AMC AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING

AMC-Markt- und Technologiestudie

Composites in 3D

Wie sicher in die Zukunft?

Sechs High-end-Faserverbundtechnologien auf dem Prüfstand

Presented by:

9T LABS CEVOTEC XFK in 3D S.A. Industrie anzeiger

Herausgeber: Automotive Management Consulting GmbH, Dipl.-Ing. (FH) Rainer Kurek, Geschäftsführender Gesellschafter (Idee, Methodik, Konzept)

Autoren: Dr.-Ing. Claus Bayreuther, Rainer Kurek, Constanze von Nell-Breuning

Erscheinungsjahr: 2020

Copyright: Automotive Management Consulting;
liegt beim Herausgeber und den Autoren

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers und der Autoren der einzelnen Beiträge unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in dieser Studie berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichengesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Composites in 3D -
wie sicher in die Zukunft?

Geleitwort von Rainer Kurek

Ausgangslage

Die vorliegende Markt- und Technologiestudie *"Composites in 3D – Wie sicher in die Zukunft?"* entstand in den Monaten März bis August des "Corona"-Jahres 2020, in einer Zeit, die vermutlich später einmal als angespannt, herausfordernd und un-sicher bezeichnet werden wird. Das neuartige Virus mit dem Namen "Corona" sorgt für anhaltende Schlagzeilen, widersprüchliche Informationen und dominiert seit den Wintermonaten TV-, Radio- und Internet-Nachrichten. Bis heute sind die Auswirkungen der von Viren verursachten Covid-19-Pandemie nicht final absehbar.

Trotz vieldimensionaler Schutz-Maßnahmen für Gesundheits- und Wirtschaftssystem besteht bis heute Unsicherheit, ob, wie und wann die Pandemie in den "Griff bekommen wird". Zur Absicherung des Gesundheitssystems und zum gezielten Schutz von chronisch Kranken, älteren Menschen und Kindern, erfolgte in vielen Ländern ein "Lockdown", um die Zahl an Neuinfektionen und Erkrankungen so gering wie möglich zu halten.

Zugleich wird der reduzierten Wirtschaftsleistung mit staatlich finanzierten Hilfsprogrammen entgegengewirkt, da viele Unternehmungen Kurzarbeit anmeldeten oder Entlassungen vornehmen, um den "Lockdown" zu überstehen. Der internationale Flugverkehr wurde bewusst reduziert, die globalen Lieferketten unterbrochen und Produktionsstandorte zeitweise geschlossen. Für Länder, die aufgrund fehlender oder "nur" geringer Rohstoffe von ihrer industriellen Leistungsfähigkeit "leben", stellt sich die aktuelle Situation sehr anspruchsvoll und herausfordernd dar. Die Transformation von einem überwiegend industriell geprägten Wirtschaftssystem hin zu einer weiter zu entwickelnden Wissensgesellschaft wird durch die Covid-19-Pandemie notwendigerweise beschleunigt. Innovationen gewinnen nun wieder zunehmend an Bedeutung, um in der Rezession werthaltige Antworten geben zu können, wie Realwirtschaft, Geld- und Finanzsystem zu alter Stärke zurückkehren können.

Die vorliegende Markt- und Technologiestudie *"Composites in 3D – wie sicher in die Zukunft?"* gibt genau diese Antworten und vermittelt für sechs höchst innovative Leichtbau-Verfahren eine positive und ermutigende Vorwärts-Strategie.

Leichtbau

Kaum eine technische Disziplin ist heute so bedeutsam wie der Leichtbau: Bergsteigern erleichtert der Leichtbau den Gipfelerfolg und Fahrradfahrern die leichtere Fortbewegung, beim Autofahren reduziert Leichtbau den Rollwiderstand und die Abgasemissionen, beim Fliegen senkt Leichtbau den Verbrauch und erhöht die

Reichweite. Analoges gilt für viele weitere Branchen und Marktsegmente wie den Maschinenbau, das Transportwesen, die Windkraftindustrie, das Bauwesen und die Medizintechnik, sowie den Boots- und Yachtbau. Im Rahmen der arbeitsintensiven Studienentwicklung haben wir mit hoch qualifizierten Leichtbau-Experten aus all den genannten Branchen und Marktsegmenten gesprochen. Für ihre Offenheit, interessanten Informationen und hoch qualifizierten Erfahrungen und Leichtbau-Erkenntnisse bedanken wir uns aus tiefem Herzen. Herzlichen Dank!

Zweifelsohne markieren die hier präsentierten Faserverbund-Technologien Pultrusion, 3D-Druck mit Endlosfasern, Raumwickeln mit Endlosfasern, Pressformen mit Vorformlingen, Patch-Direktablage und automatische Tape-/ Roving-/ Faser-Direktablage einen *"step change"* im Leichtbau – all die genannten, sehr bewusst ausgewählten Verfahren stehen für intelligenten Leichtbau in Reinkultur.

Composites in 3D

Die *"Game Changer"-Technologie Leichtbau* umfasst unterschiedliche Technologiefelder, Werkstoffe und Fertigungsverfahren. Alle Leichtbau-Technologien, -Strategien und -Methoden dienen der gezielten Gewichtsreduktion bei gleichzeitiger Beibehaltung oder Verbesserung der Funktionalität. Wesentliches Ziel ist stets eine Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz, der Umwelt- und Klimaschonung. Diese Ziele werden mittlerweile weltweit verfolgt, sodass der moderne und integrative Leichtbau zu einem wertvollen Geschäft in vielen Volkswirtschaften geworden ist, das über eine starke Dynamik und branchenübergreifende Bedeutung verfügt. Im Rahmen der sechsmonatigen Studienentwicklung haben wir mit hoch qualifizierten Experten von Airbus, Audi, BMW, Toyota, SGL, Gradel, Lasso, Euro-Composites u.v.m. gesprochen, um die Sicht von Produktherstellern und Zulieferern sowie die Sicht aus Forschung, Beratung und Entwicklung gleichermaßen reflektieren, analysieren und dokumentieren zu können. Die gesellschaftspolitische, industrielle und wissenschaftliche Bedeutung des Leichtbaus wurde von allen Interviewpartnern ausnahmslos bestätigt.

Gleichermaßen bestätigt wurde das ausgeprägte Innovationspotential der *"Composites in 3D"*, die unser vieldimensionales Studienkonzept definierten. "Unsere" befragten Experten aus vier Nationen "unterstrichen" jeweils die zentrale Bedeutung, Leichtbau und Faserverbundtechnologien *"neu zu denken".*

Leichtbau neu denken: Composites als Gamechanger

Um Leichtbau neu denken und branchen- sowie technologieübergreifend anwenden zu können, sind die untersuchten *"Composites in 3D"* sicher als Best-Practice-Beispiele des Leichtbaus zu bezeichnen, da sie die auslegungsbestimmenden Zielgrößen wie Steifigkeit, Festigkeit, Genauigkeit und Kosten gleichermaßen berücksichtigen – sie dienen der Kosten-/ Gewichts-Optimierung. Zugleich stehen die untersuchten Prozesstechnologien für Konzept- und Innovationsfähigkeit, virtuelle Entwicklungsarbeit und Digitale Prozessketten, einen ausgeprägten "Customer- und Technology Value" sowie Fertigungs- und Industrialisierungsfähigkeit.

Zur Realisierung strategischer Steifigkeits-, Festigkeits- und Gewichtsziele gilt es die "Targetierungsprozesse" in unterschiedlichen Branchen und Marktsegmenten gleichermaßen zu kennen und zu verstehen, um das erforderliche Qualitäts- und Risikomanagement erfolgreich "auf die Straße zu bringen". Innovationsgehalt, Alleinstellungsmerkmale, Intellectual Property, systemisches Denken und Handeln kennzeichnen die sechs untersuchten Verfahren gleichermaßen. Diesbezüglich klärt die vorliegende Markt- und Technologiestudie *"Composites in 3D"* sachlich fundiert auf.

Unser Projektleiter Dr.-Ing. Claus Bayreuther ist für seine ingenieurwissenschaftlich fundierten und gehaltvollen Informationen, untermauerte Daten und Fakten branchenweit bekannt. Herrn Dr.-Ing. Bayreuther gebührt mein besonderer und aufrichtiger Dank, wobei ich selbstverständlich auch die Unterstützungsleistungen von Constanze von Nell-Breuning, Andrea Kurek und Bhargava Chary Ambarepeta sehr zu schätzen weiß. Vielen lieben Dank!

Ausblick

Die Corona-Epidemie stellt für alle Industrienationen eine große Herausforderung dar. Während der Kollaps des Gesundheitssystems bislang erfolgreich vermieden wurde, stehen Real- und Finanzwirtschaft vor relativ ambitionierten Aufgaben. Obgleich das Risiko des Eintritts einer derartigen Pandemie aus anderen Erdteilen bereits bekannt war, so gilt es in diesem Teil der Welt erst noch Erfahrungen mit einem solchen Naturphänomen zu sammeln.

Dasselbe gilt auch für die so genannte Naturfaser – verstärkte Kunststoffe wie Flachs, Hanf, Basalt, Jute, Baumwolle u.v.m. wurden bereits für die Karosseriebeplankung des Trabants oder von Henry Ford im Jahr 1941 eingesetzt. Die Weiterentwicklung von Verarbeitungsverfahren, Prozesstechnologien und Anwendungen erfolgt durch verschiedene Universitäten, Hochschulen und einzelne Unternehmungen. Es geht darum, die Rohölversorgung zu entlasten und damit der Nachhaltigkeit weiter zu dienen. Für die *"Composites in 3D"* bedeutet dies einen nächsten Entwicklungsschritt und Paradigmenwechsel, der im Rahmen unseres Leichtbau Symposiums am 11. September 2020 unter dem Titel *"… was wir aus der Natur lernen können"* von führenden Leichtbau-Experten erörtert wird. Auch hier geht es uns darum, in der wohl schwersten Krise der deutschen Wirtschaft seit den Nachkriegsjahren ein ermutigendes, positives und vorwärts orientiertes Zeichen zu setzen.

Dipl.-Ing. (FH) Rainer Kurek und Mag. Christian Planegger im August 2020
Automotive Management Consulting GmbH

INHALT

1 EINFÜHRUNG UND STUDIENKONZEPT 11

1.1 Ausgangssituation und Motivation 11

1.2 Industrielle Bedeutung 11

1.3 Wissenschaftliche Bedeutung 12

1.4 Gesellschaftliche Bedeutung 12

1.5 Studienkonzept 13

1.5.1 Erhebungsbogen für die Experteninterviews 13

1.5.2 Studienteilnehmer 14

1.5.3 Studienanalyse von Fertigungstechnologien für Composites in 3D 16

2 FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN VON COMPOSITES IN 3D 17

2.1 Herstellungsprozess im Faserverbundbau 17

2.1.1 Materialbereitstellung 17

2.1.2 Composite-Verarbeitung 17

2.1.3 Zuschneiden von Halbzeugen 18

2.1.4 Assemblieren von Halbzeugen 18

2.1.5 Konsolidieren 18

2.1.6 Nacharbeiten 18

2.2 Vergleichbarkeit der Fertigungstechnologien 19

2.3 Einblicke in die Fertigungstechnologien der Studie 21

2.3.1 Pultrusion 21

2.3.2 3D-Druck mit Endlosfasern 23

2.3.3 Raumwickelverfahren mit Endlosfasern 25

2.3.4 Pressformen mit geflochtenen/ gestickten/ gewebten Vorformlingen 29

2.3.5 Patch-Direktablage 33

2.3.6 Automatische Tape-/ Roving-/ Faser-Direktablage 35

3 ZUKÜNFTIGE BEDEUTUNG VON FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN IM FASERVERBUNDBAU 39

3.1 Worin liegt die Innovationskraft von Fertigungstechnologien im zukünftigen Faserverbundbau? 39

3.1.1 TOP-Innovationsthemen 40

3.1.2 Herausforderungen bei der Umsetzung von Innovationstreibern 40

3.1.2.1 Fokus Lieferant 40

3.1.2.2 Fokus OEM 41

3.1.2.3 Fokus Strategie 41

3.1.3 Ergebnis in der Übersicht 41

3.1.4 Innovationstreiber aus der Marktsicht 43

3.1.4.1 Innovationstreiber aus Sicht der OEM 43

3.1.4.2 Innovationstreiber aus Sicht der Zulieferpyramide 44

3.1.4.3 Innovationstreiber aus Sicht der Beratungs- u. Engineeringbranche 45

3.1.4.4 Innovationstreiber aus Sicht von Forschung und Entwicklung 45

3.1.5 Expertenmeinungen im Detail 46
3.1.5.1 Fokus Gewichtseinsparungspotenzial....47
3.1.5.2 Fokus Designfreiheit 48
3.1.5.3 Fokus Fertigungseffizienz 48
3.1.5.4 Fokus Automationsgrad....49
3.1.5.5 Fokus Materialflexibilität 49
3.1.5.6 Fokus Funktionsleichtbau....50
3.1.5.7 Fokus Verschnitteffizienz....51
3.1.5.8 Fokus Komplexitätsreduktion....51
3.1.5.9 Fokus Optik....51
3.1.5.10 Fokus Energieeffizienz 51
3.1.5.11 Fokus Innovationspotenzial....52
3.1.5.12 Fokus Schnittstellenintegration 52
3.1.5.13 Fokus prognosefähige Fertigung....52

3.2 Inwieweit werden Fertigungstechnologien von Composites in 3D den Markt in Zukunft verändern? 53

3.3 Welche Fertigungstechnologien für Composites in 3D haben zukünftig das größte Anwendungspotenzial? 54

3.4 Wie hoch liegt das Erfolgspotenzial der Fertigung von Composites in 3D in unterschiedlichen Industriebranchen? 55

4 CUSTOMER VALUE-ANALYSE DER FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN VON COMPOSITES IN 3D AUS DER MARKTSICHT 56

4.1 Methodischer Hintergrund 56

4.2 „Customer Value“ 57

4.3 Kaufentscheidende Kriterien.... 58
4.3.1 Anwendungsspezifische Kriterien....59
4.3.2 Verfahrensspezifische Kriterien 60

4.4 Vorgehensweise im Interview 60

4.5 Ergebnisse in der Übersicht 61

4.6 Ergebnisformular 62

4.7 Ergebnisse aus der Marktsicht – Customer Value Chart 64

4.8 Ergebnisse aus industrieller Sicht – Acting Charts 67
4.8.1 Acting Chart der Fertigungstechnologie „Pultrusion“ 67
4.8.1.1 Evaluierung des Acting Charts....68
4.8.1.2 Konsequenzen aus dem Acting Chart 70
4.8.2 Acting Chart der Fertigungstechnologie „3D-Druck mit Endlosfasern“ 71
4.8.2.1 Evaluierung des Acting Charts....71
4.8.2.2 Konsequenzen aus dem Acting Chart 74

4.8.3 Acting Chart der Fertigungstechnologie „Raumwickeln mit Endlosfasern“ ... 75
4.8.3.1 Evaluierung des Acting Charts ... 76
4.8.3.2 Konsequenzen aus dem Acting Chart ... 78
4.8.4 Acting Chart der Fertigungstechnologie „Pressformen mit geflochtenen/ gestickten/ gewebten Vorformlingen“ ... 79
4.8.4.1 Evaluierung des Acting Charts ... 79
4.8.4.2 Konsequenzen aus dem Acting Chart* ... 82
4.8.5 Acting Chart der Fertigungstechnologie „Patch-Direktablage“ ... 82
4.8.5.1 Evaluierung des Acting Charts ... 83
4.8.5.2 Konsequenzen aus dem Acting Chart ... 86
4.8.6 Acting Chart der Fertigungstechnologie „Automatische Tape-/ Roving-/ Faser-Direktablage“ ... 86
4.8.6.1 Evaluierung des Acting Charts ... 87
4.8.6.2 Konsequenzen aus dem Acting Chart ... 89