

„Leichtbau mit Verbundwerkstoffen 2030“

- Expertenworkshop –
Szenarien und Handlungsansätze
vom 24. September 2024 am Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe (IVW),
Kaiserslautern

Teilnehmer: Dr. Markus Steffens (Intelligent), Prof. Dr. Thomas Neumeyer (IVW),
Prof. Dr. Jens Schuster (Hochschule Kaiserslautern), Dr. Nicole Motsch-
Eichmann (IVW), Andreas Baumann (IVW), Sebastian Sänger (Innovati-
onsagentur Rheinland-Pfalz),

Ergänzt von: Prof. Dr. Ulf Breuer (IVW), Dr. Thomas Heber (CU),
Michael Bergert, EDAG

Moderation: Dr. Heinz Kolz, CU West des Composites United e.V.

Einführung

Im Rahmen des Foresight-Workshops vom 24.09.2024, am Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe in Kaiserslautern, unternahmen fünf Leichtbauexperten in eine „kreativen Zeitreise“ in die Sonderausstellung „Leichtbau mit Verbundwerkstoffen 2030“ auf der JEC in Paris.

Am Beginn stand eine Tagung zur Leichtbaupolitik der EU. Beim Messerundgang mit VR-Brillen boten gläserne Fahrzeuge, Flugzeuge, Maschinen und weitere Anwendungen einen freien Blick auf innovative Verbundwerkstoffanwendungen im Inneren, die durch rote Markierungen hervorgehoben und mit Texten beschrieben waren. Am Ende ihres kreativen Rundgangs notierten die Workshop-Teilnehmer die gesehenen Innovationen. Der folgende Text fasst die Ergebnisse der besuchten Anwendungsfelder als Stand der Technik im Jahr 2030 zusammen.

Das Workshop-Team „Leichtbau 2030“ würde sich freuen, wenn Sie die „Zukunft der Verbundwerkstoffe“ in Ihren Unternehmen und Forschungseinrichtungen diskutieren und ergänzen. Dabei können Sie sich auf die für Sie interessanten Anwendungsfelder konzentrieren. Foresight-Prozesse leben vom Input vieler Experten. Unser Workshop war ein erster Blick in den Leichtbau der Zukunft, den es weiter zu ergänzen gilt. Zu speziellen Themen des Leichtbaus wurde dies bereits in ersten Workshops erörtert und soll in weiteren Arbeitsgruppensitzungen fortgesetzt werden (z. B. „Digitalisierung in der Fertigung“ – CU reports 2/24, ab S. 32). Ziel der Foresight-Workshops ist es, Diskussionsbeiträge für Strategieentwicklungen zu bieten.

Leichtbaupolitik 2030

Die Leichtbaupolitik in der EU hat wichtige Weichenstellungen vorgenommen. Der Einsatz von Produkten mit fossilen Rohstoffen wird zugunsten von Sekundärrohstoffen stärker besteuert. Komponenten ohne ein End-of-Life (EoL)-Konzept und ohne Life Cycle Assessment (LCA)-Analyse werden nicht mehr zugelassen. Die öffentliche Hand hat die Förderung und Subventionierung von Entwicklungen ohne EoL- und LCA-Betrachtung bereits gestrichen. Die Bilanzierung des Leichtbaus, einschließlich des Ausweises des Footprints, ist nun ein fester Bestandteil der Nachhaltigkeitsberichte von Industrieunternehmen (LCA). Geschlossene Stoffkreisläufe für fossile und biogene Composites sind weitgehend etabliert. Die Synthese von Kohlenstofffasern erfolgt durch die Abscheidung von atmosphärischem Kohlenstoff. Verbesserte Reparaturverfahren, vorausschauende Bauteilentwicklung (Design-to-Recycle) und eine stärkere Funktionskombination haben zu erheblichen Materialeinsparungen, einer Verlängerung der Nutzungsdauer und der Entwicklung neuer Märkte beigetragen.

Leichtbau in der Ausbildung

Leichtbau hat sich als Querschnittsthema in verschiedenen Studiengängen etabliert. Um der zunehmenden Bedeutung des Leichtbaus gerecht zu werden, wurden Studienkonzepte erweitert und Verbindungen zu verschiedenen Fachdisziplinen ökologischer und digitalisierter Ausrichtung (Materialwissenschaft, Ökologie, Informatik) geschaffen. Dadurch konnte Leichtbau erfolgreich in Ingenieurstudiengänge integriert werden. Neue Wahlfächer in der Sekundarstufe II ermöglichen bereits vor der Studienwahl Einblicke in die Ingenieurausbildung und machen die MINT-Fächer greifbarer.

Werkstoffe

Die Kaskadennutzung von C-Fasern ist etabliert, und CNTs (Kohlenstoffnanoröhren) finden zunehmend industrielle Anwendung. KI-Anwendungen haben einen deutlichen Entwicklungsschub in der Materialentwicklung, im Materialdesign, in der Produktionstechnik und in der Standardisierung bewirkt. Eingesetzte Chargen (Materialien) sind heute für sämtliche Anwendungen bis ins Bauteil nachverfolgbar. Durch diese Nachverfolgbarkeit werden Qualitätssicherung und Dokumentation gewährleistet. Standardisierung und die Etablierung von Werkstoffklassen tragen maßgeblich zur Fixkostendegression auf allen Stufen der Wertschöpfungskette bei und ermöglichen die Lenkung von Stoffströmen in der Kreislaufwirtschaft.

FKV-Thermoplaste haben an Bedeutung gewonnen, da sie deutliche Vorteile bei der Umformbarkeit, der Schweißbarkeit und der Wiederverwertung bieten. Hybridwerkstoffe mit integrierter Sensorik haben sich in vielen Anwendungen etabliert. Auch die Entwicklung neuer Sensoriktechnologien, wie die Nutzung des Sagnac-Effekts in optischen Fasern, spielt mittlerweile eine wichtige Rolle. Akteure aus neuen Materialkombinationen kommen zum Einsatz. Erste kommerziell erhältliche Polymersynthesen auf Basis von grünem Wasserstoff sind verfügbar und werden durch CCU-Technologien (Carbon Capture and Utilization) ergänzt. Naturfasern haben einen bedeutenden Anteil an der Verarbeitung erobert, und intrinsisch selbstheilende Composites finden

zunehmend Anwendung. Neue Schweißtechniken für CFK (carbonfaserverstärkter Kunststoff) und GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) sowie weitere Fügetechnologien und hybride Materialkombinationen haben neue Märkte erschlossen.

Additive Fertigung

Beim Drucken von Hochleistungs-Composites und smarten Materialien wurden bedeutende Durchbrüche erzielt. Hybride Materialien bieten neue Materialeigenschaften, wie beispielsweise eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit. Neue Düsengeometrien eröffnen bessere Möglichkeiten für die Bauteilgestaltung. Der 3D-Druck, als ergänzendes Fertigungsinstrument, leistet einen wichtigen Beitrag in vielen Bereichen, in denen hohe Anforderungen an zeitliche und konzeptuelle Flexibilität gestellt werden.

Der Sprung in die Großserienfertigung bleibt jedoch bislang verwehrt, da hohe Stückzahlen direkt mit dem apparativen Aufwand skalieren. Durch das Nachdrucken (Replizierung im 3D-Druck) von Großserienbauteilen wird eine deutliche Einsparung in der Ersatzteilbereitstellung erzielt. Die Druckbarkeit von Bauteilen wird bereits in der Produktentwicklung für konventionelle Prozesse berücksichtigt. Das 3D-Drucken von Composites mit lastpfadgerechter Faserablage hat zunehmend an Bedeutung gewonnen. Auch im Kunststoff-3D-Druck werden nun, ähnlich wie beim Metall-3D-Druck, identische mechanische Eigenschaften wie beispielsweise im Spritzgussprozess erreicht.

Anlagen

Die Automatisierung hat erhebliche Fortschritte gemacht. Roboter haben komplexe manuelle Tätigkeiten übernommen, und multifunktionale, KI-gestützte Produktionsanlagen sind nun flexibel einsetzbar, ohne dass sie für neue Aufträge neu programmiert werden müssen. Die erforderliche Sensorik, unter anderem auf Faserbasis, wird angeboten. In der selbstorganisierten Produktion planen Maschinen ihr Produktionsprogramm autonom. Anlagen zur Aufbereitung für die Wiederverwendung (Reuse) werden eingesetzt. Produkteigenschaften können nun auf Basis der „Prozesshistorie“ prognostiziert werden. Tolerierbare Fehler werden identifiziert, was die Ausschussquote senkt. Modellfertigungen, integrierte Qualitätssicherung, standardisierte Beschreibungen und der Datenaustausch sind Bereiche, die noch weiter entwickelt werden müssen. Bewegliche Maschinen- und Anlagenteile werden zunehmend aus Verbundwerkstoffen gefertigt, um Energie einzusparen.

Pkw

Es werden ausschließlich elektrifizierte Pkw neu zugelassen. Durch Leichtbau haben sich Batterietechnologien auch im Nutzfahrzeuggbereich durchgesetzt, und Verbrennungstechnologien finden nur noch im Schiffs- und Flugzeugbau Anwendung. Energieeffizienz und Ressourcenschonung stehen im Mittelpunkt der Fahrzeugentwicklung. Durch KI-optimierte, tragende FKV-Gitterstrukturen im Skateboard-Prinzip und die Integration von Funktionen konnten deutliche Gewichts- und Kosteneinsparungen erzielt werden. Zur Energieeinspeicherung werden auch strukturelle Karosseriebauteile aus CFK genutzt. Standardisierte Strukturelemente sind im Baukastensystem verfügbar. Das Interieur ist modular und austauschbar, etwa durch den Einsatz neuer Fügetechnologien. Gedruckte Teile bieten den Pkw-Nutzern individuelle

Gestaltungsmöglichkeiten. Kunden fragen zunehmend den Mobilitätsservice nach, weniger das Produkt Pkw, wodurch sich die Anforderungen verändern – sie werden zunehmend von Flottenbetreibern und weniger vom Endkunden diktiert. Vernetzung ersetzt viele Komfortkomponenten. Stoffströme im 2nd-Life sind etabliert. Ein E-Van mit Anhängerkupplung schließt eine Modelllücke für eine Reihe von Nutzungen.

Lkw

Autonom fahrende Lkw ohne Führerhaus haben sich bereits bewährt und stehen kurz vor der Markteinführung. Batterieelektrische und Brennstoffzellenantriebe werden zunehmend in Nutzfahrzeugen im Fernverkehr eingesetzt. Strukturintegrierte H2-Tanks werden aus CFK gefertigt, alternativ kommen Wechseltankmodule mit zentraler Befüllung zum Einsatz. Faserverstärkte Kunststoffe und struktureller Leichtbau gewinnen auch im Bereich der Nutzfahrzeuge an Bedeutung, da marode Infrastruktur auf vielen Strecken zu erheblichen Umwegen führt, sobald Gewichtsgrenzen überschritten werden. Das Umdenken wird durch neue Fahrzeugkonzepte unterstützt, bei denen eine bessere Aerodynamik und ein geringerer Energieverbrauch eine zunehmend wichtigere Rolle spielen. Trotz eines dynamischen Marktes müssen sich alle Neuerungen in einem kompetitiven Umfeld beweisen, sodass nur deutliche Einsparungen von den Kunden angenommen werden.

Luftfahrt

Eine Reihe von Klein- und Regionalflugzeugen nutzt Wasserstoff oder Ammoniak als Antrieb. Topologisch optimierte tragende Strukturen haben im Leichtbau deutliche Fortschritte erzielt. CFK (carbonfaserverstärkter Kunststoff) ist der vorherrschende Konstruktionswerkstoff in der Struktur. Das Infotainment-System ist teilweise in der Kabine in die Seitenwand integriert. H2- und Ammoniak-Tanks werden ebenfalls lasttragend in der Primärstruktur verbaut. Aufgrund des gestiegenen Werts pro eingesparter Strukturmasse wird der Markt für „individuellen Luftverkehr“ wachsen, etwa durch personen- und cargo-fähige Multikopter in Composite- und Hybridbauweise. Durch die erfolgreiche Zertifizierung einer bolzenfreien strukturellen Reparatur können Wanddicken von Rumpf- und Tragwerkstrukturen weiter reduziert, Strukturmasse eingespart und die Nutzlast erhöht werden.

Raumfahrt/Defense

Composite-Panzer und Composite-Korvetten finden zunehmend Anwendung. Smarte Composite-Komponenten integrieren Funktionen wie Sensoren und Aktoren. Sehr dünne und hochleistungsfähige Materialien bieten hohe Hitzebeständigkeit und Radarabschirmung. Radome (Radarantennen) zeichnen sich durch ein effizientes Design und integrierte Sensorik aus. Schiffsaufbauten werden zunehmend in Leichtbauweise entwickelt, da zusätzliche Funktionen das Gewicht erhöht haben. Die NATO betreibt Innovationsprozesse und Kooperationsworkshops mit allen Beteiligten (Militär, Industrie und Forschung). Die lokale Produktion von Defenstetechnologien trägt weiterhin zur nationalen Souveränität bei. Materialmonitoring und Charakterisierung für Defense und Raumfahrt erleichtern die Entwicklung.

Erneuerbare Energien

Hohe Windkraftanlagen (bis zu 400 m) erhalten aufgrund der starken Zentrifugalkräfte zunehmend CFK-Komponenten wie FKV-Gondeln, CFK-Rotorblätter und Generatoren am Fuß. Für Offshore-Anwendungen kommen leichte Türme und Gondeln zum Einsatz. Retrofitting-Kits ermöglichen eine schnelle Weiternutzung von Altanlagen. Dachintegrierte Windkraftanlagen auf Industriebauten haben sich etabliert. Dachpaneele mit integrierten Solarmodulen folgen automatisch dem Sonnenstand. Leichte, modulare Unterbauten erleichtern die Montage und Wartung von Photovoltaikanlagen.

Bauwirtschaft

CO₂-neutrales Bauen mit Holz und Biocomposites hat an Bedeutung gewonnen. Nach dem Vorbild der US-Bauweise wurde eine Kaskade der Einsparungen entwickelt. Modulare, standardisierte und vorgefertigte Verbundbetonbauteile ermöglichen eine einfache Montage und Demontage für das Recycling von Bauteilen. Hierfür wurden neue Verbindungstechniken entwickelt. Sandwich-Panels mit Naturfaser-Deckschichten kommen zum Einsatz. Für 3D-gedruckte Häuser wird geschäumter Beton verwendet. Holzleichtbau findet als ressourcenschonendes, leichtes Bauverfahren mit gutem Raumklima zunehmend Anhänger. Brücken werden in Kombination mit 3D-Druck-Technologien gefertigt. Nachhaltigkeit wurde in den Bauvorschriften zugunsten des Leichtbaus verankert. Verbundwerkstoffe wie Carbonbeton haben sich in der Architektur und im Industriebau etabliert.

Kontakt/Redaktion: Dr. Heinz Kolz, CU West, heinz.kolz@composites-united.com