

PLASTVERARBEITER

PRODUKTION

Nachhaltigkeit – mehr als ein Lippenbekenntnis
18

RECYCLING

Mit Rezyklatpaletten Ressourcen schonen
22

PRODUKTION

Infrarot- und UV-Licht sorgen für mehr Effizienz
26

INNOVATIVER LEICHTBAU S. 12

Aus x-teilig wird einteilig



SONDERTEIL
MOBILITYPLAST
31

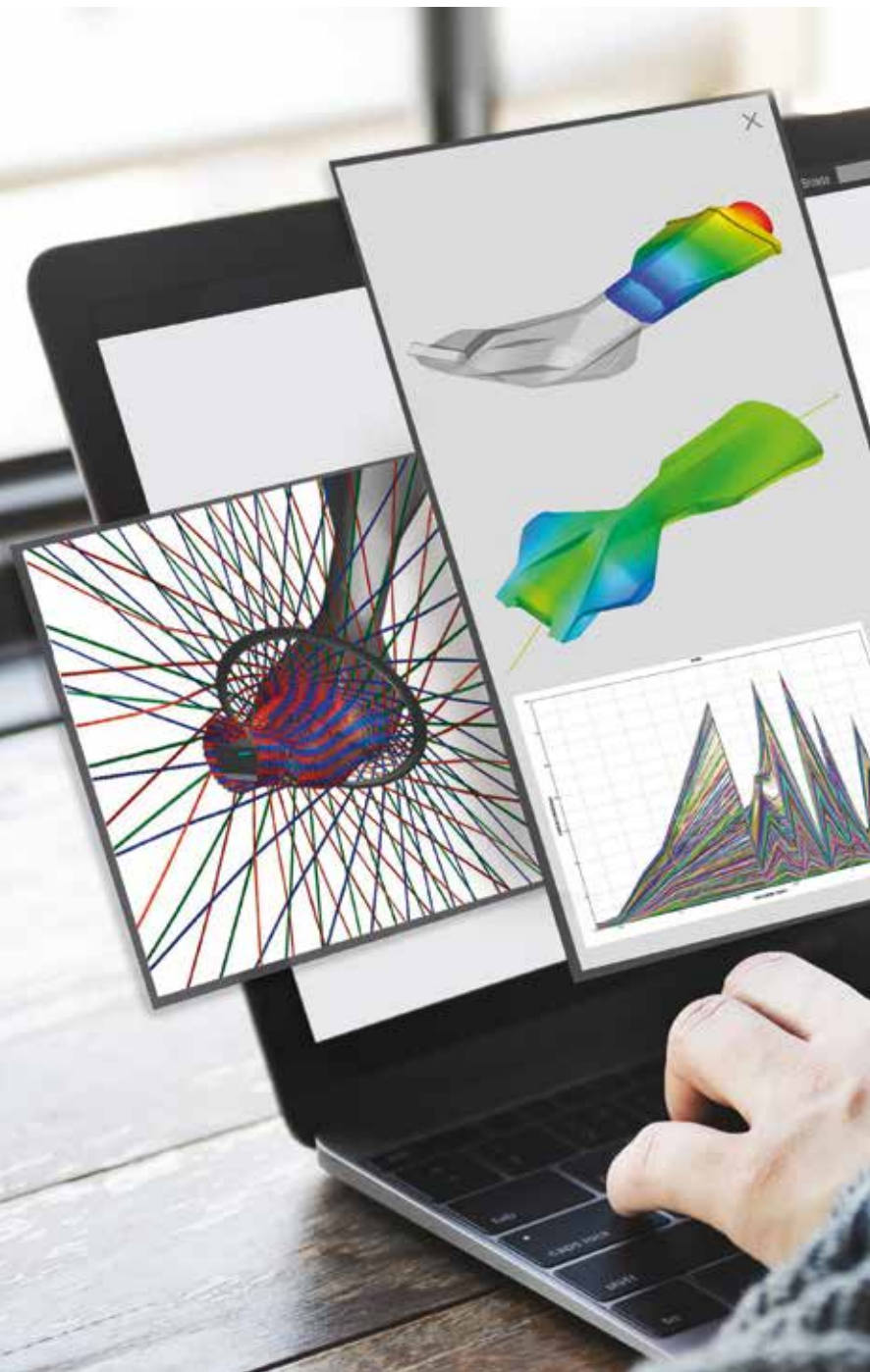
Branchenübergreifende Technologieentwicklung

Ist unendliche Designfreiheit möglich?

Die Entwicklung eines Cavus-Bauteils erfolgt simulationsgestützt.

Bild: Project R.A.C.E. Team – Institute of Aircraft Design (IFB)

PLASTVERARBEITER war zu Gast in einer branchenübergreifenden Technologieschmiede. Hans Lochner, Teamleitung Technologieentwicklung, Michael Heider, Projektleiter Technologieentwicklung und Christopher Wengler, Ingenieur Technologieentwicklung und Nachhaltigkeit, gewährten Einblicke in die Arbeit bei KTM Technologies. Blicken Sie mit.



Mit KTM verbinde ich in erster Linie Motorräder, besser gesagt Geländemotorräder. Doch hier in Anif bei KTM-Technologies sind in der Ausstellung ganz unterschiedliche Produkte von Fahrzeugen über Medizintechnik bis hin zu Aerospace-Bauteilen zu sehen. Was verbirgt sich hinter KTM-Technologies?

Hans Lochner: KTM Technologies ist weit mehr als nur die Technologieschmiede der KTM-Gruppe. Wir verstehen uns als unabhängigen Entwicklungspartner und Technologietreiber, der sein Know-how branchenübergreifend einsetzt. Mit unserem sogenannten Cross-Industries-Modell – oder kurz „X-Industries-Modell“ – bündeln wir technologische Expertise aus unterschiedlichen Branchen wie der Automobilindustrie, Luftfahrt und den Konsumgütern. Das Ziel ist es, maßgeschneiderte Lösungen für die spezifischen Anforderungen unserer Kunden zu entwickeln, die über herkömmliche Standards hinausgehen.

Eine besondere Kompetenz in unserem Angebot ist die Nachhaltigkeitsbetrachtung – sowohl in der Entwicklung als auch in den finalen Produkten. Ob es um den Einsatz ressourcenschonender Materialien, die Reduktion von CO₂-Emissionen oder das Optimieren von Fertigungsprozessen geht: Nachhaltigkeit ist fest in unserer Unternehmensphilosophie verankert. Neben klassischen Entwicklungsprojekten bietet KTM Technologies eigene innovative Verfahren und Technologien wie Cavus oder Geminus an, die sich durch Effizienz, Leichtbau und Umweltfreundlichkeit auszeichnen.

Verschiedene der bei KTM Technologies hier entstandenen Entwicklungen wurden bereits mit dem JEC- und dem SPE-Award ausgezeichnet. Unter anderem die Cavus-Technologie. Was verbirgt sich hinter der Technologie?

Michael Heider: Die Cavus-Technologie ist ein innovativer Prozess zum Herstellen komplexer, struktureller Hohlbauteile. Ihr Kernmerkmal ist die Verwendung eines vorgeformten Sandkerns, welcher später wieder entfernt wird – ähnlich wie in der Gießereitechnik üblich. Dieses Verfahren ermöglicht das Fertigen von Bauteilen mit variablen Durchmessern, Hinterschnitten und hoher Komplexität – und das in einer Effizienz und Präzision, die bisher kaum erreichbar war.

Die Technologie ist sehr vielseitig: Sie kann sowohl für thermoplastische Anwendungen als auch für Bauteile aus Duroplasten verwendet werden. Damit eröffnet sie ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten, von Faser-



Cavus-Technologie: additiv gefertigter Sandkern (links), Spritzgussteil mit Sandkern (mittig) und Öltank nach dem Auswaschen des Sandkerns.

Bild: KTM Technologies

verbundwerkstoffen bis hin zu Bauteilen für Spritzgussanwendungen wie komplexe Tankstrukturen.

Der eingesetzte Kern besteht aus wasserlöslichen und recycelbaren Materialien, wodurch das Kernmaterial wiederverwendet und Abfall reduziert werden kann. Die ressourcenschonende Materialnutzung, kurze Zykluszeiten und die Automatisierbarkeit machen die Fertigungstechnologie umweltfreundlich.

Die Kombination aus technischer Exzellenz, Flexibilität und Nachhaltigkeit ist der Grund, warum Cavus bereits ausgezeichnet wurde – unter anderem mit dem JEC Innovation Award in der Kategorie RTM.

Sie haben die Technologie am Öltank eines KTM-Motorrades bis zur Serienreife ausgearbeitet. Weshalb gerade dieses Bauteil?

Christopher Wengler: Der Öltank wurde nicht primär ausgewählt, weil er für sich im Fokus stand. Vielmehr bot er aufgrund seiner komplexen Geometrie ideale Voraussetzungen, um die Cavus-Technologie weiterzuentwickeln und serienreif zu machen. Mit seinen variablen Durchmessern, Hinterschnitten und spezifischen funktionalen Anforderungen stellte der Öltank die perfekte Herausforderung dar, um prozesskritische Fragen zu beantworten und die Potenziale unter realen Bedingungen zu testen.

Bislang wurde der Öltank konventionell durch ein differenzielles Verfahren hergestellt: Zwei Halbschalen wurden produziert und anschließend miteinander verschweißt. Nun kann der Tank integral gefertigt werden – also in einem einzigen Produktionsschritt. Dies bringt mehrere Vorteile: Zum einen entfällt der prozesskritische Schweißprozess, der mit einem höheren Aufwand und möglichen Schwachstellen verbunden ist. Zum anderen können Materialeinsatz und Fertigungseffizienz deutlich gesteigert werden.

Zusammengefasst wurde der Öltank als Technologie-demonstrator ausgewählt, weil er eine sehr gute Möglichkeit bot, die Leistungsfähigkeit der Technologie in einem anspruchsvollen und praxisnahen Szenario unter Beweis zu stellen. Wir konnten hierbei nicht nur die Designfreiheit, sondern auch die Material- und Kostenoptimierung gegenüber der bisherigen differenziellen Bauweise aufzeigen.

Welche Verfahrensschritte sind für das Herstellen eines Bauteils wie dem Öltank mit der Cavus-Technologie nötig?



Der Sandkern ist im Spritzgusswerkzeug positioniert.

Bild: KTM Technologies

Heider: Die Vielseitigkeit des Kernsystems ermöglicht die Herstellung von Hohlbauteilen sowohl aus Duroplast- als auch aus Thermoplastmaterialien. Die Prozesskette variiert je nach Materialsystem, um die spezifischen Vorteile der jeweiligen Technologie auszunutzen. Hier die Verfahrensschritte für Thermoplastbauteile wie für den im Spritzguss hergestellten Öltank:

1. Kernherstellung: Wie bei Duroplasten wird der Kern abhängig von der Stückzahl additiv gefertigt oder im Kernschussverfahren hergestellt.
2. Spritzgussprozess: Der Kern wird direkt in das Spritzgusswerkzeug eingelegt und dient dabei als Formgeber, während das Thermoplastmaterial unter hohem Druck um ihn herumgespritzt wird. Diese Methode eignet sich besonders gut für Bauteile mit komplexen Geometrien und hohe Toleranzanforderungen. Durch den Kern können gleichmäßige Wandstärkenverteilungen garantiert werden, anders als bei sonst üblichen Verfahren zur Hohlbauteilherstellung wie Gas- oder Wasserinjektion.
3. Entformen und Kernentfernung: Nach dem Spritzgießen wird das Bauteil entformt und der Kern durch Wasser aufgelöst.
4. Recycling des Kernmaterials: Das beim Spülen gewonnene Kernmaterial wird ebenfalls aufbereitet und wiederverwendet, was die Nachhaltigkeit des Prozesses unterstreicht.

Die Verfahrensschritte für Duroplastbauteile wie Carbonfaser-Composite differieren etwas und sind wie folgt:

1. Kernherstellung: Der Sandkern wird entweder im Kernschussverfahren für hohe Stückzahlen oder additiv



1



2



3

Bild 1: Hans Lochner, Teamleitung Technologieentwicklung

Bild 2: Michael Heider, Teamleiter Projekt Management

Bild 3: Christopher Wengler, Ingenieur Technologieentwicklung und Nachhaltigkeit

Bilder:
KTM Technologies

gefertigt, wenn Flexibilität oder kleinere Serien gewünscht sind.

2. **Preforming/Kernbelegung:** Der Kern wird mit Fasern umhüllt. Dies ist grundsätzlich mit trockenem Halbzeug oder Prepregs möglich.

3. **Formgebung und Aushärteprozess:** Je nach Fertigungsverfahren wird hierbei das Bauteil im Standardprozess ausgehärtet (HP-RTM, Infusionsverfahren, Prepreg Compression Molding oder andere).

4. **Entformen und Kernentfernung:** Nach dem Aushärten wird das Bauteil aus der Form entnommen und der Kern durch Spülen mit Wasser ausgelöst.

5. **Recycling des Kernmaterials:** Bis zu 98 % des Kernmaterials können gereinigt und erneut verwendet werden.

Für das Herstellen der Strukturhohlbauteile kommt ein Sandkern zum Einsatz. Wie kann dieser dem Druck und der Temperatur beim Spritzgießprozess standhalten und gleichzeitig wasserlöslich sein?

Lochner: Die Anpassungsfähigkeit des Kerns ist ein zentraler Vorteil der Cavus-Technologie, da sie sowohl

für Duroplastbauteile als auch für Thermoplastbauteile im Spritzguss angewandt werden kann.

Der Sandkern ist so konzipiert, dass er den extremen Bedingungen während der Bauteilherstellung standhält, aber gleichzeitig vollständig wasserlöslich bleibt. Durch den Einsatz spezieller Bindemittel wird der Sandkern sowohl druck- als auch temperaturbeständig. Je nach Anforderungen des Bauteils, des verwendeten Kunststoffes und des Herstellverfahrens kann der Kern Drücken von bis zu 1.700 bar und Temperaturen von bis zu 380 °C standhalten. Dies entspricht den hohen Anforderungen von Hochleistungsthermoplasten wie PPA, PPS oder PEEK.

Der Kern wird ausgewaschen und ist recycelbar. Wie lange dauert der Auswaschprozess? Und welche Schritte sind notwendig, um den Sand wiederverwenden zu können?

Wengler: Der Auswaschprozess gliedert sich in zwei Hauptphasen: eine Grobwäsche, die etwa 1 Minute dauert, und eine Feinwäsche, die je nach Bauteilgröße, Komplexität und Reinheitsanforderungen bis zu 5 Minuten in Anspruch nehmen kann. In Summe kann man somit, basierend auf bisherigen Projekterfahrungen, eine Waschkdauer von 1 bis 5 Minuten als Richtwert angesetzt werden. Im Vergleich zu wasserlöslichen Salz- oder Kunststoffkernen sind deutlich kürzere Auslösezeiten und damit höhere Produktivität möglich.

In Serienproduktionen erfolgt das Auswaschen üblicherweise auf vollautomatisierten Waschstraßen, entweder in Wasserbädern oder durch den Einsatz von Wasserlanzen. Diese Automatisierung unterstützt den effizienten Ablauf des gesamten Fertigungsprozesses.

Nach dem Auswaschen wird der Sand zu 98 % recycelt. Dazu wird der ausgewaschene Sand in einem Absetzbecken gesammelt, getrocknet und anschließend für die Kernherstellung wiederverwendet. Ein neuer Anteil des Bindemittels wird dem Recyclingsand hinzugefügt, da dieses während des Auswaschens nahezu vollständig im Wasser gelöst wird.

Das Bindemittel wird dem Sand jedoch erst kurz vor der Kernherstellung beigemischt. Durch die getrennte Lagerung von Sand und Bindemittel bleibt der Sand länger lagerfähig, was eine flexible Fertigung unterstützt. Dieses Recyclingkonzept minimiert Abfall und verbessert den Ressourceneinsatz.



Für die duroplastischen Bauteile wird der hergestellte Kern mit den Carbonfasern umflochten und anschließend im HP-RTM weiterverarbeitet.

Bild: Project R.A.C.E. Team – Institute of Aircraft Design (IFB)

Wie wird das Wasser aufbereitet?

Wengler: Für die Wasseraufbereitung kommen industriübliche Aufbereitungsanlagen zum Einsatz, die den Prozess effektiv und nachhaltig gestalten. Der Sand stellt hierbei kein Problem dar, da er über ein Absetzbecken abgeschieden wird.

Zum Entfernen des Bindemittels wird es durch einen Ausflockungsprozess aus dem Wasser separiert. Der pH-Wert des Wassers dient dabei als einfacher und zuverlässiger Parameter, um zu überprüfen, ob das Wasser wieder für den Auswaschprozess geeignet ist.

Nach dem Entfernen des Bindemittels ist das Wasser kreislauffähig und kann ohne zusätzliche Verunreinigungen erneut im Prozess verwendet werden. Durch den Einsatz der anorganischen Binder haben wir es nicht mit giftigen Furanen oder dergleichen zu tun, die in üblichen organischen Bindersystemen vorkommen. Außerdem besteht ein Kern nur zu 1 bis 3 Masse-% aus Binder, wodurch das Wasser vor einer notwendigen Reinigung mehrfach zum Auswaschen verwendet werden kann.

Wo sind die Grenzen des Verfahrens?

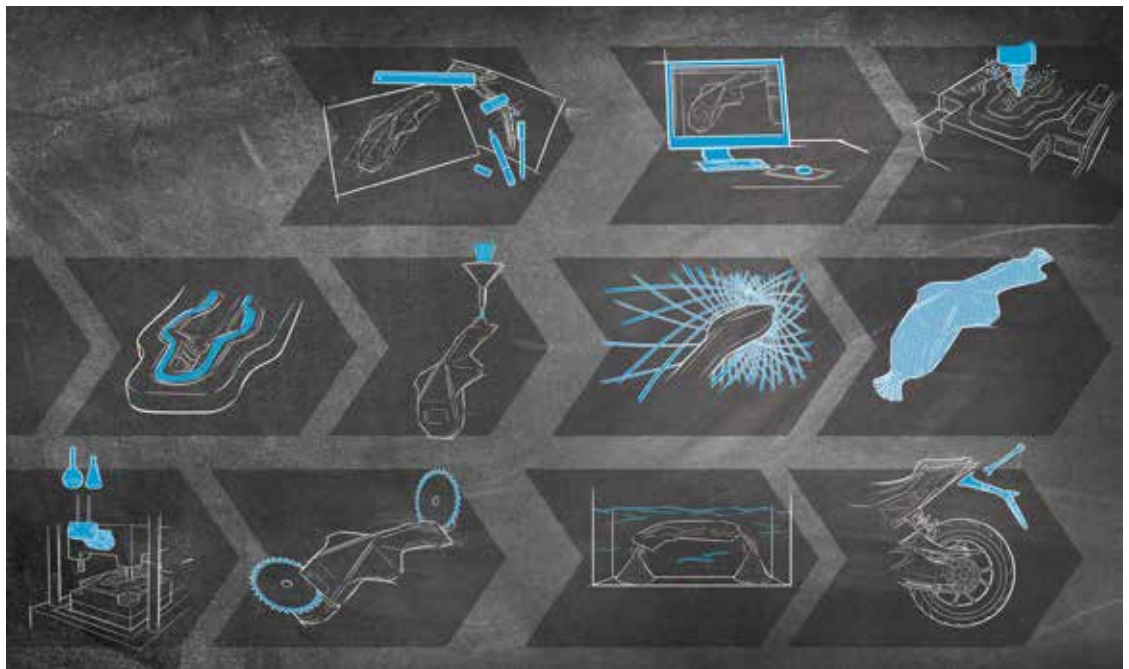
Heider: Die Grenzen liegen nur in der Fantasie der Entwickler! Die Technologie bietet ein breites Spektrum an Materialien und Einsatzmöglichkeiten. Die Bandbreite reicht von leichtfließenden, wasserähnlichen Duroplastsystemen über Polyolefinen wie Polypropylen (PP) bis

hin zu hochgefüllten High-Performance-Thermoplasten. Damit lassen sich verschiedenste Bauteile für unterschiedlichste Anwendungen realisieren.

Natürlich gibt es auch Herausforderungen. Sehr große Kernvolumen können problematisch sein, derzeit sind die realisierten Kerne bis zu 10 kg schwer. Es wäre zwar naheliegend, auf hohle Kerne zur Gewichtsreduktion zu setzen, allerdings stößt man dabei schnell an Grenzen: Die Druckbeständigkeit hohler Kerne für den Spritzguss ist schwer zu gewährleisten.

In jedem Fall hängt die Umsetzbarkeit eines Bauteils stark von den spezifischen Anforderungen ab. Interessenten können mit ihren Ideen und Wünschen auf uns zukommen, damit wir die Eignung und Realisierbarkeit genau prüfen können. Unsere Erfahrung und unsere innovativen Werkzeugkonzepte ermöglichen es oft, auch scheinbar unüberwindbare Probleme zu bewältigen. Der Bauteilherstellprozess wird vor Werkzeugerstellung virtuell mittels geeigneter Füll- und Struktursimulationen abgesichert.

Generell sind alle bekannten und üblichen Gestaltungs- und Herstellungsmöglichkeiten aus der Gießertechnik auch mit Cavus realisierbar. Zusätzlich bietet die Technologie weitere Designoptionen, etwa durch die Integration von (metallischen) Inserts oder Einlegern wie Schraubpunkten. Auch Hybridkerne, die Sand mit Metalleinlegern kombinieren, eröffnen Möglichkeiten für komplexe Bauteilkonzepte.



Die Schritte von der ersten Idee bis zum fertigen duroplastischen Cavus-Bauteil.

Bild: Project R.A.C.E. Team – Hennecke

Es sind verschiedene Prozessschritte und Verfahren nötig, um den Tank spritzgießen zu können. Wie steht es um die Bauteilkosten? Liegen diese über oder unter den Kosten des früheren Serienteils, das aus zwei Halbschalen bestand, die verschweißt wurden?

Lochner: Die Bauteilkosten liegen in einem ähnlichen Bereich wie die des bisherigen Herstellverfahrens. Beim Öltank wurde vorher ein aufwendiger, mehrstufiger Prozess verwendet: Zwei Halbschalen mussten separat gefertigt und anschließend verschweißt werden, was zusätzliche Schritte und eine Vielzahl von Qualitätskontrollen erforderte.

Mit Cavus kann der Öltank integral in einem einzigen Arbeitsschritt gefertigt werden, wodurch der Schweißprozess komplett entfällt. Dadurch steigt die Prozessstabilität und -sicherheit, was den Ausschuss reduziert und damit wiederum Kosteneffizienz schafft.

Auch wenn die Herstellungskosten pro Bauteil auf einem ähnlichen Niveau liegen, ist das Verfahren wirtschaftlich stabiler und nachhaltiger. Der automatisierbare Prozess reduziert die Abhängigkeit von manuellen Arbeitsschritten und Qualitätskontrollen. Zudem ist die Herstellung grösserorientauglich und lässt sich für weitere Bauteile skalieren, was langfristig zusätzliche Kostenvorteile erschließt.

Die höchsten Kosteneinsparungen werden erreicht, wenn Metall-Druckguss-Bauteile substituiert werden. Wir arbeiten mit einem Unternehmen zusammen, dessen Bauteil zuvor aus Messing-Druckguss gefertigt wurde. Durch die realisierte Thermoplast-Spritzguss-Lösung liegt die Kostenreduktion bei circa 70 %. Ohne den Einsatz der Cavus-Sandkerne wäre dieses Bauteil so nicht in Kunststoff herstellbar.

Wurde die Cavus-Technologie bereits auf weitere Bauteile am Motorrad übertragen?

Heider: Ja, ein prominentes Beispiel ist der Kennzeichenträger, bei dem die Cavus-Technologie in Kombination mit einer Faser-Flechttechnik im Hochdruck-RTM

zum Einsatz kommt. Bereits im Jahr 2016 wurde diese Anwendung auf der K-Messe in Düsseldorf in der Live-Produktion am Stand der Firma Hennecke vorgestellt. Seitdem wurde die Technologie nicht nur für Motorradbauteile, sondern auch für zahlreiche weitere Anwendungen in anderen Industrien wie der Luftfahrt und Konsumgüterindustrie erfolgreich umgesetzt.

Der Kennzeichenträger muss am Motorradrahmen befestigt werden können. Dies geschieht in der Regel über Funktionselemente wie Gewindebuchsen. Wie werden diese ins Bauteil gebracht?

Lochner: Die Funktionalisierung des Bauteils erfolgt mithilfe von Inserts, die entweder über das Werkzeug oder durch die Befestigung am Kern in den Herstellungsprozess integriert werden. Der Auswaschprozess ermöglicht es dabei, solche Kernbefestigungen präzise umzusetzen. Darüber hinaus wurden speziell für den Flechtprozess entwickelte Inserts eingebracht, die eine nahtlose Integration ermöglichen.

Im Fall des Kennzeichenträgers führte die Anwendung der Cavus-Technologie zu einer Vereinfachung der gesamten Baugruppe. So konnte die Anzahl der erforderlichen Bauteile und Schraubverbindungen erheblich reduziert werden. Dank der integralen Bauweise eröffnen sich völlig neue Ansätze, Bauteile und Baugruppen zu denken und zu gestalten.

Blicken wir über den Tellerrand. Wo sehen Sie weitere Einsatzmöglichkeiten für die Cavus-Technologie in anderen Industriezweigen?

Wengler: Die Cavus-Technologie bietet großes Potenzial, insbesondere in der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Sie eignet sich für komplexe Strukturbauteile wie Querträger, Tanks oder andere anspruchsvolle Komponenten. In der Luftfahrt könnten leichte und gleichzeitig stabile Hohlbauteile mit hoher Designfreiheit wesentlich effizienter hergestellt werden. Auch in Konsumgütern und im Bauwesen sehen wir vielfältige Anwen-



Die Technologie ermöglicht beispielsweise bei duroplastischen Bauteilen Lichtleiter zu integrieren (links).

Bild: KTM Technologies

Kern, in den ein Einlege-
teil integriert
ist, vor der Faser-
umwicklung.

Bild: Project

R.A.C.E. Team – Reinsicht

dungsmöglichkeiten, sei es für leichte und funktionale Bauteile oder für stabile Strukturelemente.

Besonders spannend ist, dass die Technologie nicht nur Hohlbauteile ermöglicht, sondern auch Durchgänge oder integrierte Kavitäten, da der Sandkern vollständig auswaschbar ist. Dadurch ergeben sich weitere neuartige Designmöglichkeiten. ●

Das Interview führte Simone Fischer, verantwortliche Redakteurin PLASTVERARBEITER

Weitere Informationen zum Projekt R.A.C.E. erhalten Sie hier:



Kontakt:

- *KTM Technologies, Anif, Österreich*
info-technologies@ktm.com