



Das HP-RTM-Verfahren (High-Pressure Resin Transfer Moulding) erlaubt besonders kurze Zykluszeiten.  
FOTO: KRAUSS MAFFEI

# Die ganze Palette des Leichtbaus

Leichtbau und Composites – hinter diesen Begriffen verbergen sich eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren: Reaktionstechnik oder Spritzgießen mit Duro- oder Thermoplasten, mit oder ohne Glas- oder Carbonfasern – kurz oder endlos.

SEBASTIAN SCHMIDHUBER, STEFAN FENSKÉ

**L**eichtbau und Composites sind vor allem in der Automobilindustrie in aller Munde, denn Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen überzeugen durch hohe mechanische Kennwerte bei vergleichsweise geringem Gewicht. Allerdings sind die Möglichkeiten in der Verfahrenstechnik vielfältig – und für jedes Bauteil muss definiert werden, welche Technologie die sinnvollste ist. Wichtige Einflussgrößen bilden die geplante Stückzahl, Design, Bauteilkomplexität, welche mechanischen Anforderungen an das Bauteil gestellt werden und ob die Oberfläche in der Endanwendung sichtbar sein wird.

Die meisten Unternehmen, die im Bereich Leichtbau tätig sind, haben sich

**100.000**

**BAUTEILE** im Jahr – bei dieser Zahl liegt die Schallgrenze, bis zu der sich reaktionstechnische Verfahren aufgrund ihrer Charakteristik je nach Bauteilgeometrie und gefordertem Lastprofil rechnen. Liegt der Bedarf wesentlich höher, empfiehlt es sich nach Darstellung von Krauss Maffei, einen Blick auf die Spritzgießtechnik zu werfen.

auf einen Bereich konzentriert und bieten hier ihre Leistungen an. Für Kunden, die ein Projekt vergeben möchten, ist aber oft ein umfassender Überblick über die Alternativen sinnvoll, denn erst dann lässt sich fundiert entscheiden, in welche Anlagen investiert werden sollte. Als einziger Anbieter auf dem Markt fertigt Krauss Maffei Maschinen und Anlagen für beide Arten der Kunststoffverarbeitung im eigenen Haus: Misch-/Dosieranlagen, Pressen und Fräszentren für die Reaktionstechnik ebenso wie klassische Spritzgießmaschinen – jeweils mit entsprechender Automatisierung und Materialversorgung. Das Team Leichtbau/Composites umfasst deshalb Fachleute aus den Bereichen RPM (Reaction Process Machinery)

und IMM (Injection Moulding Machinery) inklusive der Automation und stellt spartenübergreifend Lösungen zusammen.

Grundsätzlich lässt sich sagen: Je höher die mechanischen Belastungen eines Bauteils in der Endanwendung sind, desto wahrscheinlicher ist die Realisierung in einem reaktionstechnischen Verfahren. Stehen hingegen hohe Stückzahlen und Kosteneffizienz im Vordergrund, wachsen die Fertigungschancen für das hochautomatisierte Spritzgießen.

Da die geforderten mechanischen Kennwerte meist nicht verhandelbar sind, vor allem bei sicherheitsrelevanten Anwendungen, bilden sie den ersten Anhaltspunkt bei der Entscheidung für das passende Fertigungsverfahren. Die im Vergleich zum Bauteilgewicht besten mechanischen Kennwerte lassen sich durch den Einsatz von Endlosfasern aus Carbon in eine Kunststoffmatrix erzielen. Hier bieten sich die RTM-Technologien (Resin Transfer Moulding) an.

Die Auswahl von Krauss Maffei umfasst insgesamt fünf verschiedene Verfahrensvarianten: HP-RTM (High-Pressure RTM), C-RTM (Compression RTM), S-RTM (Surface RTM), T-RTM (thermoplastisches RTM) und Wet Moulding. Beim HP-RTM und C-RTM wird ein vorgeformtes Faserhalbzeug in das Werkzeug eingelegt und dort mit einer Kunststoffmatrix – meist aus Epoxidharz oder Polyurethan (PUR) – infiltriert, welche die Fasern benetzt und dann

aushärtet. Beim HP-RTM geschieht dies mit zum Teil hohem Innendruck im geschlossenen Werkzeug, während beim C-RTM beim Einströmen des Harzes in die Kavität eine Spaltöffnung besteht. Dadurch kann das Harz die Fasern bereits teilweise durchtränken und ein anschließender Kompressionshub drückt das Harz dann vollständig durch den Preform. In beiden Fällen entstehen zum Beispiel sehr leichte Strukturbauteile, die auch Anforderungen standhalten, wie sie für Lastfälle beim Pkw-Crash auftreten. In beiden Verfahren sind Fasergehalte von deutlich über 50 % möglich.

Das Surface RTM liefert zusätzlich werkzeugfallend eine mit PUR überflutete lackierfähige Oberfläche, während beim thermoplastischen RTM mit Caprolactam die Bauteile im Produktlebenszyklus hinterher grundsätzlich recyclingfähig sind und – anders als bei den gebräuchlichen Duroplasten – auch in nachgelagerten Prozessschritten umgeformt oder geschweißt werden können.

Gegenüber den oben beschriebenen RTM-Anwendungen zeichnet sich das Wet Moulding durch eine vereinfachte Prozesskette aus. Zweidimensionale Faserhalbzeuge werden außerhalb des Werkzeugs zunächst vollflächig (x- und y-Richtung) mit der niedrigviskosen Matrix benetzt, erst danach in das Werkzeug eingelegt und dort in Form gepresst, wobei ähnlich wie beim C-RTM die Benetzung der Fasern durch



Die im Surface RTM hergestellten CFK-Bauteile kommen sofort lackierfähig aus dem Werkzeug.

FOTO: KRAUSS MAFFEI



Im Wet Moulding hergestellte Bodenoberschale für BMW

FOTO: KRAUSS MAFFEI

# Hintergrund



Große Leichtbauteile mit Class-A-Oberfläche lassen sich mit dem Long Fiber Injection (LFI) Verfahren herstellen.

FOTO: KRAUSS MAFFEI



Umformen und Hinterspritzen von Organoblechen in einem Schritt: Krauss Maffei Fiberform-Anlage

FOTO: KRAUSS MAFFEI

das Harz stattfindet, weshalb häufig niedrige Werkzeuginnendrücke ausreichen – günstig für Invest und Unterhalt der Anlagen ebenso wie der Wegfall des gesamten Preformingprozesses.

Als einzige Verfahren erlauben Wet Moulding und gegebenenfalls auch C-RTM den Einsatz von Recycling-Carbonfasermatten. Wet Moulding stellt eine wirtschaftlich sehr attraktive Alternative zur Fertigung von Leichtbauelementen dar und aktuell entstehen zum Beispiel im BMW-Werk Dingolfing damit CFK-Bauteile für 70.000 Automobile der 7er-Reihe pro Jahr.

## Hochwertige Oberflächen

Bleibt man bei der Reaktionstechnik, wechselt aber von der Endlos-Carbon- zur geschnittenen Glasfaser, so landet man bei Long Fiber Injection (LFI) und Fiber Composite Spraying (FCS). Das LFI-Verfahren schneidet die Glasfaser vom Endlosroving ab, benetzt sie mit PUR und bringt sie in das offene Werkzeug ein. Nach dem Schließen härtet das Gemisch im geschlossenen Werkzeug aus. Die Faserlängen sind zwischen 12,5 und 200 mm variabel einstellbar. Der maximal erreichbare Faseranteil im Bauteil liegt bei 50 Gewichtsprozenten.

Durch den geringen Werkzeuginnendruck können zur weiteren Gewichtsreduktion auch Füllstoffe oder Papierwaben integriert werden, etwa bei Anwendungen im Fahrzeuginnenraum. LFI zeichnet sich in Kombination mit weiteren Prozessen durch eine sehr gute Oberflächenqualität aus, etwa

durch die vorgelagerte Lackierung direkt im Werkzeug oder den Einsatz von tiefgezogener Folie wie bei einem Dachelement für Fendt-Traktoren.

Auch beim FCS entstehen hochwertige Sichtbauteile. Aufgrund der geringen Investitionskosten ist die Methode besonders für niedrige Stückzahlen geeignet. Man benötigt nicht zwangsläufig Formenträger, so kann zum Beispiel eine einfache Negativform ausreichend sein, auf die das Glasfaser-PUR-Gemisch in mehreren Schichten aufgespritzt wird, bis die benötigte Wandstärke erreicht ist. Die einstellbare Faserlänge liegt meist zwischen 5 und 20 mm, ein charakteristischer Faseranteil liegt bei 20 Gewichtsprozent. Mit integriertem Wabenkern liefert FCS ebenfalls ein gewichtsoptimiertes Sandwichbauteil mit hoher Steifigkeit. Durch den flexiblen Aufbau von gefüllten, ungefüllten und geschäumten Schichten kann die Festigkeit lokal angepasst werden.

Reaktionstechnische Verfahren eignen sich aufgrund ihrer Charakteristik je nach Bauteilgeometrie und gefordertem Lastprofil vor allem für Stückzahlen bis zu 100.000 pro Jahr. Liegt der Bedarf wesentlich höher, empfiehlt es sich, einen Blick auf die Spritzgießtechnik zu werfen, denn auch hier können Endlosfasern in Form sogenannter Organobleche eingesetzt werden.

Die von Krauss Maffei entwickelte Technologie Fiberform bezeichnet das Thermoformen und Hinterspritzen von plattenförmigen Halbzeugen mit Endlosfasern aus Glas, Carbon oder Aramid, die in eine thermoplas-

## Welches Verfahren wann punktet

		Leichtbaupotenzial	Teilekomplexität	Performance/mechanische Kennwerte	Oberflächenqualität	Produktionsvolumen	Zykluszeit*	Kosteneffizienz
RPM	HP-RTM	++	++	++	+	o	o	o
	C-RTM	++	+	++	+	o	o	o
	S-RTM	o	o	+	++	o	o	o
	T-RTM	++	++	++	+	o	o	+
	Wet Moulding	+	+	++	+	+	+	+
	LFI	+	o	+	++	o	o	+
	FCS	o	+	+	++	o	o	+
IMM	R-RIM	+	++	o	++	+	++	+
	Fiberform	+	+	+	o	++	++	+
	IMC	o	++	+	o	++	++	++
	KGF	o	++	+	o	++	++	++

\* Zykluszeit bezeichnet die gesamte Prozesskette inkl. vor- und nachgeschalteter Prozesse wie Preforming oder Nachbearbeitung

RPM = Reaction Process Machinery

IMM = Injection Moulding Machinery

o Low level

+ Medium level of criteria

++ High level of criteria

QUELLE: KRAUSS MAFFEI



Dimensionsstabil und leicht: Im Fiberform gefertigte Airbagschale

FOTO: KRAUSS MAFFEI

tische Matrix, etwa aus PA oder PP, eingebettet sind. Im Prozess werden diese Halbzeuge zunächst aufgeheizt, im Spritzgießwerkzeug umgeformt und anschließend mit ebenfalls faserverstärktem Polymer hinterspritzt. Auf diese Weise lassen sich sehr stabile Bauteile mit komplexen Geometrien erzeugen und die Möglichkeiten zur Gewichtseinsparung sind beachtlich. Das Potenzial zeigt sich am Beispiel eines Airbaggehäuses; es gelang, das Gewicht von 560 g auf 275 g zu reduzieren. Den Ausgangspunkt der Optimierung bildete ein kompakt in Serie hergestelltes Referenzbauteil aus PA 6 mit 40 % Kurzglasfaser.

Gefüllte Granulate sind – fast unabhängig vom Faseranteil – deutlich teurer als konventionelle Materialien. Es lohnt sich also, ihre Herstellung in die eigene Hand zu nehmen. Krauss Maffei bietet dafür zwei Lösungen und nutzt bei beiden seine Erfahrungen aus der Extrusionstechnik.

### Selbst mischen spart Geld

Beim Injection Moulding Compounder (IMC) werden in einem Doppelschneckenextruder die eingezogenen Endlosfasern mit dem aufgeschmolzenen Thermoplast imprägniert, dabei gekürzt und anschließend in das Einspritzaggregat überführt. Während der kurzen Einspritz- und Nachdruckphase sammelt sich das kontinuierlich hergestellte Faser-Kunststoff-Gemisch in einem Schmelzewischenspeicher, wodurch eine gleichbleibende Materialqualität sichergestellt ist. Kurze Zykluszeiten erlauben die vollautomatische Herstellung großer Stückzahlen, und auch eine bessere Materialqualität macht den IMC interessant. Da die Verarbeitung in einer Wärme erfolgt und die Fasern schonend stromabwärts in die Schmelze eingebracht werden, ist ihre Schädigung

geringer und die langen Glasfasern (LGF) garantieren hohe Steifigkeit für das Bauteil.

Bei geringen Schussgewichten können alternativ auch Granulate selbst gemischt werden. Wird beispielsweise ein PP mit Langfasergehalt von 30 % benötigt, bietet es sich an, zu gleichen Teilen ein hochkonzentriertes PP-Granulat mit LGF-Anteil von 60 % und ein Standard-PP zur Verdünnung zu verwenden. Gemeinsam mit Motan-Colortronic hat Krauss Maffei dafür eine integrierte Lösung mit speziellen Dosiermodulen entwickelt. Diese bestimmen den jeweiligen Granulatanteil anhand der Masse, nicht des Volumens, und erreichen, dass das LGF-60-Granulat und das Verdünnungspolymer zu gleichen Teilen der Plastifiziereinheit zuströmen, wo sie gemischt und aufbereitet werden. So umgeht man Entmischungseffekte, die auftreten, wenn man die beiden Materialien trocken vermengt.

Die einfachste Möglichkeit, um die mechanischen Eigenschaften kompakter Bauteilen zu verbessern, stellt das klassische Spritzgießen mit Kurzglasfasern dar. Da die Faserenden aus den angeschmolzenen Granulatkörnern hervorstehen und stark abrasiv wirken, benötigt die Plastifiziereinheit der Spritzgießmaschine einen angepassten Verschleißschutz, der für Prozesssicherheit und ausreichende Standzeiten sorgt. ■

» **Web-Wegweiser**  
[www.kraussmaffei.com](http://www.kraussmaffei.com)

» **Die Autoren**  
sind Head of R&D and Process Technology RPM / Technology Manager Fiberform & IMC bei Krauss Maffei