

Nachhaltige Produktion von Composites – Materialien & Ökoeffizienz



CU-Innovation Day: 12.-13.11.2024
am Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe



Dokumentation

Keynote: Wie werden aus FKV nachhaltige Leichtbau-Lösungen?

Die Leichtbaustrategie der Bundesregierung zielt darauf ab, Material- und Energieeinsparungen durch kreislauffähiges Design, fortschrittliche Fertigungsverfahren und geschlossene Materialkreisläufe zu erreichen. Diese Maßnahmen sollen Produkte langlebiger machen, Ressourcen schonen und die Robustheit von Fahrzeugen verbessern. Nachhaltigkeit wird dabei im Sinne der Definition der Vereinten Nationen von 1987 verstanden: die Bedürfnisse der Gegenwart zu befriedigen, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen. Ein zentraler Aspekt des heutigen Verständnisses von Nachhaltigkeit ist die 9R-Strategie, die smartere Produktnutzung, die Verlängerung der Lebensdauer durch Reparatur und die sinnvolle Verwendung von Materialien umfasst. Ressourcenschonende Materialien, die End-of-Life-Demontage und das Management von Stoffströmen sind essenziell für nachhaltige Entwicklungen, insbesondere im Automobilbau. Der gezielte Materialeinsatz entlang der Lastpfade sowie nachhaltige Produktionsverfahren tragen zur Effizienz bei. Biopolymere, aus nachwachsenden oder biologisch abbaubaren Rohstoffen, bieten eine nachhaltige Alternative, sind aber nicht automatisch ökologisch überlegen. Die biologische Abbaubarkeit unterscheidet sich je nach Material und Kontext – ob in der Natur oder in industriellen Kompostieranlagen. Bis 2030 wird für Biopolymere ein Marktwachstum von 10-24 % erwartet. Die Recyclingfähigkeit von Carbonfasern ist ein weiterer Schwerpunkt. Jährlich entstehen weltweit etwa 20.000 Tonnen CFK-Abfälle, 40 % aus der Produktion und 60 % aus End-of-Life-Produkten. Angesichts des energieintensiven Herstellungsprozesses wird die Kaskadennutzung favorisiert, bei der lange Fasern zurückgewonnen und weiterverarbeitet werden. Stapelfasergarne und -tapes ermöglichen technische Vorteile wie faltenfreie Ablagen in Radien unter pseudo-plastischer Verformung während der Verarbeitung.

Naturfasern, die vor allem in der Automobilindustrie eingesetzt werden, tragen vor allem zur Gewichtsreduktion und zur Verbesserung der CO₂-eq. bei. Neue Anwendungsgebiete u.a. in der Bau- und Textilindustrie führen zu einer steigenden Nachfrage nach Naturfasern, insbesondere aus dem asiatischen Raum.

Um Faserknappheit und steigenden Preisen im europäischen Raum (Flachs und Hanf) entgegenzuwirken, sollten Alternativen wie Kenaf-, Jute- oder Abacafasern für etablierte Produkte in Betracht gezogen werden.

Aktuelle Studien gehen davon aus, dass der Markt für Naturfasern in den nächsten zehn Jahren jährlich um 5 bis 7 % wachsen wird. Die Entwicklung nachhaltiger Verbundwerkstoffe, die sowohl ressourcenschonend als auch funktional sind, bleibt eine Schlüsselaufgabe für die Zukunft.

Referenten: Prof. Dr.-Ing. Thomas Neumeyer, Dr. Barbara Güttler, Prof. Dr.-Ing. Luisa Medina

Session 1: Nachhaltige Materialien

Qualitätssicherung für einheimische Naturfasern zum Einsatz in Naturfaser verstärkten Kunststoffen

Baumwolle stellt mit ihrem weltweit größten Faservolumen eine der bedeutendsten Fasern dar, doch internationale Standards für die Prüfung ihrer Eigenschaften sowie die von Bast- und Blattfasern fehlen weitgehend. Im Jahr 2014 wurden weltweit 5,6 Millionen Tonnen Bast- und Blattfasern produziert, wobei Jute mit über 60 % den Großteil ausmacht. Innerhalb der EU werden jährlich etwa 30.000 Tonnen dieser Fasern in Naturfaserkompositen (NFK) verarbeitet, was nur 0,5 % der globalen Produktion entspricht. Der Handel mit Naturfasern erfolgt in verschiedenen Verarbeitungsstufen, wobei Prüfmethoden wie die Zugprüfung zur Bestimmung der Faserfestigkeit oder Luftstromverfahren und Bildanalysen für die Faserfeinheit Anwendung finden. Diese Methoden basieren jedoch häufig auf Technologien, die ursprünglich für Baumwolle oder Wolle entwickelt wurden. Schnellmessmethoden, wie der Stelometer oder Luftstromverfahren, bieten zwar praktische Lösungen für die Qualitätskontrolle, liefern jedoch meist nur Durchschnittswerte und Standardabweichungen. In der Produktionskette von Bast- und Blattfasern – vom Anbau über das Aufschließen, Krempeln, Nadeln bis hin zum Pressen – beeinflussen Faktoren wie der Röstgrad den Faserverlust, den Schäbengehalt und die Breite der Faserbündel erheblich. Eine enge Kommunikation entlang der Produktionskette ist entscheidend, um die Anforderungen an die Produktqualität zu erfüllen. Lediglich bei Flachs- und Kokosfasern gibt es eine gewisse Substituierbarkeit, während für andere Naturfasern

spezifische Anforderungen gelten. Trotz der potenziellen Möglichkeit, ein industrielles Qualitätsmanagement für Naturfasern ähnlich wie bei Baumwolle aufzubauen, fehlen bislang umfassende Standards. Zwar existieren geeignete Prüfmethoden und genormte Verfahren, doch eine einheitliche Regelung für Probenahmen und Messschemata bleibt aus. Die Entwicklung international akzeptierter Standards könnte die Grundlage für eine effektivere Qualitätskontrolle und einen besseren Austausch entlang der Wertschöpfungskette schaffen.

Referent: Holger Fischer, *Faserinstitut Bremen*

New HPC components based on sustainable textile products and bio-resins

Im Rahmen des EU-Projekts rLightBioCom wurden Naturfasern und Basaltfasern hybridisiert, um Verbundwerkstoffe mit optimierten Eigenschaften zu entwickeln. Dabei wurden die Naturfasern (Hanf und Flachs), sowie vier verschiedene Basaltfasern einzeln auf ihre Feinheit und Zugeigenschaften analysiert. Im Allgemeinen weisen alle Basaltfasern vergleichbare Eigenschaften auf. Die mechanische Charakterisierung (Zug-, Biege- und Charpy-Tests) von Verbundwerkstoffen, die mit einer Mischung aus Natur- und Basaltfasern (30:20) und 50 % PP hergestellt wurden, ergab ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Daher könnten Basaltfasern im Verbundwerkstoff bei Verfügbarkeitsproblemen gegeneinander substituiert werden.

In weiteren Untersuchungen wurde das PP (Neuware) durch rPP (postindustrielle PP-Abfälle, hitzestabilisiert und nicht stabilisiert) ersetzt. In einem ersten Schritt wurden ausschließlich Naturfasern mit den verschiedenen PP-Sorten zu einem Vliesstoff verarbeitet. Diese wurden zu Platten gepresst und anschließend mechanischen Tests unterzogen, wie Zug-, Biege- und Charpy-Tests. Die Ergebnisse zeigten, dass die mechanischen Eigenschaften nur geringfügig von der Art des eingesetzten PP oder der PP-Mischungen beeinflusst wurden. Bei der Verarbeitung traten jedoch Herausforderungen auf: Die Herstellung von Vliesstoffen mit hitzestabilisiertem PP erwies sich als schwierig, da sich die Fasern in der Krempelmaschine verfangen, was zu einem erhöhten Arbeitsaufwand und Faserverlusten führte. Nicht modifiziertes post-industrielles PP zeigte dagegen bei der Verarbeitung keine Unterschiede zum virgin-PP. Für zukünftige Entwicklungen ist geplant, Mischungen aus Naturfasern und Basaltfasern mit rPP zu Verbundwerkstoffen zu verarbeiten und zu charakterisieren.

Referentin: Prof. Dr.-Ing. Luisa Medina, *Hochschule Kaiserslautern*

MDTA4 Prüfung: Trennung von krepelfähigen Fasern und Trash

Textechno bietet eine Reihe innovativer Prüfgeräte an, die für die Analyse und Bewertung verschiedener Fasern entwickelt wurden, darunter Baumwolle und Naturfasern wie Flachs und Hanf. Zu den verfügbaren Geräten zählen der FAVIMAT+, der MDTA4 (Micro Dust and Trash Analyzer), der FIBROLENGTH und der FIBROTEST. Diese Geräte decken wesentliche Prüfbereiche ab:

Faserlänge: FIBROTEST und FIBROLENGTH (Messung von Längen bis zu 200 mm)

Zugfestigkeit: FAVIMAT+ und FIBROTEST

Verunreinigungen und Staubgehalt: MDTA4

Der MDTA4 arbeitet nach dem Prinzip einer Krempelanlage. Eine Öffnungswalze trennt Faserfragmente und Staub, die mithilfe eines Vakuums abgesaugt werden. Größere Verunreinigungen (Trash) werden von einem Abstreifmesser in einen Sammelbehälter befördert. Gereinigtes Material wird durch einen Faserleitkanal in einen Rotor transportiert und dort zu einem Sliver verarbeitet. Eine präzise Bestimmung des Trash-Gehalts ist entscheidend für die Qualität der Fasern und damit für deren Preis. Während der Trash-Gehalt bei Flachs gravimetrisch leicht bestimmt werden kann, erfordert Hanf zusätzliche Schritte wie die Öffnung der Fasern und eine nachfolgende Bildanalyse. Der Einsatz moderner Technologien wie Kameras, KI und maschinellem Lernen zeigt großes Potenzial, insbesondere mit dem KI-basierten System CLIF (Classification of Impurities in Fibres), das Verunreinigungen klassifiziert und bewertet. Dieses System benötigt jedoch eine umfassende Annotation der Daten für optimale Ergebnisse. Tests zur Faserreinigung haben gezeigt, dass Flachs effektiv gereinigt werden kann, während Hanf aufgrund der unklaren Trennung zwischen Fasern und Trash größere Herausforderungen bietet. Bei Bastfasern konnten im Allgemeinen gute Ergebnisse erzielt werden, wobei Flachs besonders gut abschneidet. Die Geräte von Textechno, ursprünglich für Baumwolle entwickelt, sind vielseitig einsetzbar und bieten auch für Naturfasern wie Bast- und Blattfasern hochwertige Analysemöglichkeiten. Die Kombination aus bewährten Prüfmethoden und modernen KI-gestützten Systemen hebt die Effizienz und Präzision in der Faseranalytik auf ein neues Niveau.

Dr. Ulrich Mörschel, *Textechno Herbert Stein GmbH & Co. KG*

Paneldiskussion mit den Speakern mit Q&A-Session

Die Materialverfügbarkeit und die Substituierbarkeit von Naturfasern sollten systematisch untersucht werden. Vor dem Hintergrund der Beschaffung in der Textilindustrie muss der weltweite Markt betrachtet und die notwendige Qualität durch Mischung von Qualitäten aus unterschiedlichen Herkunftsgebieten erreicht werden. Flachs wird komplett von der Textilindustrie zu hohen Einkaufspreisen übernommen. Für die Industrieverarbeitung stehen lediglich Kurzfasern zur Verfügung. Die Potentiale von Naturfasern sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft, Verfügbarkeit, Qualitäten und Substituierbarkeit müssen weiter untersucht werden. Holzfasern wurde in den Vorträgen nicht angesprochen, dabei haben diese Fasern eine hohe Verfügbarkeit und sind preisgünstig. Geruchsprobleme von Naturfasern können bei Anwendungen, wie Unterboden von Pkw, neutralisiert werden.

Moderation: Prof. Dr.-Ing. Luisa Medina, Hochschule Kaiserslautern

Session 2: Ökoeffiziente Produktion

Verarbeitung und Charakterisierung von PHA-Filmen (Waste2BioComp)

Biobasierte Polymere machen derzeit lediglich etwa 1 % der weltweiten Polymerproduktion aus, bieten jedoch großes Potenzial für eine nachhaltigere Zukunft. Unter diesen sticht Polyhydroxyalkanoat (PHA) durch seine ausgezeichneten Barriereigenschaften gegen Wasser und Sauerstoff hervor, was es besonders attraktiv für die Verpackungsindustrie macht. Als biologisch abbaubarer Kunststoff könnte PHA herkömmliche Kunststoffe wie Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) ersetzen. Im Rahmen eines Projekts wurde PHA durch Fermentation aus Biomüll und Abfällen gewonnen. Ziel war die Entwicklung eines PHA-basierten Films, der für die Massenproduktion geeignet ist. Da reine PHA-Filme aktuell technisch nicht umsetzbar sind, wurden Multi-Layer-Filme hergestellt und umfangreich charakterisiert. Die Produktion erfolgte sowohl im Labormaßstab als auch im industriellen Prototypenmaßstab. Neben PHA wurden auch Versuche mit Polylactid (PLA) durchgeführt, um weitere biobasierte Alternativen zu erforschen. Um den Anteil von Biopolymeren an der weltweiten Kunststoffproduktion auszubauen, müssen jedoch zusätzliche Anwendungsbereiche erschlossen werden. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Biopolymere biologisch abbaubar sind. Die Entwicklung biologisch abbaubarer Materialien wie PHA-basierter Filme ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung, um langfristig die Abhängigkeit von konventionellen Kunststoffen zu verringern.

Referent: Hendrik Hahlbom, Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe (IVW)

Tenax Carbon Fibers deliver Sustainability

Kohlenstofffasern (CF) zeichnen sich durch ihre Leichtigkeit und thermische Stabilität aus, was sie zu einem bevorzugten Material in verschiedenen Industrien macht. Im Vergleich zu Aluminium, das in der Luftfahrt aufwendig zu verarbeiten und aufgrund des Korrosionsschutzes schwer zu recyceln ist, bieten kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) klare Vorteile. Besonders bei größeren Bauteilen ermöglichen sie eine integrierte Funktionalität bei geringerer Verarbeitungstechnik. In der Windkraftindustrie überzeugen CFK durch ihre Korrosionsbeständigkeit, hohe Steifigkeit und ihr Potenzial für Leichtbau. Ein wichtiger Trend ist die Nutzung recycelter Kohlenstofffasern. Unternehmen wie Tenax setzen gemahlene Fasern, die aus Produktionsabfällen gewonnen werden, ein. Diese Materialien finden zunehmend Anwendungen in neuen Marktsegmenten wie Tribologie, elektrische Leitfähigkeit, chemische und thermische Widerstandsfähigkeit und 3D-Druck. Allerdings bleibt recyceltes Material derzeit teurer als Neuware. Teijin verfolgt eine Null-Abfall-Strategie, bei der geringere Qualitäten für geeignete Anwendungen genutzt werden. Die Herstellung von Kohlenstofffasern ist energieintensiv und umfasst Schritte wie Oxidation, Carbonisierung, Oberflächenbehandlung und Sizing. Aus 2 kg PAN-Precursor entstehen 1 kg Kohlenstofffasern und 1 kg flüchtige Gase. Die gasförmigen Nebenprodukte gilt es zunehmend für die chemische Industrie nutzbar zu machen. Teijin hat sich das Ziel gesetzt, bis 2030 den Energieverbrauch bei der CF-Herstellung um 50 % zu senken und durch den Einsatz erneuerbarer Energie CO₂-Neutralität zu erreichen. Dies erfordert jedoch innovative Lösungen für die industrielle Energiespeicherung, da das Angebot an erneuerbarer Energie, etwa aus Photovoltaik, schwankt. Zur Förderung der Nachhaltigkeit baut Teijin auf ein offenes Kooperationsnetzwerk, in dem Partner und Kunden gemeinsam an Lösungen arbeiten. Gleichzeitig optimiert das Unternehmen seine internen Materialströme, nutzt anfallende Materialien effizient und steigert die Energieeffizienz.

Referent: Dr. Markus Schneider, *Teijin Carbon Europe*

Technologien zur nachhaltigen FKV-Produktion

Die Leichtbauweise in der Maschinengestaltung trägt entscheidend zur Reduktion des Energiebedarfs bei. Dies wird durch die Verwendung leichter Materialien, die Miniaturisierung von Komponenten, wie etwa des Tapelegekopfs, sowie durch

maßgeschneiderte Kinematik- und Handlingeinheiten erreicht. Die Reduktion der kinetisch bewegten Masse und der Einsatz energieeffizienter Antriebstechnik, wie optimierter Motoren und Getriebe, spielen hierbei eine zentrale Rolle. Ergänzt wird dies durch Maßnahmen zur Reibungsminimierung, die den Gesamtenergieverbrauch weiter optimieren. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die optimierte Temperaturregelung, bei der präzise und zonale Temperaturkontrollen Energieverluste minimieren. Intelligente Sensorik und Steuerungssysteme ermöglichen es, den Energieeinsatz bedarfsgerecht an die aktuellen Anforderungen anzupassen. Zudem bieten Technologien zur Energierückgewinnung, wie die Rekuperation in Bremssystemen, zusätzliche Einsparpotenziale. Die Integration erneuerbarer Energien, etwa durch Solar- oder Windenergie in Kombination mit Elektrolyse, erweitert die Möglichkeiten, den Energieverbrauch nachhaltig zu senken. Allerdings stoßen Effizienzbemühungen an Grenzen, da das oft unklare Nutzerprofil der Kunden den Energieverbrauch beeinflusst. Zudem steigen weltweit die Anschlussleistungen von Werkzeugmaschinen, was eine detaillierte energetische Bewertung mit umfangreicher Messtechnologie erfordert. Es zeigt sich, dass eine energieeffiziente Anlage nicht automatisch wirtschaftlichen Erfolg garantiert, da Faktoren wie Betriebszeit und Produktionsgeschwindigkeit ebenfalls eine Rolle spielen. Trotzdem bietet der gezielte Einsatz von Leichtbau, intelligenter Steuerung und energieeffizienter Technik ein großes Potenzial zur Senkung des Energieverbrauchs und zur nachhaltigen Optimierung von Maschinenstrukturen.

Referent: Dr. Markus Steeg, *Automation Steeg und Hoffmeyer GmbH*

Paneldiskussion mit den Speakern mit Q&A-Session

Reales Energieverbrauchsmessungen sind in dynamischen Anlagen mit Rückspeisung schwierig. Bei Teijin entsteht viel Material, das nicht in der Luftfahrt genutzt wird und für andere Anwendungen zur Verfügung gestellt wird.

Abendevent mit Dinner und Networking im Brauhaus an der Gartenschau

Tag 2, 13. November 2024

Session 3: Anwendungen im nachhaltigen Leichtbau

Prof. Thomas Neumeyer begrüßte die Teilnehmer zum 2. Tagungstag und zur Session „Anwendungen im nachhaltigen Leichtbau“

Hochleistungsverbundwerkstoffe aus Holzfasern

Holz gilt als eines der nachhaltigsten Materialien der Natur, da es nicht nur günstige Rohstoffe bietet, sondern auch Kohlenstoff speichert und Emissionen vermeidet. Es eignet sich besonders gut für semi-strukturelle Anwendungen, da es eine Zugfestigkeit von bis zu 80 MPa und ein Elastizitätsmodul von bis zu 14 GPa aufweist. Mit einer Dichte von bis zu 0,16 g/cm³ ist Holz zudem ein leichtes Material. Bereits in seiner natürlichen Form kann Holz als Verbundwerkstoff angesehen werden: Die Zellulose dient als Verstärkungsfaser, während Hemicellulose und Lignin die Polymermatrix bilden und die Lastübertragung übernehmen. Die zelluläre Struktur von Holz bietet enorme Potenziale zur Modifikation. Durch die Optimierung dieser hierarchischen Struktur können zusätzliche Funktionalitäten hinzugefügt werden. Im Kontext der Kreislaufwirtschaft ist es von entscheidender Bedeutung, dass Holz, insbesondere Altholz, wiederverwendet wird, um Raubbau an Wäldern sowie Umweltverschmutzungen von Wasser, Luft und Boden zu vermeiden. Daher ist die Entwicklung hochleistungsfähiger, energieeffizienter und multifunktionaler Holzwerkstoffe unter Verwendung nachhaltiger Modifizierungsverfahren ein zentraler Fokus. Biotechnologische Verfahren bieten eine vielversprechende Methode zur nachhaltigen Modifikation von Holz. Diese Verfahren sind skalierbar, energie- und kosteneffizient und ermöglichen die Verarbeitung moderner Holzwerkstoffe. Eine gezielte Grenzflächentechnik kann zudem die Holzstruktur und das Lichtstreuungsverhalten beeinflussen. Ein weiteres innovatives Verfahren umfasst das In-situ-Lignin- und Hemicellulose-Engineering, das leistungsstarke, bindemittelfreie Verbundwerkstoffe aus Holzabfällen erzeugt. Ein Beispiel für nachhaltige Holzmodifikation ist die Nutzung von Lebensmittelservierschalen aus Holz. Hier wird der Kleber durch Wasserbehandlung entfernt und das Holz anschließend delignifiziert. Durch einen Lagenaufbau mit einem regenerierten Zwischenmaterial können Schnitte im Material während des Pressprozesses verschlossen werden. Im Vergleich zur heimischen Kiefer konnten die Zugeigenschaften des Materials signifikant verbessert werden. Holzlamine haben in Bezug auf Leistung den Vorteil, unidirektionale naturfaserverstärkte Verbundwerkstoffe zu übertreffen. Sie bieten auch unter extremen Witterungsbedingungen eine bessere Performance als Naturholz. Biotechnologische Verfahren sind dabei die umweltfreundlichsten und nachhaltigsten Methoden zur Delignifizierung von Holz

Referent: Dr. Emanuel Akpan, Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe

Laborbesuch IVW: Demonstrationen an Anlagen

In jeweils drei Gruppen wurde abwechselnd die Bauteilprüfung, die Verarbeitungstechnik und die Werkstoffanalytik besichtigt. In der Werkstoffanalytik lag der Fokus auf den werkstoffanalytischen Methoden, die im EU-Projekt Waste2Bio-Comp angewendet werden. Dabei standen Polyhydroxyalkanoate (PHA) im Mittelpunkt, insbesondere hinsichtlich ihrer Kristallinität und thermischen Stabilität.

Im Bereich der Bauteilprüfung wurden Anlagen für Crash-Versuche sowie gekoppelte Zug-Druck-Torsionsprüfungen vorgestellt. Weiterhin konnten Hochgeschwindigkeitsprüfmaschinen und Anlagen für Ermüdungsuntersuchungen besichtigt werden. Die Hochgeschwindigkeits- und Ermüdungsversuche können dabei auch unter temperierten Bedingungen durchgeführt werden.

In der Verarbeitungstechnik wurde die digitalisierte Herstellung von CF-SMC gezeigt, wobei die Faserorientierung der geschnittenen Rovings mithilfe einer Polarisationskamera erfasst wurde. Im Anschluss wurden die Wickeltechnik und Tapelegetechnik besichtigt. Abschließend wurde eine Umformanlage mit 2600 t Schließkraft und zusätzlichem Spritzgießaggregat vorgestellt, welche die Entwicklung hybrider Leichtbauprozesse im industriellen Maßstab ermöglicht.

Ökologische Nachhaltigkeitsbewertung von Composites-Bauteilen

Um Verbundwerkstoffe umweltfreundlicher zu gestalten, gibt es verschiedene Ansätze, die sowohl den Einsatz nachhaltiger Materialien als auch die Optimierung von Recyclingprozessen umfassen. Ein praktisches Fallbeispiel ist die Ökobilanz (LCA) von recycelten fossilen Glasfaser-Verbundwerkstoffen (GFK), die durch mechanisches Recycling unter Verwendung einer thermoplastischen Matrix und recycelten Glasfaser (GF) hergestellt werden. In diesem Fall erfolgt die Verarbeitung der recycelten Materialien im Spritzgussprozess. Beim mechanischen Recycling werden die Materialien durch Schreddern, Sortieren und Waschen aufbereitet, um sie für den Einsatz in neuen Produkten zu gewinnen. Dies erfolgt in einem offenen Kreislaufsystem, in dem recycelte Materialien wieder in den Produktionsprozess integriert werden, was den Bedarf an neuen Rohstoffen reduziert. Solche Recyclingmethoden werden könnten in der Luftfahrtindustrie genutzt, in dem etwa CF UD Tape Abfälle sowie Organoblech-Abfälle verarbeitet werden. Die Abwägung zwischen den technischen Parametern und den Umweltauswirkungen des Recyclings ist entscheidend. Wichtige technische Parameter, die die Verwendung von Rezyklaten beeinflussen, umfassen die Materialeigenschaften, wie Festigkeit, Haltbarkeit und Verarbeitbarkeit des recycelten Materials. Die Wahl des richtigen Rezyklats ist von entscheidender Bedeutung, um die technischen Anforderungen der Anwendungen zu erfüllen, während gleichzeitig die Umweltauswirkungen reduziert werden. In der Ökobilanz gibt es methodische Entscheidungen, die das Recyclingmodell, die funktionelle Einheit und die Substitution betreffen. Eine wichtige Frage ist, ob das recycelte Material ein anderes Material oder einen End-of-Life-Prozess ersetzt. Dies beeinflusst nicht nur die Recyclingquote, sondern auch die Bewertung der Umweltvorteile im Vergleich zur Verwendung von primären Rohstoffen. Ein weiterer Aspekt der LCA bezieht sich auf die Umweltauswirkungen verschiedener Materialien mit unterschiedlichen recycelten Glasfaseranteilen (rGF) und -typen. Diese Materialien können in einem breiten Spektrum von Anwendungen eingesetzt werden, wobei die Auswirkungen auf den gesamten Lebenszyklus des Produkts, von der Herstellung über die Nutzung bis hin zum Recycling, berücksichtigt werden müssen. Die methodischen Entscheidungen in der Lebenszyklusanalyse beeinflussen die Ergebnisse erheblich. So müssen zum Beispiel intra- und interreziproke Beziehungen zwischen technischen Parametern, Umweltauswirkungen und der Kreislaufwirtschaft berücksichtigt werden, um fundierte Entscheidungen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Verbundwerkstoffen zu treffen. Durch die sorgfältige Berücksichtigung dieser Faktoren können recycelte Materialien in der Produktion von Verbundwerkstoffen verstärkt eingesetzt werden, was zu einer Verringerung des Ressourcenverbrauchs und der Umweltauswirkungen führt.

Referentin: M. Sc. Ulrike Kirschnick, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen

Organoblech-Verschnitte – Ist Closed-Loop Recycling eine Alternative?

Das Fallbeispiel zeigt die Entwicklung eines Türmodulträgers, der in einem Hybridprozess, bestehend aus dem Thermoformen eines Organoblechs und Spritzgießen hergestellt wird. Hierbei kommt Polypropylen mit Glasfaserverstärkung als Spritzgussmaterial zum Einsatz. Während der Herstellung entsteht ein Verschnitt von etwa 25 %, der bislang energetisch verwertet wird, indem er an Zementwerke abgegeben wird. Ziel des Projekts war es, diesen Verschnitt durch mechanisches Recycling in einen geschlossenen Kreislauf (Closed-Loop-Recycling) zu integrieren, um sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile zu erzielen. Der Prozess umfasst das Zerkleinern des Verschnitts entweder mittels eines 4-Wellen-Zerkleinerers oder eines Stanzwerkzeugs. Das resultierende Material wird mit reinem PP und einem Haftvermittler vermischt, um die gewünschten mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeit, Schlagfestigkeit und Steifigkeit, sicherzustellen. Die Ergebnisse der Tests zeigen, dass die Zug- und Kerbschlagfestigkeit des recycelten Materials mit den Referenzwerten vergleichbar sind. Ebenso wurde kein signifikanter Einfluss auf den Massenfluss festgestellt. Im Soll-Zustand soll der recycelte Verschnitt in einem Verhältnis von 32 % Rezyklat und 68 % Neuware (PP-LGF30) in den Spritzgussprozess zurückgeführt werden. Analysen zeigen, dass dieses Closed-Loop-Recycling-Modell ab einem Neuwarepreis von 0,50 €/kg wirtschaftlich vorteilhaft ist. Eine Lebenszyklusanalyse (LCA) bestätigt, dass das Recycling-Modell in allen betrachteten

Umweltkategorien gegenüber dem aktuellen Zustand Vorteile bietet. Die Integration des mechanisch recycelten Materials erlaubt die Wiederverwertung von Verschnitt, ohne die funktionalen Anforderungen des Türmoduls zu beeinträchtigen. Dies zeigt das Potenzial des Closed-Loop-Recyclings, nicht nur Ressourcen zu schonen und die Umweltauswirkungen zu reduzieren, sondern auch die Produktion wirtschaftlich effizienter zu gestalten.

Referentinnen: Sabine Hummel, und Theresa Pscherer, *TU Rosenheim*

ECo2Floor - Fahrzeugunterböden aus Naturfasern und rezykliertem Polypropylen für den Einsatz in zukünftigen Elektrofahrzeugplattformen

Der Volkswagen-Konzern hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 CO₂-neutral zu werden. Ein wichtiger Schritt in dieser Richtung ist die Einführung von Quotenregelungen für Rezyklate und nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo), die durch gesetzliche Vorgaben unterstützt werden. Im Rahmen dieses Ziels bietet der Unterboden von Fahrzeugen großes Potenzial für den Einsatz nachhaltiger Werkstoffe. Der Fahrzeugunterboden hat aufgrund seiner geringeren optischen Anforderungen und weniger strenger Emissionsanforderungen (wie Geruch) einen besonderen Vorteil. Zudem weist die Unterbodenbaugruppe einen hohen Kunststoffanteil auf, der in der Regel mehr als 10 kg beträgt. Das Ziel besteht darin, ein nachhaltiges Gesamtkonzept für den Fahrzeugunterboden zu entwickeln, das den Einsatz von biobasierten Werkstoffen fördert, Glasfasern substituiert und maximalen Einsatz von Post-Consumer-Rezyklaten im Polymer ermöglicht. Im konkreten Fall wurden verschiedene Bauteile des Unterbodens untersucht, darunter die Hinterachsverkleidung aus leichtem Werkstoff mit Naturfasern (NF) und Recycling-Polypropylen (rPP). Für diese Bauteile wurden Fasern wie Hanf, Kenaf und Flachs untersucht, wobei verschiedene Einflussfaktoren wie Verunreinigungen (Schäben) und Faser-Matrix-Haftung berücksichtigt wurden. Die Auswahl der Fasern erfolgte nicht nur nach technischen, sondern auch nach ökologischen Kriterien wie CO₂-Fußabdruck und anderen Umweltaspekten. Das Ergebnis der Tests zeigte, dass das Steinschlagverhalten hervorragend war, die Wasseraufnahme weniger kritisch als erwartet ausfiel, aber Schimmelbefall als größte Herausforderung identifiziert wurde. Letztlich wurde Hanf als bevorzugte Naturfaser ausgewählt, da alle geforderten Eigenschaften erreicht wurden. Ein weiteres Bauteil, die Dämpfungswanne, wurde aus naturfaserverstärktem rPP-Compound hergestellt, wobei Schnittreste von Flachs, neues Flachs sowie Cellulosefasern verwendet wurden. Auch hier konnten die Biegemodulanforderungen sowohl in Prüfkörpern als auch in realen Bauteilen erfüllt werden. Die entwickelten nachhaltigen Materialalternativen wurden als serientauglich bewertet, da sie verschiedene Belastungstests wie Wasserdurchfahrt, Hochgeschwindigkeitstests und Geländeerprobungen erfolgreich bestanden. Zudem konnte die Dauerhaltbarkeit (>100.000 km, was in etwa 200.000 km im realen Kundeneinsatz entspricht) nachgewiesen werden. Alle Tests, einschließlich einer Fahrerprobung am Gesamtfahrzeug, wurden erfolgreich abgeschlossen. Der Fahrzeugunterboden des zukünftigen BEV (Battery Electric Vehicle) könnte vollständig mit dem Material ECo2Floor hergestellt werden. Der Vergleich zwischen der Verwendung von Neuware und ECo2Floor zeigt eine erhebliche CO₂-Reduktion: Der Unterboden in Serie wiegt 10,5 kg, während der ECo2Floor-Unterboden nur 4,2 kg Naturfasern und 6,3 kg Post-Consumer-Rezyklate enthält. Dies führt zu einer Senkung des CO₂-Fußabdrucks des Gesamtsystems Unterboden um 40 %.

Referent: Fabian Groh, *AUDI*

Paneldiskussion mit den Speakern mit Q&A-Session

Der Begriff Downcycling ist negativ besetzt und sollte durch andere Begriffe ersetzt werden. Die zentralen Fragen, was haben wir an Materialströmen und was brauchen wir, sollte im Zentrum jeder Entwicklung von open loop und close loop Kreisläufen stehen. Die Ökobilanz von Flachs fällt nach Anbaumethode und Anbauggebiet unterschiedlich aus. Bei recyceltem Material ist die Verfügbarkeit von geeignetem Material ausschlaggebend.

Materialdatenbanken für LCA arbeiten mit unterschiedlichen Methoden und liefern Ergebnisse, die nicht vergleichbar sind. Die Datenbasis und deren Transparenz ist dabei für die Forschung ein wichtiger Aspekt bei der Auswahl der Datenbank.

Beim Pkw spielen die Kunststoffteile beim gesamt-LCA im Vergleich zu Metallteilen und Batterie im Vergleich eine geringe Rolle. Der Recyclinganteil von 25% ist mit recyceltem PCR gut zu erreichen. Schwierigkeit bereiten die darin enthaltenen 6,25%, die aus Automotive-Abfallströmen gefordert sind. Diese Quote bereitet Kopfzerbrechen, hat Kostensteigerungen zur Folge und bedarf der Diskussion mit dem Gesetzgeber.

Verabschiedung & Follow-up

Prof. Thomas Neumeyer bedankte sich bei den Vortragenden, den Teilnehmerinnen und Teilnehmern sowie dem IVW-Organisationsteam und wünschte weiterhin gute Gespräche beim Mittagsimbiss und eine gute Heimreise.

Dr. Elmar Witten vom AKV schloss sich für die Veranstalter dem Dank an und kündigte an, die Themen der Veranstaltungen in weiteren Veranstaltungen, gemeinsam mit CU aufzugreifen. Weiterhin wies er auch auf die nächste Veranstaltung des

AVK-Arbeitskreises „Naturfaserverstärkte Kunststoffe“ (13. Mai 2025 in Frankfurt) mit dem Schwerpunkt „Standardisierung“ hin.

Dokumentation mit Unterstützung von: Martin Detzel, Hendrik Hahlbom, Prof. Dr. Thomas Neumeyer, Dr. Barbara Güttler (IVW) und Prof. Dr. Luisa Medina (Hochschule Kaiserslautern)

Ansprechpartner: **Dr. Heinz Kolz**
Netzwerkgeschäftsführer CU West
E-Mail: heinz.kolz@composites-united.com
Mobil: 0175 2141051