGR):

$$AAGR(t_1, t_n) = \frac{AGR(t_1) + AGR(t_2) + \dots + AGR(t_n)}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AGR(t_i)$$

- **Compound Annual Growth Rate (CAGR)** = jährliche Wachstumsrate zwischen n Jahren unter Annahme eines prozentual gesehen konstanten Wachstums:

$$CAGR(t_1, t_n) = \left(\frac{A(t_n)}{A(t_1)} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad \leftrightarrow \quad A(t_n) = A(t_1)(1 + CAGR)^n$$

In diesem Marktbericht werden ausschließlich Wachstumsraten auf Basis des CAGR berechnet, da dieser die bei konstanten Marktwachstumsraten auftretenden exponentiellen Wachstumsverhältnisse besser abbildet. Die in den folgenden Grafiken dargestellten Trendlinien basieren aus diesem Grund ebenfalls auf exponentiellen Kurven.

Der globale Carbonfaser-Markt

Der globale Bedarf an Carbonfasern von etwa 53 Tsd. Tonnen für 2014 übertrifft leicht den Erwartungswert des Vorjahresberichtes. Es ergibt sich somit ein Wachstum von 14 % zum Vorjahr (46,5 Tsd. t) und bezüglich des Jahrs nach der Finanzkrise 2009 (26,5 Tsd. t) hat sich der Bedarf verdoppelt. Die jährliche Wachstumsrate ausgehend von 2008 (31,5 Tsd. t) beträgt 9,1 %, bezogen auf 2009 (26,5 Tsd. t) sogar 14,9 %.

Der weltweite Gesamtumsatzes mit CF beträgt etwa 1,98 Mrd. US\$ für 2014. Es ergibt sich bezogen auf 1,77 Mrd. US\$ (2013) ein Wachstum von 11,9 %.

Insgesamt zeigt der CF-Bedarf seit der allgemeinen wirtschaftlichen Rezession 2009 ein stetiges Wachstum (siehe Abbildung 1). Die nach 2009 anfänglichen starken jährlichen

Wachstumsraten von über 20 % haben sich nachfolgend wieder auf ein normales Wachstum von 6,9 % für 2013 abgesenkt.

Von 2013 bis 2014 ist mit 14,0 % erstmals wieder eine deutliche Steigerung der jährlichen Wachstumsrate sichtbar. Im Ausblick für die folgenden Jahre wird von einer zweistelligen jährlichen Wachstumsrate ausgegangen, die sich bei rund 12 % einpendelt, so dass bereits 2020 die Marke von 100 Tsd. t CF-Bedarf durchbrochen werden könnte.

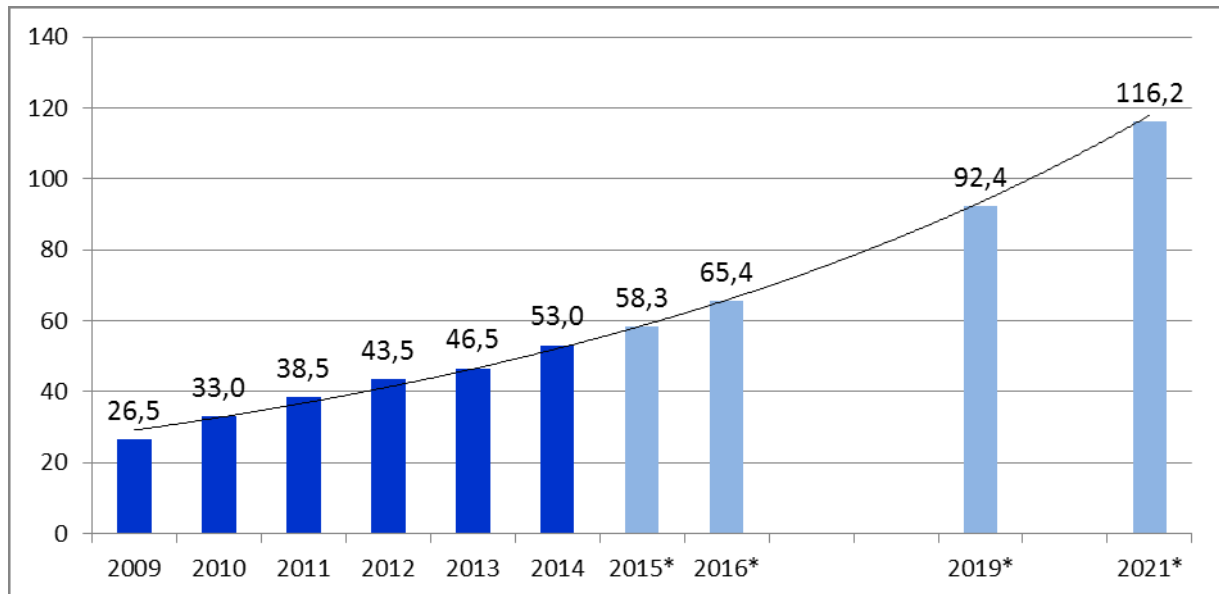


Abbildung 1: Globaler Bedarf von Carbonfasern in Tsd. Tonnen 2009 bis 2021 (* Schätzungen).

Nach Hersteller

Die Übernahme von Zoltek durch Toray ist sicherlich die bemerkenswerteste Veränderung in der Übersicht der zehn führenden Carbonfaser-Hersteller (siehe Abbildung 2). Bereits Ende 2013 wurde die geplante Akquisition bekannt und im vergangenen Jahr vollzogen. Für 2014 kommen beide Firmen zusammen auf eine jährliche Produktionskapazität von 44,5 Tsd. Tonnen Carbonfasern. Toray hat 2014 seine Kapazität um 6 Tsd. t auf 27,1 Tsd. t erhöht. [4] [5] Bei einer geschätzten globalen Gesamtkapazität von 125,2 Tsd. Tonnen Carbonfasern auf Basis von Polyacrylnitril (PAN) und Pech (Pitch) macht dies etwa ein Drittel des globalen CF Marktes aus.

Auch weitere Faserhersteller haben ihre CF-Produktionskapazitäten ausgebaut oder planen dies. Mitsubishi Chemical Holdings Corporation angekündigt, dass die beiden Tochterunternehmen Mitsubishi Rayon (MRC) und Mitsubishi Plastics (MPI) künftig gemeinsam im Carbonfaser-Geschäft agieren werden.

MRC stellt PAN basierte Carbonfasern, MPI Pitch basierte Fasern her. [6] Die CF-Kapazität von MRC wurde neu bewertet auf 11,1 Tsd. t und ein weiterer Ausbau der Produktionskapazität in Sacramento (USA) wurde angekündigt. [7] SGL und BMW haben in einer Kooperation, wie bereits im Vorjahresbericht erwähnt, in Moses Lake zwei weitere Fertigungslinien mit einer Kapazität von 3 Tsd. t installiert. [8]

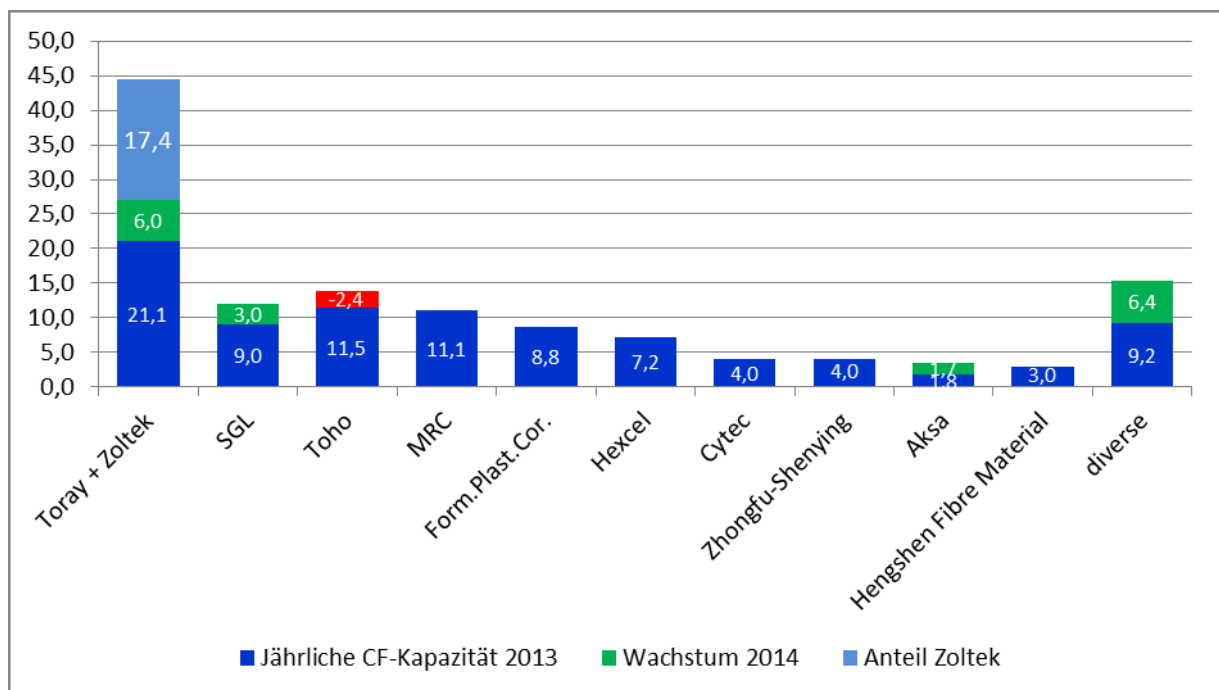


Abbildung 2: CF-Kapazitäten in Tsd. Tonnen nach Herstellern (2014).

AKSA hat mit einer zweiten Fertigungslinie und einem leichtem Ausbau der ersten seine Kapazität verdoppelt. [9] Toho Tenax beendete 2014 seine CF Produktion in den USA, die jährliche CF-Kapazität geht um die dort installierte Kapazität von 2,4 Tsd. t zurück auf insgesamt 11,5 Tsd. t. Neu in den Top 10 sind die in China beheimateten Firmen Zhongfu-Shenyng und Hengshen Fibre Material mit 4 bzw. 3 Tsd. t Produktionskapazität.

Einen relativ großen Zuwachs gibt es auch bei den unter „diverse“ zusammengefassten kleineren Herstellern vor allem in China (Dalian Xingke Carbon Fiber oder Yingyou Group

Corp.), Süd Korea (Hyosung), Russland (Composite Holding Co., Alabuga-Fibre LLC) und Indien (Kemrock Industries and Exports Ltd.) mit Produktionskapazitäten unter 3 Tsd. t. Auch Saudi Arabien versucht mit Saudi Basic Industries Corp. (SABIC) im Carbonfaser-Markt Fuß zu fassen. Eine Fabrikanlage mit einer geplanten jährlichen Kapazität von 2 bis 3 Tsd. Tonnen CF soll 2015 seinen Betrieb aufnehmen.

Insgesamt kommen die zehn führenden Faserhersteller auf etwa 88% der globalen CF-Kapazität und dominieren diesen somit nach wie vor. Betrachtet man den CF Bedarf von 2014 so liegt die Überkapazität bei ca. 42 %.

Nach Regionen

Die jährliche Produktionskapazität von 125,0 Tsd. t aufgeteilt nach Regionen bzw. Ländern wird in Abbildung 3 vorgestellt. Nach wie vor sind die bedeutendsten Regionen Asien inkl. Pazifikraum mit 47 %, Nordamerika mit 31 % und Europa mit etwa 20 % bezogen auf die globale Kapazität in Tonnage. Insbesondere die in Japan ansässigen marktführenden Faserhersteller Toray, MRC und Toho sorgen für den hohen Anteil an Kapazität im asiatischen Raum. Auch China baut seine Produktionskapazitäten aus und kommt nun insgesamt auf knapp 13 Tsd. t für 2014 bzw. 10% der globalen CF-Kapazität. Für Deutschland, Frankreich und Großbritannien bleiben die jährlichen CF-Kapazitäten nahezu unverändert und stellen somit einen Anteil von 5%, 4% und 3% dar.

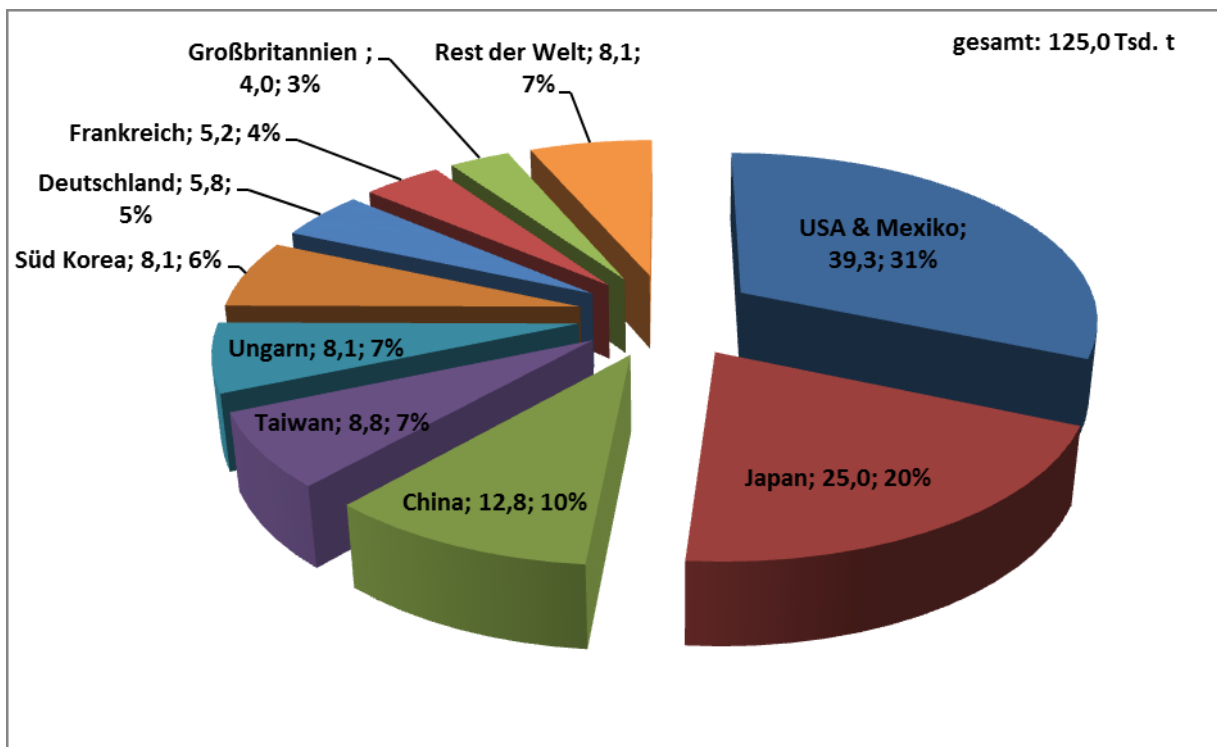


Abbildung 3: Jährlicher CF-Kapazität in Tsd. Tonnen nach Regionen/Ländern (2014).

Nach Anwendungen

Betrachtet man den Bedarf von Carbonfasern für verschiedene Anwendungen (Abbildung 4) so ist nach wie vor Luft- und Raumfahrt inkl. Verteidigung das bedeutendste Einsatzgebiet mit rund 15,4 Tsd. Tonnen CF-Bedarf, also rund 29 % des globalen CF-Gesamtbedarfs in Höhe von 53 Tsd. Tonnen. Eine deutliche Zunahme um ca. 3500 Tonnen ist im Bereich Fahrzeugbau zu registrieren und ergibt etwa 16 % des globalen CF-Bedarf. Einen bemerkenswerten Anteil am Wachstum hat insbesondere auch die nun laufende Produktion des BMW i3 mit weltweit 16.052 verkauften Einheiten im vergangenen Jahr. [10]

Es folgen die Segmente Windenergie (14 %), Sport und Freizeit (12 %), sowie Molding & Compound (11 %), die einen zu 2013 vergleichbaren Anteil am CF-Bedarf darstellen, ebenso wie die weiteren Applikationen Drucktanks, Bauwesen und Marine.

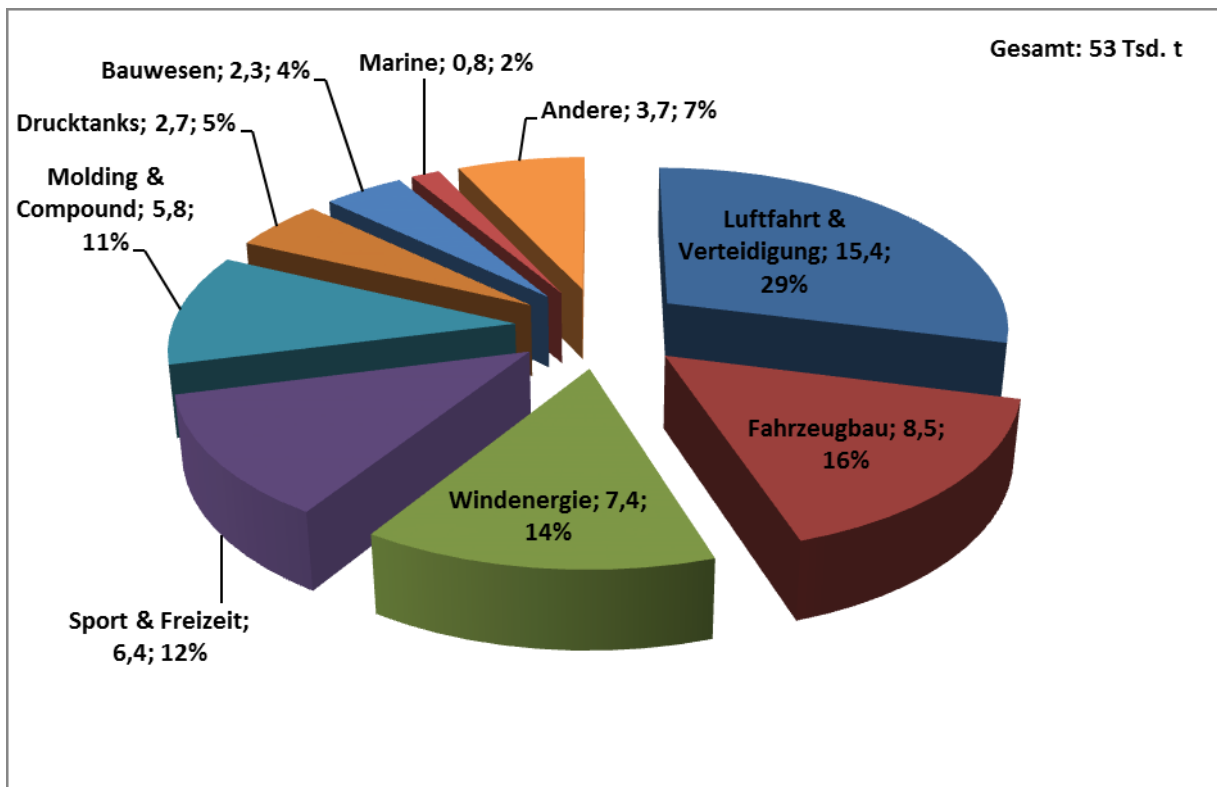


Abbildung 4: Globaler CF-Bedarf in Tsd. Tonnen nach Anwendungen (2014).

Für die Aufteilung des CF-Umsatz 2014 nach Anwendungen (Abbildung 5) muss berücksichtigt werden, dass sich die verschiedenen Anwendungsgebiete hinsichtlich der üblichen Herstellverfahren oder den Qualitätsanforderungen unterscheiden. Im Bereich der Luft- und Raumfahrt inkl. Verteidigung wird beispielsweise mit 29% der CF-Menge 48 % des weltweiten Umsatzes erzielt.

Speziell in dieser Branche entstehen zusätzlich zu hohen Qualitätsansprüchen noch hohe Kosten durch Zulassungen und Werkstoffprüfungen. In allen anderen Anwendungsbereichen ist der prozentuale Anteil im Verhältnis zur hergestellten Menge geringer, bis auf Sport und Freizeit entspricht die Reihenfolge derjenigen aus Abbildung 4.

Wie bereits beim CF-Bedarf hat auch hinsichtlich des CF-Umsatz der Fahrzeugbau deutlich zugelegt und sich knapp vor die Bereiche Sport und Freizeit, Windenergie und Molding & Compound geschoben. Ansonsten gibt es zumindest hinsichtlich der prozentualen Verteilung keine wesentlichen Veränderungen im Vergleich zum Umsatz im Jahr 2013.

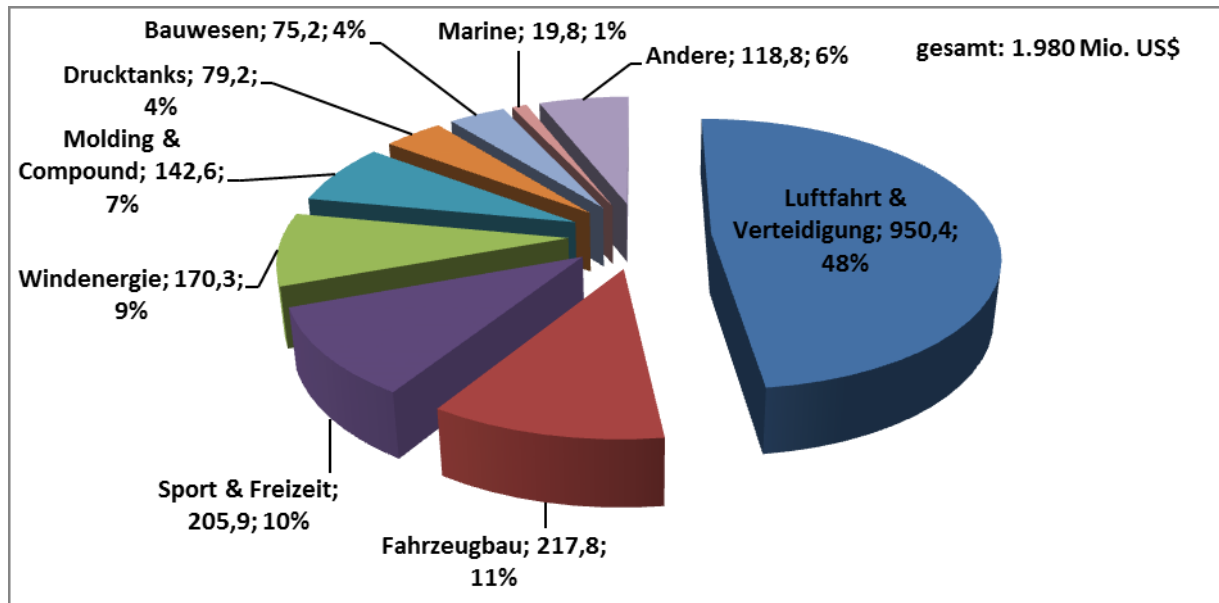


Abbildung 5: Globaler CF-Umsatz in Mio. US\$ nach Anwendungen (2014).

Der globale Carbon-Composites-Markt

Der Großteil der hergestellten Carbonfasern wird zu Verbundwerkstoffen weiterverarbeitet, also in eine Matrix eingebettete Carbonfasern. Der CC-Markt entwickelt sich daher nahezu analog zum CF-Markt, allerdings fallen aufgrund des Matrixanteils die genannten Mengen deutlich höher aus.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung des weltweiten CFK-Bedarfs bezogen auf die hergestellte Menge in Tonnen. Von 2013 auf 2014 ist ein Wachstum um etwa 15 % von 72 auf rund 83 Tsd. t zu verzeichnen. Für die weitere Entwicklung wird von einer jährlichen Wachstumsrate von rund 11 % ausgegangen, so dass 2021 ein CFK-Bedarf von 175 Tsd. t erreicht werden könnte. Die europäischen Verordnungen zur Reduzierung des CO₂ Ausstoßes, aber auch die Bemühungen in den USA zur effizienteren Treibstoffnutzung durch Leichtbau sind der Schlüssel für einen steigenden Anteil an CFK in Luftfahrt und insbesondere im Fahrzeugbau. Beide Anwendungen werden als die wesentlichen Wachstumstreiber der nächsten Jahre erachtet.

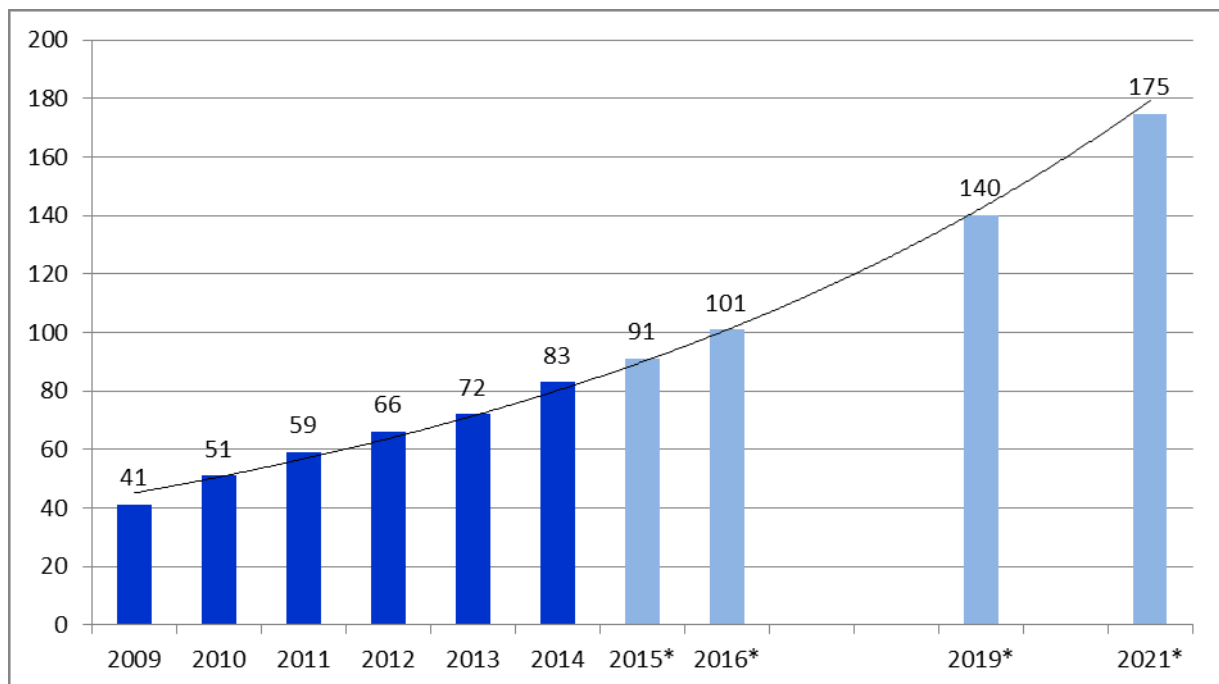


Abbildung 6: Globaler CFK-Bedarf in Tsd. Tonnen 2009–2021 (*Schätzungen).

Nach Matrices

Carbonfasern werden fast ausschließlich zur Verstärkung verschiedenster Matrices verwendet. Neben Kohlenstoff, Keramik oder Metall für Werkstoffe in speziellen Anwendungsgebieten soll im Folgenden der Fokus vor allem auf den Carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) liegen. Der Gesamtumsatz von CC lag 2014 bei etwa 16,6 Mrd. US\$, wovon 10,6 Mrd. US\$ auf CFK entfielen (Abbildung 7). Die auf Polymermatrix basierenden Verbundwerkstoffe entsprachen somit wie schon 2013 etwa 64% des gesamten mit CC erzielten Umsatzes. [3]

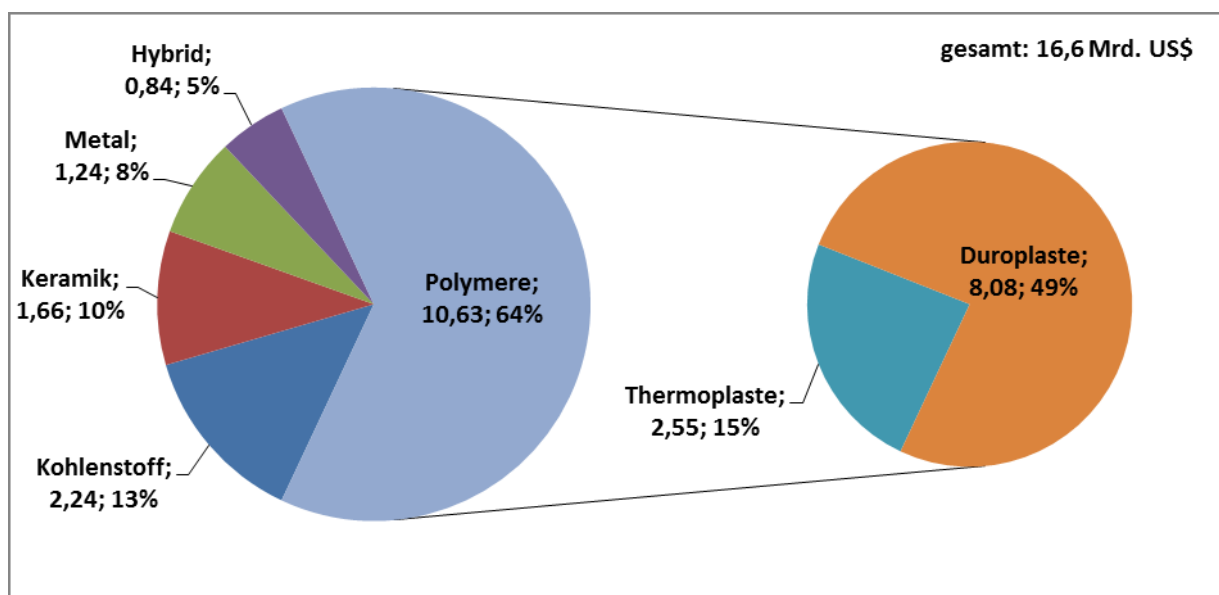


Abbildung 7: CC Umsatz in Mrd. US\$ nach Matrix-Werkstoff (2014).

CFK kann hinsichtlich des für die Matrix verwendeten Polymers weiter in thermoplastische und duroplastische CFK unterteilt werden (siehe rechte Seite Abbildung 7). Nach wie vor sind Duroplaste die gebräuchlichste Polymer-Matrix für Carbonfasern. Dies macht sich auch in den Umsatzanteilen beider Kunststoffarten am CFK Gesamtumsatz bemerkbar. Gründe für den etablierten Einsatz der Duromere sind z.B.:

- Gute mechanische Eigenschaften
- Temperaturbeständigkeit
- Geringe Feuchteaufnahme
- Günstigere Materialkosten für den Anwender (weniger Wertschöpfung beim Materialhersteller)

- Große Auswahl an Matrixsystemen, Materialherstellern und Herstellverfahren

Demgegenüber stehen die Vorteile der Thermoplaste, die einen in Zukunft verstärkten Einsatz dieser Kunststoffart wahrscheinlich machen, wie z.B.:

- Kurze Prozessierbarkeit (keine chemische Reaktion wie bei Duroplasten nötig)
- Schlagzähigkeit, hohe Schadenstoleranz
- Umform- und Schweißbarkeit
- Unproblematische Lagerbarkeit
- Gute Recyclingfähigkeit

Elastomere Matrices tauchen bis heute nur marginal auf, könnten aber in Zukunft etwas an Bedeutung zunehmen, z.B. für elastische, gelenklose Welle-Nabe-Verbindungen im Maschinenbau.

Noch ein Hinweis der Autoren, da immer wieder die Frage nach dem anhaltend hohen Preis für „fertig einsetzbare“ CFK-Bauteile im Zusammenhang mit dem Wachstum der Branche aufkommt:

Teilt man den weltweit in 2014 mit CFK erwirtschafteten Umsatz von 10,6 Mrd. US\$ durch den weltweiten CFK-Bedarf in 2014 von 83 Tsd. t, so erhält man einen „imaginären“ – da über alle Branchen und Anwendungen gemittelten – gewichtsbezogenen CFK-Preis von **128 US\$/kg**. Auch wenn die Aussagekraft dieser Zahl nur gering ist, so zeigt sie doch, dass trotz anhaltender Rufe gerade der Automobilbranche nach immer günstigeren Kilopreisen für fertig konsolidierte und besäumte CFK-Bauteile (teilweise 25 US\$/kg und weniger) der große Durchschnitt der Branche weit darüber liegt und der Markt dennoch konstante Wachstumsraten im zweistelligen Bereich aufweist. Der Branchenübergreifend günstigste erzielbare Kilopreis kann also nur die Speerspitze einer Gauß'schen Häufigkeitsverteilung sein. Auch wenn dieser aufgrund reduzierter Prozesskosten immer weiter sinken wird, so wird das Branchenmittel der gefertigten Bauteile auch in Zukunft deutlich darüber liegen, was zumindest der bemerkenswerten Entwicklung der vergangenen fünf Jahre (Verdoppelung des Bedarfes) keinen Abbruch getan hat.

Nach Herstellverfahren

Zur Herstellung von CFK-Werkstoffen/-Bauteilen werden unterschiedliche Produktionsverfahren eingesetzt (siehe Abbildung 8).

Im Vergleich zum letztjährigen Marktbericht haben die Prepreg-basierten Ablegeprozesse von 37% auf 45% Marktanteil einen deutlichen Zuwachs erlebt. Gleichzeitig nahmen die Pultrusions- und Wickelverfahren von 40% auf 26% ab. Teilweise kann diese Änderung über die verstärkte Verwendung von duromerem Prepreg-Material in Fiberplacement- sowie Tapelegeverfahren gerade beim zivilen Flugzeugbau (v.a. A350 und B787) erklärt werden. Zudem ist Vorsicht beim Vergleich der Zahlen zum Vorjahres-Marktbericht geboten, da sich damals die Zahlen auf den **CFK-Umsatz in US\$** bezogen, während heuer aufgrund geänderter Datenbasis die Herstellverfahren auf die **CFK-Bedarf in Tsd. t** beziehen. Eine Korrelation zwischen mittels verschiedener Produktionsverfahren hergestellten Tonnagen und erzeugtem Umsatz ist den Autoren nicht bekannt.

Dieser Effekt wird überlagert durch die unterschiedliche Eingruppierung der Fertigungsverfahren durch verschiedene Quellen (u.a. Acmite und Lucintel). So gibt es einige Wickelverfahren z.B. für Drucktanks im Luft- und Raumfahrt- oder Maschinenbau-Bereich, die duromere Prepregs verwenden. Hier wird der Wickelkörper in einem anschließenden Ofenprozess (kein Autoklav) über einen Vakuumaufbau sowie die thermische Dehnung des Wickeldorns kompaktiert. Dieses Prozessbeispiel soll zeigen, wie schwierig und unterschiedlich manchmal die Kategorisierung verschiedenster Herstellverfahren und ihrer Abwandlungen ausfällt.

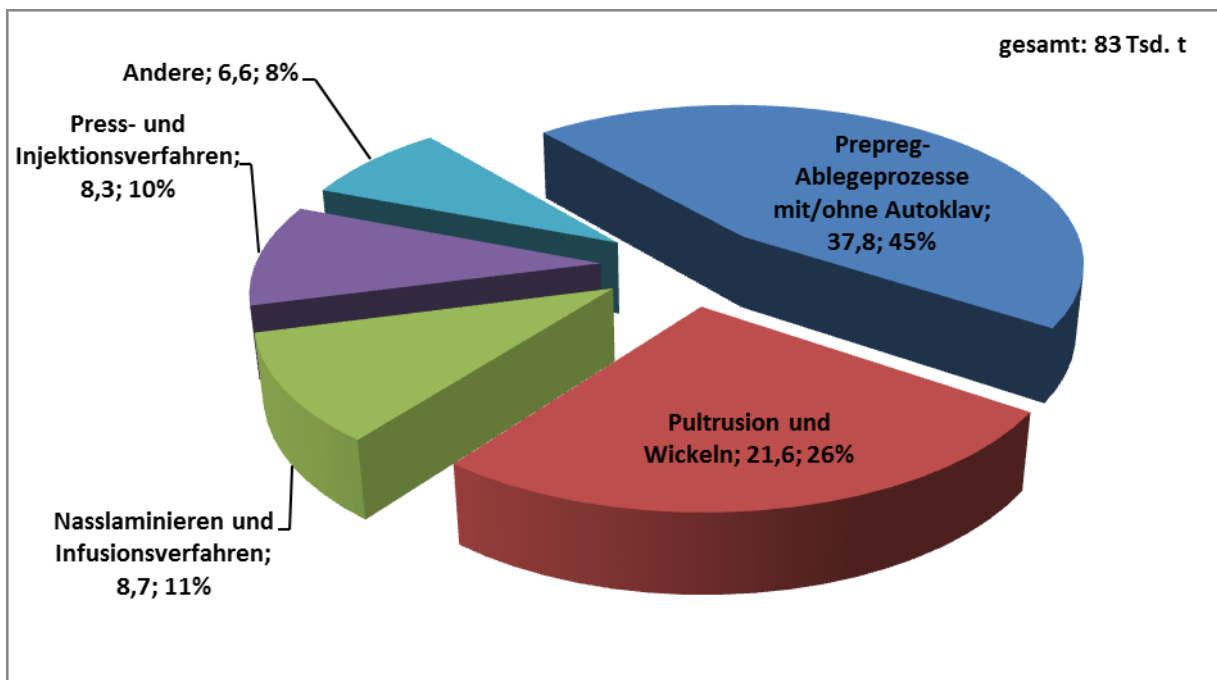


Abbildung 8: Verwendung der Herstellverfahren CFK in Tsd. t (2014).

Nasslaminieren und Infusionsverfahren konnten sich mit 11% Anteil nahezu halten und spielen gerade in der Klein- und Kleinstserienfertigung bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) nach wie vor eine wichtige Rolle. Press- und Injektionsverfahren konnte mit 10% Anteil etwas zulegen, was den Erwartungen der Marktanalysten durch die anlaufende BMW i3 Produktion (u.a. RTM) gerecht wird.

Nach Regionen

Die umgesetzte Tonnage an Carbon Composites nach Regionen wird in Abbildung 9 dargestellt. Der größte Anteil des globalen CC-Bedarf liegt nach wie vor in Nordamerika und insbesondere den USA mit etwa 38 % bzw. 40 Tsd. t CC. Getrieben durch die Bereiche Luft-, Raumfahrt und Verteidigung stellt Nordamerika den bedeutendsten Wirtschafttraum dar. Es folgt Europa mit 35 %, in dem zusätzlich zur Luftfahrt vor allem die Bereiche Windenergie, Fahrzeugbau und Maschinenbau den Markt prägen. Neben den in Japan beheimateten Faserherstellern Toray, MRC und Toho, wird der Asiatische Raum einschließlich des Pazifikraums durch die aufstrebende Windenergiebranche getragen.

In Indien wurde weiterhin ein nationales Programm zum Bau eigener Flugzeuge initiiert, ebenso drängt China auf den Markt mittels der Commercial Aircraft Corporation of China (Comac) und versucht mit der C919 mit A320 und B737 zu konkurrieren. Insgesamt kommt Asien inklusive des Pazifikraums auf etwa 23% des globalen Bedarfs.

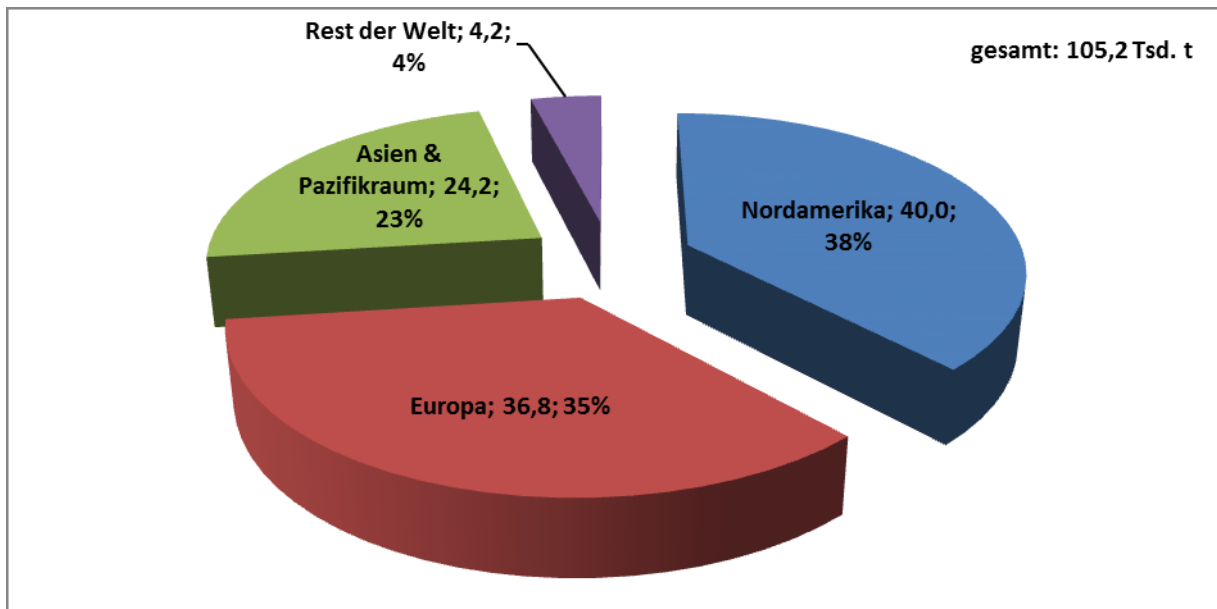


Abbildung 9: CC-Bedarf in Tsd. t nach Regionen (2014).

Nach Anwendungen

Wie schon bei der Betrachtung des CF-Marktes ist auch im CC-Markt (Abbildung 10) das bedeutendste Marktsegment die Luft- und Raumfahrt inkl. Verteidigung mit ca. 31% des globalen CC-Bedarfs von 105,2 Tsd. t. Vor allem die kommerzielle Luftfahrt weist in den vergangenen Jahren ein stetiges Wachstum von rund 7 % an ausgelieferten Einheiten auf. Boeing lieferte 2014 114 B787 aus, fast doppelt so viele Flugzeuge wie im Jahr zuvor. Airbus fertigt jährlich 25 bis 30 Einheiten des A380 bei noch etwa 150 offenen Bestellungen. Beide Typen bestehen mit ca. 28% beim A380 und rund 50% bei der 787 zu einem wesentlichen Anteil aus Composite-Strukturen.

Das Segment Fahrzeugbau macht den zweitgrößten Teil mit 21% oder knapp 22 Tsd. t CC aus. BMW hat wie angekündigt 2014 die Produktion des i3 auf rund 100 Einheiten täglich erhöht, beim Sportwagen i8 gehen täglich etwa 10 Fahrzeuge mit steigender Tendenz vom Band. [11]

Die Kooperation mit SGL zum Ausbau der Produktionskapazität von CF in Moses Lake macht deutlich, dass der bayrische Autobauer ein hohes Potential im Leichtbau mit Carbon Composites sieht und mittels des i-Projekts den Markt für Elektro- bzw. Hybrid-Sportwagen auslotet, sowie Erfahrungen im Umgang mit Karbonfaserverbundstoffen sammelt. Es folgen Windenergie und Sport & Freizeit mit je 12%, Bauwesen mit 5% und Schiffsbau mit 1%.

Abbildung 11 zeigt die gleiche Aufgliederung allerdings nach Umsatz in Mrd. US\$. Für die Aufteilung des Umsatzes nach Anwendungen muss berücksichtigt werden, dass sich die verschiedenen Anwendungsgebiete hinsichtlich der üblichen Herstellverfahren oder der Qualitätsanforderungen unterscheiden. Im Bereich der Luft- und Raumfahrt inkl. Verteidigung werden mit 31 % der CC-Menge 62 % des weltweiten Umsatzes erzielt, wobei hier aufgrund der hohen Qualitätsansprüche u.a. Kosten durch Zulassungen und Werkstoffprüfungen hinzukommen. Entsprechend geringer sind die Umsatzanteile der anderen Anwendungen, die Reihenfolge der Anwendungen entspricht aber derjenigen der Aufteilung nach CC-Bedarf.

Errechnet man aus CC-Umsatz und CC-Bedarf einen „imaginären“ branchenspezifischen CC-Kilopreis, so erhält man je nach Branche folgende Werte:

Aerospace & Defense:	317 US\$/kg	Windenergie:	98 US\$/kg
Fahrzeugbau:	87 US\$/kg	Sport & Freizeit:	91 US\$/kg

Während erwartungsgemäß Aerospace und Defense das hochpreisige Segment besetzt, so überrascht ein wenig, dass der Mittelwert des Fahrzeugbaus nach wie vor in Regionen liegt, die weit entfernt vom von der Branche geforderten Minimum sind. Natürlich kann dies teilweise durch Sport- und Premium-Anwendungen im Fahrzeugbau erklärt werden. Dennoch bleibt die Vermutung, dass wie bereits in Kapitel 0 erwähnt, die erwarteten Minimalwerte nur die untere Grenze eines auch in Zukunft breiten Spektrums sein werden. Auch diese Zahlen sind mit Vorsicht zu betrachten, geben allerdings ein gutes Gefühl, in welchem Preissegment sich das Mittel der Branche bewegt.

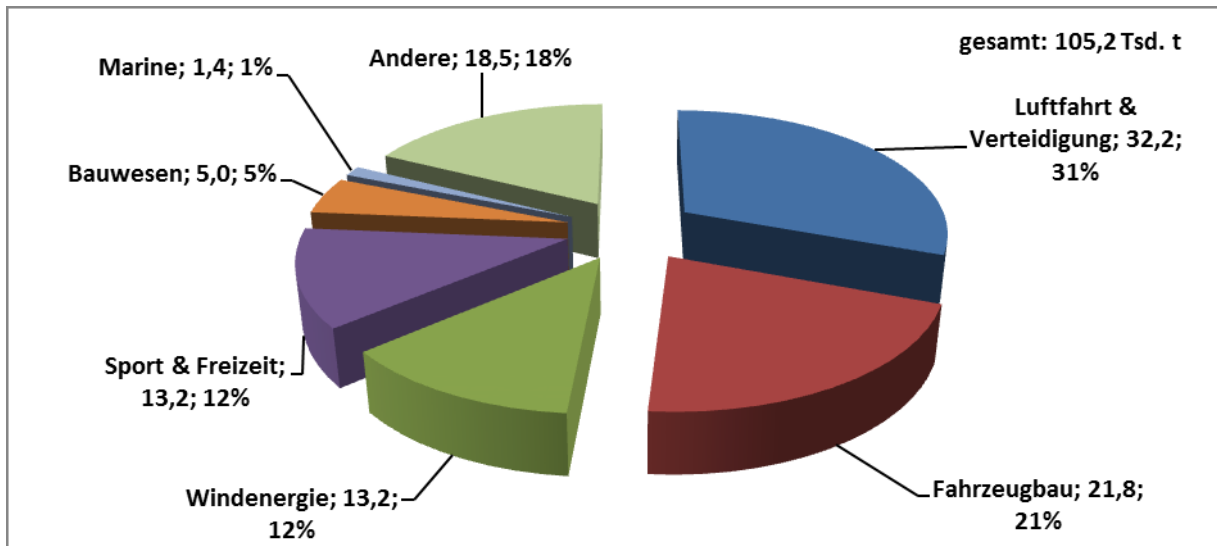


Abbildung 10: CC-Bedarf in Tsd. t nach Anwendungen (2014).

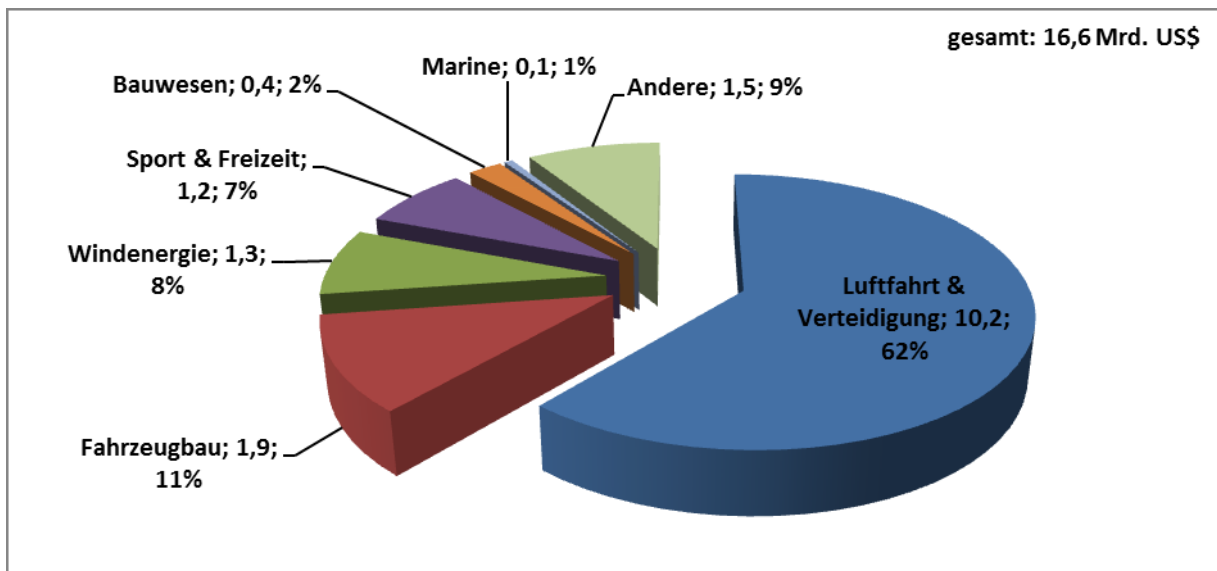


Abbildung 11: CC-Umsatz in Mrd. US\$ nach Anwendungen (2014).

Trends und Ausblick

Der globale **Carbonfaser-Markt** zeigte seit 2009 ein hervorragendes und stabiles Wachstum und im Vorjahr eine Entwicklung, die besser als erwartet verlief (Abbildung 1). Für die nächsten Jahre wird daher von einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von etwa 12 % ausgegangen. Bereits 2020 könnte so die Marke von 100 Tsd. t CF-Bedarf erreicht werden.

Der CF-Umsatz betrug 2014 knapp 2 Mrd. US\$ und auch hier wird von einer Wachstumsrate von knapp 11% ausgegangen, so dass 2021 ein globaler jährlicher CF-Umsatz von etwa 4,3 Mrd. US\$ erreicht wird.

Nach Regionen (CF)

Diese positive Entwicklung wird auch durch die Investitionsvorhaben und Kooperationen mit Anwendern vieler Faserhersteller gestützt:

- SGL und BMW haben in einer Kooperation bereits die jährliche Produktionskapazität im Werk **Moses Lake** um 3000 Tonnen auf 6000 Tonnen ausgebaut. Mittelfristig soll in einer dritten Ausbaustufe die Kapazität auf 9000 Jahrestonnen gesteigert werden. [8]
- Mitsubishi Rayon wird seine Produktionskapazität im CF Werk in **Sacramento, Kalifornien** bis Mitte 2016 um 2000 Tonnen erweitern und damit die Gesamtkapazität verdoppeln. [12]
- Zoltek plant seine globale Produktionskapazität bis 2020 zu verdoppeln. Bis April 2016 soll im Werk in **Guadalajara, Mexiko** die Jahreskapazität auf 5000 Tonnen verdoppelt werden. [13]
- Ford und DowAKSA haben eine Kooperation vereinbart, um durch gemeinsame Forschungs und Entwicklung die Herstellung preisgünstiger CC-Bauteile voranzutreiben. Dies soll u.a. im Rahmen des “Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation” (IACMI) geschehen, welches in **Knoxville, Tennessee** angesiedelt ist. [14]
- Hexcel investiert 250 Mio. US\$ zur Errichtung einer neuen Fabrik für die CF-Herstellung in **Roussillon, Frankreich**. Die Baumaßnahmen sollen im September 2015 beginnen und bis 2018 abgeschlossen werden. Auch in den in der Nähe liegenden Werken zum Weben und zur Fertigung von Prepregs wird Hexcel bis 2018 22 Mio. US\$ investieren. [15]

Leider liegen den Autoren keine umfangreichen Zahlen vor, um daraus ein globales Bild in Form einer Grafik zu erstellen. Jedoch ist abzusehen, dass die CF und CC „Hot-Spots“ in den USA und Europa gut beraten sind, sich im Wettbewerb zur wachsenden Konkurrenz aus Asien für die Zukunft zu rüsten, wo in jüngster Vergangenheit große staatliche Förderungen für die CF- und CC-Branche bewilligt bzw. angekündigt wurden.

Nach Anwendungen (CC)

Ein ähnlich beachtliches Wachstum zeigt der **Carbon-Composites-Markt** mit einem Gesamtumsatz in 2014 von 16,6 Mrd. US\$, wobei der Großteil auf CFK mit 10,6 Mrd. US\$ bzw. 84 Tsd. t Jahresproduktion entfällt. Treiber des Marktes sind neben der Luftfahrt und Windenergie vor allem der zunehmende Einsatz von CFK im Fahrzeugbau und in der Industrie. Marktanalysen gehen von einem jährlichen Wachstum von etwa 10,6 % aus, so dass sich für 2021 ein CC-Umsatz von 33,6 Mrd. US\$ ergibt.

Bei einer ähnlichen Aufteilung nach Matrix wächst der Umsatz von CFK bis 2021 auf rund 21,5 Mrd. US\$ bzw. 175 Tsd. t Jahresproduktion. Dies entspräche einem über alle Branchen und Anwendungen gemittelten CFK-Kilopreis von **123 US\$/kg**, was die Vermutung der Autoren in Kapitel 0 unterstreicht sowie eine strikte Differenzierung zwischen einem „günstigst erzielbaren“ und einem über Branchen gemittelten CFK-Kilopreis nahelegt.

Der Einsatz von CC in den Segmenten Luftfahrt und Verteidigung wird auch künftig starke jährliche Wachstumsraten bis zu 13 % zeigen. Mit den künftigen Projekten, wie A350XWB, der zu 53 % aus Composites bestehen soll [9] oder der Boeing 777X mit Tragflächen aus CC [10] zeigen beide Hersteller, dass der Bedarf auch über die Laufzeit des A380 bzw. der 787 hinaus zunehmen wird.

Im Marktbereich Fahrzeugbau hängt die Etablierung von Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen vor allem davon ab, ob durch eine automatisierte hoch effiziente Herstellung CC-Bauteile günstig genug für den breiten Einsatz auch in Mittelklasse-PKWs – also außerhalb des Luxus- und Sportwagenbereichs – zur Verfügung stehen. So sind die technischen Ziele des Spitzencluster Projektes „MAI Carbon“ unter anderem die Senkung der Prozesskosten um 90% im Vergleich zu einem state-of-the-art Luftfahrt-qualifizierten

Handablageprozess aus dem Jahre 2010, die Senkung der Materialkosten um etwa 50%, sowie die Reduktion der Prozesstaktzeit auf unter eine Minute. [16]

Sofern diese sehr ambitionierten Ziele erreicht werden können, ist ein flächendeckender Einsatz von CC im Automobilbau, Maschinen- und Anlagenbau zu erwarten. BMW hat mit dem i-Projekt eine Art Vorreiterrolle eingenommen, die anderen führenden Automobilhersteller agieren jedoch noch eher zurückhaltend.

Abbildung 12 zeigt eine Prognose des CC-Bedarfs in Tsd. t bis 2021 aufgliedert nach Anwendungen. Insgesamt wird erwartet, dass zumindest ein deutlich höherer Anteil an CC in Fahrzeugen zum Einsatz kommt und so bis 2020 ein größerer CC-Bedarf, als in der Luftfahrt und Verteidigung entsteht. Bei einem geschätzten Gesamtbedarf von 220 Tsd. t im Jahr 2021, entfällt etwa ein Drittel auf Fahrzeugbau, ein Viertel auf Luftfahrt inkl. Verteidigung, danach folgen die weiteren Anwendungen Windenergie, Sport & Freizeit, Bauwesen und Marine mit einer ähnlichen prozentualen Verteilung wie 2014 (Abbildung 10).

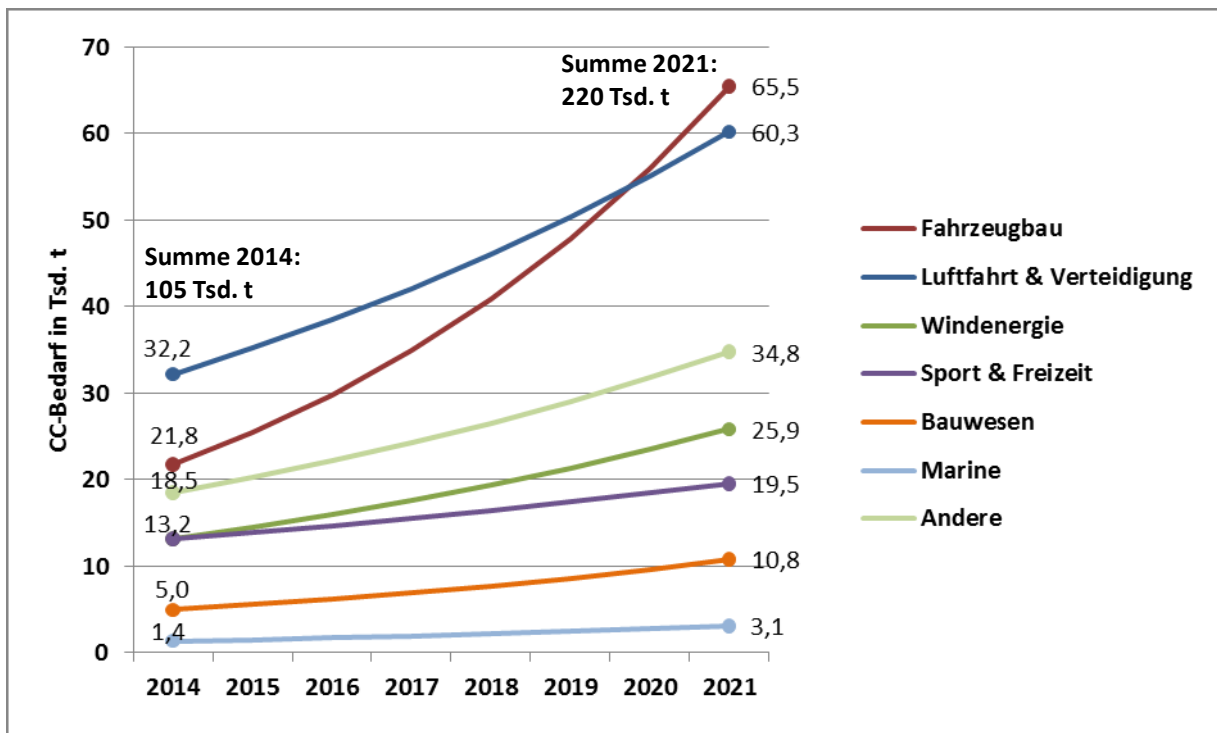


Abbildung 12: Prognose CC-Bedarf in Tsd. t nach Anwendungen bis 2021.

Abgleich mit Markterhebung Composites Germany

In der halbjährlichen Markterhebung von Composites Germany, die von den vier großen Organisationen der Composites-Industrie in Deutschland AVK, CCeV, CFK Valley Stade und VDMA Forum Composite Technology seit 2013 bei ihren Mitgliedern durchgeführt wird, spiegelt sich eine sehr positive Marktaussicht wieder.

Nach dem schon in der Befragung im zweiten Halbjahr 2014 festgestellten positiven Trend, zeigt die Umfrage eine nochmals freundlichere Bewertung der Geschäftslage im ersten Halbjahr 2015. 90% der Befragten schätzen die weltweite Geschäftslage demnach „eher positiv“ oder „sehr positiv“ ein (2/3 bei der vorherigen Befragung). Auch Europa als Wirtschaftsregion wird von mehr als 80% der Befragten optimistisch eingeschätzt mit CFK als Wachstumstreiber unter den Faserverbundwerkstoffen. [17]

Dieser Trend passt sehr gut ins Bild zum positiven Ausblick dieses Berichtes und lässt hoffen, dass sich die zweistelligen Wachstumsraten von 2014 in Zukunft nachhaltig erzielen oder gar überbieten lassen.

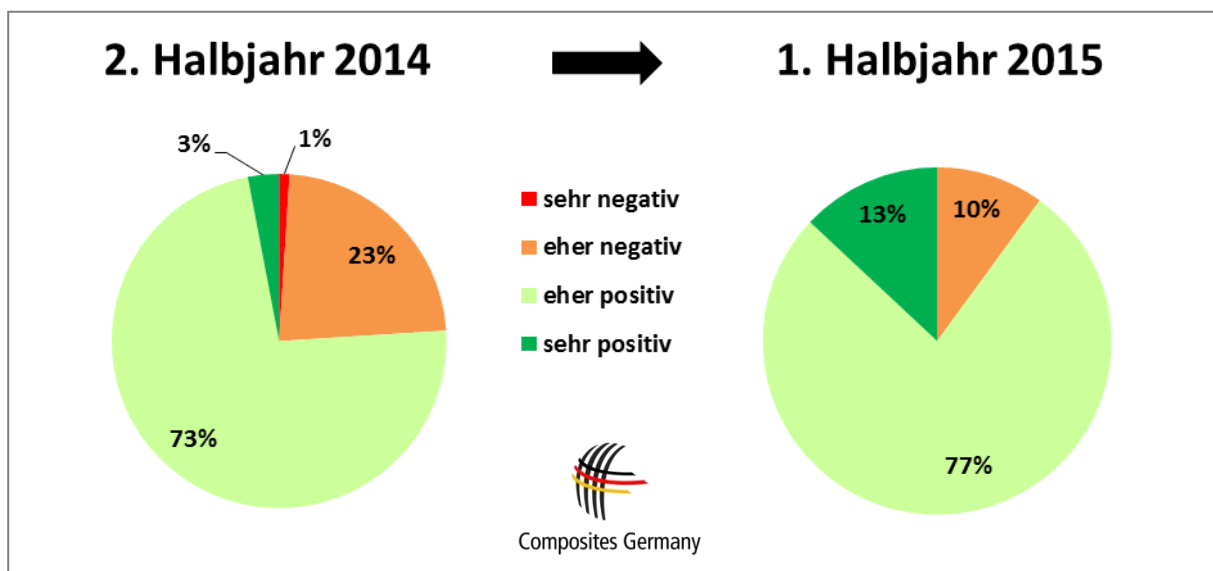


Abbildung 13: Bewertung der aktuellen Geschäftslage (weltweit). [17]

Schlussbetrachtung

Nachdem die Jahre der Erholung von der Finanzkrise geprägt waren von einem überdurchschnittlichen Wachstum von 25% (CF-Bedarf 2009→2010) das auf 7% (CF-Bedarf 2012→2013) stetig zurückging, konnte 2014 dieser Trend durchbrochen werden: Der globale Carbonfaser-Markt zeigt von 2013 auf 2014 mit 14% bezogen auf den CF-Bedarf ein größeres Wachstum, als in den Jahren zuvor. Der Bedarf beträgt etwa 53 Tsd. t Carbonfasern und einem Umsatz von knapp 2 Mrd. US\$.

Dieses starke Wachstum zeigt sich auch beim CFK-Markt mit 83 Tsd. t produziertem CFK und einem Umsatz von 10,6 Mrd. US\$ für das Jahr 2014. Betrachtet man den gesamten Carbon Composites Markt, so liegt der Gesamtumsatz bei etwa 16,6 Mrd. US\$. Für die folgenden Jahre wird weiterhin eine stabile jährliche Wachstumsrate von 11 % erwartet. Die Branchen Luft- und Raumfahrt mit Verteidigung, Fahrzeugbau, Windenergie sowie Sport und Freizeit tragen dieses Wachstum.

Der Fahrzeugbau zeigt ein hervorragendes Wachstumspotenzial, sofern die massenhafte Einführung und Etablierung von Carbon Composites gelingt. Der dafür stark wachsende Bedarf könnte bis 2020 den der Branche Luftfahrt und Verteidigung übertreffen. Die wichtigsten Kriterien hierzu sind die Preisentwicklung von CF und CC, sowie die Reduktion der Prozessschrittzeit.

Durch die damit verbundene Unsicherheit ist die Vorhersage des künftigen CF-/CC-Bedarfs und den Umsätzen im Fahrzeugbau nur mit einer großen Unschärfe möglich.

Insgesamt wird auch bei einer eher konservativen Einschätzung von einem äußerst zukunftsfähigen Markt ausgegangen, der allerdings hinsichtlich beispielsweise Automatisierung, Preisentwicklung und großserientaugliche Fertigungsprozesse noch einige Meilensteine vor sich hat. Das Preis-/Leistungsverhältnis wird dann entscheiden, welche Werkstoffe oder auch Werkstoffkombinationen sich in welchen Anwendungsbereichen durchsetzen. Hierbei dürfte allerdings in Zukunft zunehmend auch der ökologische Aspekt – wenn vom Gesetzgeber gefordert oder ökonomisch nicht nachteilig – gegenüber dem rein wirtschaftlichen Aspekt an Bedeutung gewinnen.

Literaturverzeichnis

- [1] Lucintel LLC, „Assessment of Global Carbon Fiber and Carbon Composites Market,“ 2015.
- [2] Lucintel LLC, Growth Opportunities in Global Carbon Fibre Market: 2014-2019, Irving, USA, 2014.
- [3] Acmite Market Intelligence e.K., Market Report: Global Carbon Fiber Composite Market, Ratingen, 2014.
- [4] Toray Global, „Production Capacity Toray Group,“ 04 2015. [Online]. Available: http://www.toray.com/ir/management/man_010.html. [Zugriff am 31 08 2015].
- [5] Toray Global, „Press Releases Toray Group,“ 09 03 2012. [Online]. Available: <http://www.toray.com/news/crb/nr120309.html>. [Zugriff am 31 08 2015].
- [6] Mitsubishi Plastics, Inc., Mitsubishi Rayon Co., Ltd., „News Release: Enhancement of the Carbon Fiber Business,“ 07 01 2015. [Online]. Available: <http://www.mpi.co.jp/english/news/201501070751.html>. [Zugriff am 13 08 2015].
- [7] Mitsubishi Rayon, „Mitsubishi Rayon Pressroom,“ 30 06 2014. [Online]. Available: <https://www.mrc.co.jp/english/pressroom/detail/pdf/20140630192937.pdf>. [Zugriff am 28 07 2015].
- [8] BMW Group, „BMW Group PresseClub Deutschland,“ 09 05 2014. [Online]. Available: https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/pressDetail.html?title=bmw-group-und-sgl-group-verdreifachen-produktionskapazit%C3%A4t-im-karbonfaserwerk-moses-lake&outputChannelId=7&id=T0179312DE&left_menu_item=node__4088. [Zugriff am 07 07 2014].
- [9] CompositesWorld, „CompositesWorld Industry News,“ Gardner Business Media, Inc., 20 12 2010. [Online]. Available: <http://www.compositesworld.com/news/aksa-adds-second-carbon-fiber-production-line>. [Zugriff am 28 07 2015].
- [10] BMW Group, „BMW Group PressClub Deutschland,“ 09 01 2015. [Online]. Available: https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/pressDetail.html?title=bmw-group-verkauft-2014-mehr-als-zwei-mio-fahrzeuge&outputChannelId=7&id=T0199942DE&left_menu_item=node__804. [Zugriff am 13 08 2015].
- [11] A. Tauber, „Die Welt,“ 02 06 2014. [Online]. Available: <http://www.welt.de/wirtschaft/article128632098/Der-erste-Blick-in-BMWs-neue-Superfabrik.html>. [Zugriff am 06 09 2015].
- [12] Mitsubishi Rayon Co., Ltd., „<https://www.mrc.co.jp>,“ 30 06 2014. [Online]. Available: <https://www.mrc.co.jp/english/pressroom/detail/pdf/20140630192937.pdf>. [Zugriff am

08 08 2014].

- [13] Zoltek, „Zoltek Press Releases,“ 07 05 2015. [Online]. Available: <http://zoltek.com/zoltek-de-mexico-to-expand/>. [Zugriff am 06 09 2015].
- [14] Ford Motor Company, „Ford - News,“ 17 04 2015. [Online]. Available: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2015/04/17/ford--dowaksa-to-jointly-develop-carbon-fiber-for-high-volume-au.html>. [Zugriff am 06 09 2015].
- [15] Hexcel Corporation, „News Hexcel Corporation,“ 21 05 2015. [Online]. Available: <http://www.hexcel.com/news/market-news/news-20150521>. [Zugriff am 06 09 2015].
- [16] M·A·I Carbon — Die Spitzencluster-Initiative 2015, „MAI Carbon - Ziele des Clusters,“ [Online]. Available: <http://www.mai-carbon.de/index.php/de/mai-carbon/ziele>. [Zugriff am 06 09 2015].
- [17] D. E. Witten, „Composites Germany Composites-Markterhebung,“ Composites Germany, [Online]. Available: <http://www.composites-germany.org/index.php/de/news/pressemitteilungen/239-ergebnis-der-aktuellen-composites-markterhebung-zum-ersten-halbjahr-2015-liegt-vor>. [Zugriff am 06 09 2015].