Verarbeitung von Composites - Welches Verfahren ist das Richtige?

Faserverstärkte Kunststoffe/Composites sind in der Lage je nach Anwendung bzw. Anforderung erhebliche Vorteile gegenüber anderen Konstruktionsmaterialien, wie beispielsweise Holz, Stahl oder unverstärkten Kunststoffen zu generieren.
Um diese Vorteile bestmöglich ausnutzen zu können, muss aber zum einen die richtige Materialzusammensetzung, zum anderen das möglichst beste Herstellungsverfahren gewählt werden. Materialseitig bilden GFK (Glasfaserverstärkte Kunststoffe) mit einem Marktanteil von über 90 % nach wie vor die deutlich größte Gruppe, gefolgt von CFK (Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe) sowie NFK (Naturfaserverstärkte Kunststoffe). Darüber hinaus kommt eine Vielzahl weiterer Fasern zum Einsatz, die aber eher als Spezialsysteme zu betrachten sind. Im Kunststoffbereich werden sowohl thermoplastische als auch duroplastische Materialien eingesetzt.
Für die Bauteilfertigung von Composites stehen eine Vielzahl unterschiedlichster Herstellungsverfahren zur Verfügung. Einige sollen Ihnen im Folgenden kurz vorgestellt werden. (vgl. Abb. 1). Dabei wird hier nur exemplarisch auf einige wenige Verfahren/Gruppen eingegangen. Mittlerweile hat sich eine sehr große Anzahl verschiedenster Verfahren entwickelt.
Die ältesten Verfahren zur Herstellung von Composites sind die sogenannten offenen Verfahren. Beim Handlaminieren wird mit Hilfe einer einschaligen, offenen Form gearbeitet. Die Fasern werden in die Form gelegt und anschließend mit Harz getränkt. In einem weiteren Schritt wird von einem Werker mit der Hand und einer Entlüftungswalze kompaktiert. Beim Faserspritzen werden keine Faserhalbzeuge (wie beispielsweise Vliese) verwendet, sondern die Fasern werden mit Hilfe einer Spritzpistole aufgetragen. Diese werden innerhalb der Pistole bereits mit Harz benetzt. Damit ist das Faserspritzen eine entsprechende Weiterentwicklung des Handlaminierens, wobei mehr Maschinentechnik eingesetzt wird.

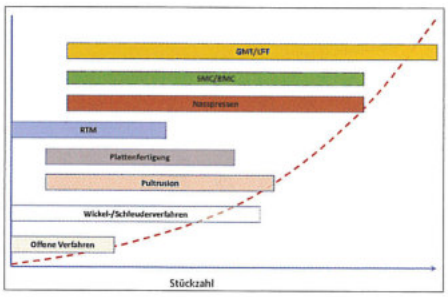

Abbildung 2: Schematischer Zusammenhang Fertigungsverfahren/Stückzahl

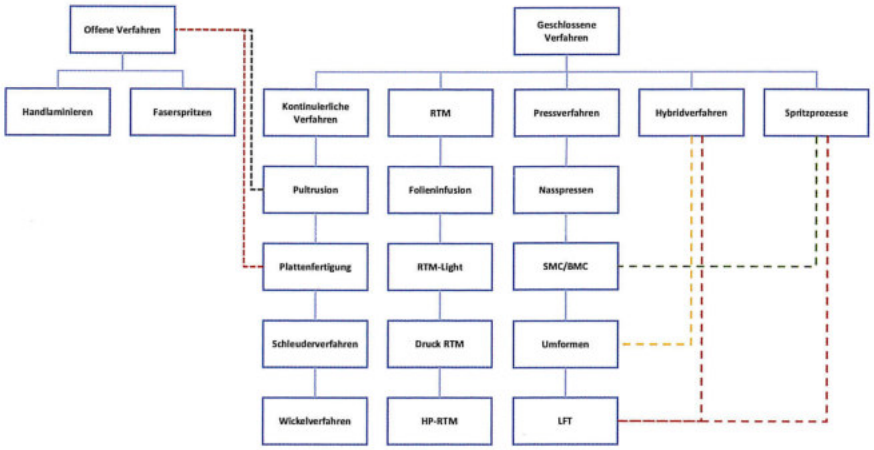

Abbildung 1:Ausgewählte Prozesse zur Composites-Verarbeitung

Aufgrund ihrer Spezifika eignen sich die offenen Verfahren vor allem für geringe Stückzahlen, kleine Serien, Prototypen oder Großbauteile. Die Investitionskosten sind relativ gering. Abbildung 2 zeigt verschiedene Verfahren und die mögliche Fertigungsbreite hinsichtlich der Stückzahlen. Hierbei handelt es sich lediglich um eine schematische Darstellung. In Einzelfällen können die Stückzahlen natürlich weiter variieren.

Neben diesen offenen Verfahren gibt es die sogenannten kontinuierlichen Verfahren. Hierbei handelt es sich um eine Obergruppe, unter der verschiedene, teils (voll)automatisierte Verfahren verstanden werden und bei denen der Produktionsprozess kontinuierlich verläuft. Die bekanntesten Herstellungsverfahren dieser Gruppe sind die Pultrusion, die Fertigung planer Platten, das Wickelverfahren und das Schleuderverfahren.
Die Pultrusion lässt sich in verschiedene Stufen einteilen. Im gesamten Prozess (vgl. Abb. 3 - Quelle: www.pultruders.org) werden die Fasern bzw. das spätere Bauteil gezogen, daher das Wort „Pultrusion" von englisch to pull.
Zunächst werden endlose Fasern von Faserrollen abgezogen und durch ein Tränkebad geleitet. Dies kann offen oder geschlossen sein, weshalb die Pultrusion theoretisch auch ein offenes Verfahren sein könnte, aber in aller Regel nicht dazu gezählt wird. Die Fasern werden im Tränkebad mit dem flüssigen Kunststoffharz imprägniert. Anschließend werden sie durch ein profilgebendes Werkzeug geführt. Innerhalb der Form beginnen die so erstellen Profile auszuhärten. Die so entstehenden Profile werden weitergezogen und auf einer vorgegebenen Länge abgeschnitten. Mit Hilfe dieses Verfahrens lassen sich fast beliebige Profilquerschnitte erzeugen. Typische Anwendungen sind Fensterprofile, Armierungsstäbe, Stiele, Leitern, Arbeitsbühnen usw. Aufgrund der Verfahrensspezifika eignet sich die Pultrusion nicht für kleine Stückzahlen, sondern in aller Regel nur für größere Mengen. Daneben ist man auf gerade oder gekrümmte Profile limitiert. Die Investitionskosten dieser Technologie sind aufgrund der Anlagentechnik eher hoch.
Weitere Prozesse sind beispielsweise das Wickelverfahren und das Schleuderverfahren. Diese dienen der Herstellung von Rohren oder Tanks. Beim Wickelverfahren werden die getränkten Fasern auf einen Kern mit dem späteren Querschnitt des Rohres/Behälters gewickelt. Schicht für Schicht entstehen so die entsprechenden Bauteile. Beim Schleuderverfahren wird mit Hilfe einer Lanze die geschnittenen und getränkten Fasern in einen Wickelkern aufgebracht. Die Form gibt also den späteren Außendurchmesser vor. Je nach angestrebtem Bauteil eignen sich die Bauteile sowohl für geringe als auch mittlere Stückzahlen. Die entstehenden Tanks können verschiedene Dimensionen erreichen und durchaus mehrere Meter lang und hoch werden. Typische Bauteile sind Rohre für die Wasser-/Abwasserwirtschaft oder den chemischen Anlagenbau. Auch die entstehenden Tanks oder Sonderbauten (wie beispielsweise Rauchgaswäscher) werden überwiegend in der Industrie oder chemischen Industrie sowie Landwirtschaft eingesetzt. Mit Hilfe des Wickelverfahrens lassen sich aber beispielsweise auch Drucktanks für verschiedene Einsatzgebiete fertigen.
Die Fertigung von planen Platten erfolgt ebenfalls kontinuierlich. Das Verfahren findet im Rahmen einer offenen Produktion statt, wird aber in der Regel nicht zu

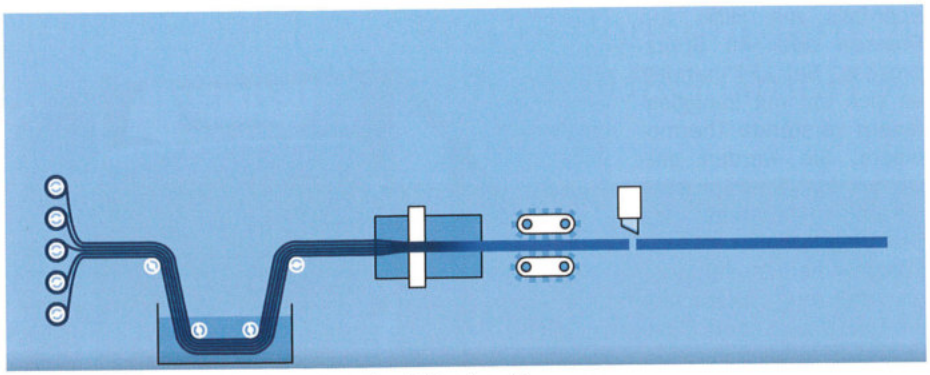

Abbildung 3: Schematische Darstellung des Pultrusions-Prozesses

den offenen Verfahren gezählt. Fasern werden bei diesem Verfahren geschnitten und fallen auf ein getränktes Band oder die Fasern werden direkt benetzt. Das Band durchläuft anschließend einen Kompaktierungsprozess. Die entstehenden Platten können mit anderen Materialien, z. B. Schäumen verklebt werden und bilden somit Laminate. Ein wichtiges Einsatzgebiet sind z. B. die Wände/Aufbauten von Wohn-/Reisemobilen (vgl. Abb. 3). Daneben werden sie aber auch für Aufbauten von Nutzfahrzeugen oder im Fassadenbereich eingesetzt.

Neben den kontinuierlichen Verfahren gibt es die sogenannten RTM Verfahren. RTM steht für Resin Transfer Molding. Die Spezifika dieser Verfahrensgruppe bestehen darin, dass mit zweischaligen Werkzeugen und entweder Vakuum- oder Druckunterstützung gearbeitet wird. Ein sehr prominenter Vertreter dieser Gruppe ist die sogenannte Folien- oder Vakuuminfusion. Bekannte Bauteile, die mit Hilfe dieses Verfahrens gefertigt werden, sind beispielsweise Bootsrümpfe oder Windkraftflügel. Die Unterform wird komplett mit Fasern, Kernmaterialien und anderen Bestandteilen beispielsweise eines Windflügels belegt. Anschließend wird eine feste Folie auf die Form aufgeklebt und ein Vakuum angelegt. Die Folie zieht sich auf das noch nicht getränkte Bauteil und kompaktiert dieses. In einem weiteren Schritt wird dann der Harzzufluss geöffnet und der Kunststoff durchströmt das Bauteil vollständig. Ist dies geschehen, wird der Harzzufluss geschlossen und das Bauteil härtet in der Form aus.

Neben dieser Folieninfusion gibt es weitere Verfahrensvarianten, wie beispielsweise das RTM-Light, Druck-RTM oder HP (High Pressure)-RTM. Bei allen genannten Verfahrenstypen wird das Harz mit Hilfe von Druck in die vorher belegte und geschlossene Form infusioniert. Auch hier härtet das durchtränkte Bauteil in der Form aus. Je nach verwendetem Material und Druck, unterschiedet sich die Bauart der verwendeten Formen. Je höher der verwendete Druck, desto massiver müssen die Formen gebaut sein. Daneben lassen sich bei der Verwendung eher massiver Formen mehr Bauteile aus einer Form entnehmen. Der Fertigungsbereich liegt je nach Verfahren bei wenigen Stück bis zur mittleren Serie.

Als weitere Gruppe werden die Pressverfahren eingesetzt. Auch hier seien nur einige Beispiel erwähnt. Beim Nasspressen kommen massive Formwerkzeuge zum Einsatz, die mit Hilfe von Pressen zugefahren und gesteuert werden. Die Formen werden mit Fasermaterialien oder Preforms belegt. Anschließend wird das Harz in die offene Form gegeben. Durch die Verwendung einer entsprechenden Oberform entstehet nun eine Kavität, in der das Material unter Druck durchtränkt und in Form gepresst wird. Das Bauteil härtet unter Druck innerhalb der Presse aus. Anschließend kann das fertige Bauteil entnommen werden. Das Verfahren eignet sich in aller Regel aufgrund der relativ hohen Werkzeug- und Anlagentechnik nur für die Serienfertigung. Die Bauteilgröße wird durch den Pressentisch limitiert.

Weitere Verfahren innerhalb dieser Gruppe sind die Verarbeitung von SMC/BMC (duroplastische Materialien) sowie das

Abbildung 4: Wohnmobile/Reisemobile sind eine der wichtigsten Industrien zur Verwendung von GFK-Platten

D.W. RENZMANN

Erfahrung.
Wissen.
Innovation.
Die beste Lösung
für Ihr Lösemittel:

Destillieranlagen Typ ROTOmaX

- Technisch ausgereift
- Hoch effizient
- Hohe Rückgewinnungsrate wertvoller Lösemittel
- Vollautomatischer Betrieb möglich
- Anbindung an Druckmaschinen mit Selbstreinigungseinrichtungen
- Kurze Amortisationszeiten

D.W. RENZMANN Apparatebau GmbH · Industriestraße 1 · D-55569 Monzingen / Germany · Fon: +49 (0) 67 51 878-0 · Fax: +49 (0) 67 51 878-111 · info@dw-renzmann.de · www.dw-renzmann.de

Umformen und die LFT-Fertigung (beides Thermoplaste).
Bei SMC (Sheet Molding Compound) und BMC (Bulk Molding Compound) handelt es sich um Halbzeuge, bei denen Fasern, Füllstoffe, Harz und ggf. Additive bereits gemischt sind. SMC sind flächige Halbzeuge, BMC sind Pressmassen. SMC wird währen der Verarbeitung auf ein spezifisches Maß zugeschnitten und in eine Presse eingebracht. Während des Schließprozesses des (beheizten) Werkzeuges beginnt das Material leicht zu fließen und füllt die Kavität. Anschließend härtet das Bauteil in der Form unter Druck aus. Bei SMC kommen in aller Regeln geschnittene/lange Fasern, keine Endlosfasern zum Einsatz. BMC wird ebenfalls entweder mit Hilfe einer Presse oder im Spritzprozess verarbeitet. Die verwendeten Fasern sind in aller Regel kürzer, weswegen sie sich auch mit Hilfe eines Extruders verarbeiten lassen. Werden in einem späteren Bauteil längere Fasern benötigt, wird im Verarbeitungsprozess oft auf die Fertigung mit Hilfe von Extrudern verzichtet, da in diesem Prozess die Fasern geschädigt werden. Die Faserlänge hat großen Einfluss auf die späteren Bauteileigenschaften. Manchmal werden lange Fasern benötigt, in anderen Fällen „genügen" auch kurze Fasern. Die Investitionskosten der Anlagen-/Maschinentechnik sind in beiden Fällen hoch. SMC und BMC kommen in aller Regel nur bei mittleren bis zu größeren Serien zum Einsatz. Typische Bauteile finden sich z. B. im Bereich Lkws und Nutzfahrzeuge. Dort sind beispielsweise Blenden, Treppenmodule oder die Windschilde aus SMC (vgl. Abb. 5). Darüber hinaus werden die Materialien in Form von Scheinwerfersystemen oder als Unterbodenschutz im Fahrzeugbereich sowie für Verteilerkästen im Elektro-/Elektronokbereich eingesetzt.
Die nächsten beiden Verfahren arbeiten ebenfalls mit Hilfe von Pressen oder im Spritzprozess. Bei LFT handelt es sich um mit Langglasfasern verstärkte Thermoplaste. Sie werden entweder im Direktprozess (direkt angebunden an bzw. vorgeschaltet vor eine Presse) hergestellt oder als Halbzeug (Stäbchengranulat) zugekauft. Das LFT wird in vorgegebener Menge in ein geheißtes Werkzeug eingebracht, das von einer Presse zugefahren wird. Der Thermoplast beginnt zu schmelzen und das Faser-Harz Gemisch breitet sich in der der Form aus. Anschließend wird die Form abgekühlt und das Bauteil erstarrt/härtet aus. Dieser Prozess ist in aller Regel sehr schnell und es lassen sich sehr kurze Zykluszeiten erreichen. Neben der Verwendung von LFT werden auch sogenannte GMT oder Organobleche verwendet. Hierbei handelt es sich um vorkonsolidierte Halbzeuge, die nach Erwärmen mit Hilfe einer Presse umgeformt werden. Anders als beim LFT können hier auch endlose Fasern zum Einsatz kommen, was die mechanischen Kennwerte des späteren Bauteils erhöht. GMT/LFT werden ebenfalls nur in mittleren bis zu großen Serien oder auch der automobilen Großserie eingesetzt. Die teilweise vollautomatisierte Anlagentechnik ist sehr teuer. Typische Bauteile finden sich vor allem im Bereich Automotive, aber auch im Sport-/Freizeit und Elektro-/Elektronikbereich.
Zuletzt seien hier noch die Hybridverfahren erwähnt. Diese rücken vor allem in den letzten Jahren verstärkt ins Zentrum des Interesses. Hierbei werden Umformprozesse (flächige, thermoplastische Halbzeuge) mit Spritzprozessen kombiniert. Zunächst wird dabei ein erwärmtes, biegeschlaffes Halbzeug in einem Spritzgießwerkzeug umgeformt. Anschließend wird das Bauteil im selben Werkzeug hinter-/oder umspritzt. Der Vorteil dieser Verfahrensvariante liegt darin, dass man die hervorragenden Eigenschaften der eher teuren Endlosfasern mit relativ günstigem Material (unverstärkt oder mit kurzen Fasern) kombinieren kann. Das teure Material wird nur dort eingesetzt, wo es auch benötigt wird. Anwendungsbereiche für diese Bauteile dürften zukünftig vor allem im Automobilbereich, aber auch im Bereich Konsumgüter liegen. Abbildung 6 zeigt eine Anwendung, bei der bereits flächige endlosfaserverstärkte CFK eingesetzt werden.
Insgesamt sollte diese kurze Aufstellung zeigen, dass es auch im Bereich der Composites-Verarbeitung viele unterschiedliche Möglichkeiten gibt. Diese unterscheiden sich je nach angestrebter Stückzahl und/oder Bauteilgröße und Geometrie deutlich. Mit steigender Komplexität und Automatisierung der Verarbeitung steigen in aller Regel auch die Investitionskosten. Hier gilt es vor der Produktion genau zu kalkulieren und zu planen. Neben den hier erwähnten Verfahren gibt es eine Vielzahl weiterer Verfahren. Bei Fragen wenden Sie sich gerne an die AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe. www.avk-tv.de

Abbildung 5: SMC Anwendungsbereich LKW/Nutzfahrzeuge

Abbildung 6: Großflächige Anwendung von CFK im Automobilbereich