

**WORAUF WIR GRÖSSTEN WERT LEGEN
AUF KLEINIGKEITEN**

SPEZIELLE EIGENSCHAFTEN FASERVERSTÄRKTER KUNSTSTOFFE (FVK)

Ein Faserverbundwerkstoff besteht aus mindestens zwei verschiedenen Komponenten: einer Faser und einer Matrix, in der die Fasern eingebettet sind. Dabei spielt das sogenannte Interface zwischen Faser und Matrix eine entscheidende Rolle für die Qualität des Verbundes.

Das Ziel von Verbundwerkstoffen ist immer, daß man aus den unterschiedlichen Stoffen als Summenwirkung verbesserte Verbundeigenschaften erzielt, die mit den einzelnen Komponenten alleine nicht erreicht werden können.

Aufgrund der großen Vielzahl an unterschiedlichen Fasertypen und Matrizes, die heute erhältlich sind, ergibt sich eine große Anzahl möglicher Verbunde und damit eine große Variationsmöglichkeit bezüglich ihrer Eigenschaften. Dabei macht natürlich nicht jede denkbare Faser-Matrix Kombination Sinn. Die Auswahl eines entsprechenden Faser- verbundes richtet sich dabei hauptsächlich nach den zu erfüllenden Anforderungen, die an das Bauteil gestellt werden.

Faserverstärkte Kunststoffe (FVK) weisen aufgrund ihrer speziellen, teils einzigartigen Eigenschaften wesentliche technische Vorteile gegenüber Konkurrenzwerkstoffen auf. Waren es früher eher Nischenprodukte oder Spezialanwendungen so sind die Faser- verbundwerkstoffe heute in nahezu allen technischen Sparten etabliert. Diese Entwicklung ist ein Resultat aus den erzielten Fortschritten auf dem Gebiet der Rohmaterialherstellung und der Verarbeitungstechnologie, wengleich letztere als Schlüsseltechnologie für die zukünftige Marktdurchdringung der faserverstärkten Kunststoffe angesehen wird.

Einige typische Eigenschaften von faserverstärkten Kunststoffen können sein:

- ▶ äußerst hohe gewichtsspezifische Festigkeiten & hohes Leichtbaupotential
- ▶ sehr geringer Ausdehnungskoeffizient
- ▶ hohes Energieabsorptionsvermögen
- ▶ elektrische / dielektrische Eigenschaften
- ▶ hervorragende Chemikalienbeständigkeit
- ▶ Wiederverformbarkeit und Wiederverwertbarkeit
- ▶ Biokompatibilität
- ▶ gute Schwingungs- bzw. Dämpfungseigenschaften
- ▶ Adaptierbarkeit der Eigenschaften durch entsprechende Materialkombinationen und/oder entsprechender Faserorientierung
- ▶ Korrosions- und Witterungsbeständigkeit
- ▶ extrem günstiges Ermüdungsverhalten
- ▶ Transparenz für elektromagnetische Wellen und/oder entsprechender Faserorientierung.

**WORAUF WIR GRÖSSTEN WERT LEGEN
AUF KLEINIGKEITEN**

THERMOPLASTISCH FVK VS. DUROPLASTISCH FVK

Aufgrund der großen Vielfalt an Thermoplasten und Duroplasten ergibt sich auch eine große Vielzahl an unterschiedlichsten Eigenschaften. Dabei kann nicht generell in Vor- und Nachteile der beiden Kunststofftypen unterschieden werden. Sowohl Thermoplaste als auch Duroplaste besitzen Vor- und Nachteile hinsichtlich der Verarbeitung, Eigenschaften und Anwendung.

Kennzeichnend für thermoplastisch faserverstärkte Kunststoffe ist aber die Eigenschaft der beliebigen Wiederverformbarkeit unter Wärmezufuhr. Somit lassen sich Thermoplaste wiederverwenden und sind somit auch recyclebar. Faserverbunde mit duroplastischer Matrix hingegen lassen sich nach dem sogenannten „Aushärten“ nicht mehr verformen.

Neben dieser Grundsätzlichkeit weisen die beiden Werkstoffgrundtypen weitere kennzeichnende Eigenschaftstendenzen auf. So sind duroplastische Faserverbunde steifer, können bei niedrigen Temperaturen und geringen Drücken verarbeitet werden und schwinden nicht. Thermoplastische Faserverbunde sind hingegen schlagzäh, einfach in der Werkstofflagerung und Handhabung, chemisch sehr beständig und gesundheitstechnisch unbedenklich in der Verarbeitung.

**WORAUF WIR GRÖSSTEN WERT LEGEN
AUF KLEINIGKEITEN**

VERSTÄRKUNGSFASERN

In einem Verbundwerkstoff bilden zumeist die Fasern die verstärkende Komponente. Dabei weisen Fasern mit hoher Steifigkeit und Festigkeit gewöhnlich niedrigere Dehnungswerte auf und umgekehrt. Aus diesem Grund kommen teilweise Faserkombinationen (sogenannte Hybridfasern) zum Einsatz, wodurch sich gegenseitig ergänzende Eigenschaften der Fasern erzielt werden können. Die wichtigsten Vertreter der Verstärkungsfasern werden im folgenden genauer erläutert.

Glasfasern

Glasfasern sind aufgrund ihres Preis-Leistungsverhältnisses und wegen der guten Verarbeitbarkeit die heute meist verwendete Faser. E-Glas (E steht für Elektro-Glas, da es ursprünglich vor allem in der Elektroindustrie eingesetzt wurde) besitzt Festigkeitswerte vergleichbar mit denen von Metallen bei gleichzeitig niedrigerem Gewicht ($\rho=2.6\text{g/cm}^3$) und günstigerem Preis. Glasfasern sind beständig gegen Witterungseinflüsse und die meisten Chemikalien. Zudem besitzen Glasfasern hervorragende dielektrische Eigenschaften. Neben der E-Glasfaser sind noch weitere, teils erheblich teurere, Typen erhältlich, wie bspw. R- und S-Glasfasern für erhöhte mechanische Anforderungen, C-Glasfasern die eine noch bessere Chemikalienbeständigkeit aufweisen und D-Glasfasern, welche für erhöhte elektrische Anforderungen eingesetzt werden. Quarzglasfasern finden ihren Einsatz dort, wo hohe Temperaturbeständigkeit gefordert wird.

Kohlefasern

Kohlefasern zeichnen sich durch hohe Festigkeitswerte und hohe Elastizitätsmodule bei sehr niedrigem Gewicht aus. Daraus ergibt sich eine entsprechend geringe Dehnbarkeit und somit auch eine geringe Energieaufnahme bis zum Bruch, wengleich die Dehnung bis zum Bruch vollelastisch ist. Ermüdungsbeständigkeit und Vibrationsdämpfung sind bei Kohlefasern hervorragend. Eine weitere kennzeichnende Eigenschaft der Kohlefasern ist die äußerst hohe Temperaturbelastbarkeit und weiters der negative Wärmeausdehnungs- koeffizient. Das heißt, daß sich Kohlefasern bei Temperaturzunahme nicht ausdehnen, sondern sich sogar geringfügig zusammenziehen, was kohlefaserverstärkten Verbund- bauteilen eine hohe Maßstabilität verleiht. Kohlefasern sind elektrisch leitfähig, nicht magnetisch und durchlässig für Röntgenstrahlen. Chemisch sind sie weitgehend inert. Erhältlich sind NF-Fasern (normalfeste Fasern), HT-Fasern (High Tenacity = hochfeste Fasern), HM-Fasern (High Modulus = Hochmodul-Fasern) UHM-Fasern (Ultrahochmodul-Fasern) sowie Zwischenmodul-Fasern wie beispielsweise die HST-Faser (High Strain = dehnfähig) oder die IM-Fasern (Intermediate Modulus = Zwischenmodul-Faser). >>



**WORAUF WIR GRÖSSTEN WERT LEGEN
AUF KLEINIGKEITEN**

Aramidfasern

>> Aramidfasern (aromatisches Polyamid) sind organische Chemiefasern und besitzen die höchste gewichtsbezogene ($\approx 1.45\text{g/cm}^3$) Zugfestigkeit, weisen aber sehr schlechte Quer- und Druckfestigkeiten auf. Kennzeichnende Eigenschaften der Aramidfasern sind ihre Zähigkeit, Schlagfestigkeit und hervorragende Abriebfestigkeit. Zähigkeit und Schlagfestigkeit in Kombination mit ihrer Neigung zur Fibrillierung (Aufspließen) verleihen Aramidfasern ein äußerst hohes Energieabsorptionsvermögen, weshalb sie hauptsächlich für ballistische Zwecke (kugelsicheren Westen, Panzerungen, Helme etc.) eingesetzt werden. Durch ihre hervorragende Abriebfestigkeit finden Aramidfasern ihre Verwendung weiterhin dort, wo Verschleißfestigkeit eine besondere Rolle spielt (Brems- und Kupplungsbeläge, Schnitt- schutzkleidung etc.). Entsprechend negativ wirkt sich die hohe Abriebfestigkeit bei der mechanischen Bearbeitung von Verbundwerkstoffen mit Aramidfasern aus. Ebenso wie Kohlefasern besitzen Aramidfasern einen negativen Wärmeausdehnungskoeffizienten, was Verbundbauteilen mit Aramidfasern eine hohe Maßstabilität verleiht. Verstärkungsfasern aus Aramid sind weiters stark hygroskopisch (Feuchtigkeit anziehend) und empfindlich gegen UV-Strahlung. Aramidfasern besitzen eine gute Wärmebeständigkeit und gute Schwingungseigenschaften. Erhältliche Aramidfasertypen sind Hochmodulfasern (für schlag- und stoßbeanspruchte sowie für verschleißfeste Leichtbauteile) und Niedermodulfasern (für weiche und harte Ballistik).