

Materialbeschreibungen – Verbundmaterialien

Druckmethoden

Kunststoffmatrix

Bei dem als Fused Filament Fabrication (FFF) bezeichneten Verfahren erhitzt der Drucker das thermoplastische Filament bis nahe an den Schmelzpunkt und extrudiert es durch eine Düse, wodurch Schicht für Schicht eine Kunststoffmatrix aufgebaut wird. Markforged druckt alle Thermoplaste mit dieser Methode.

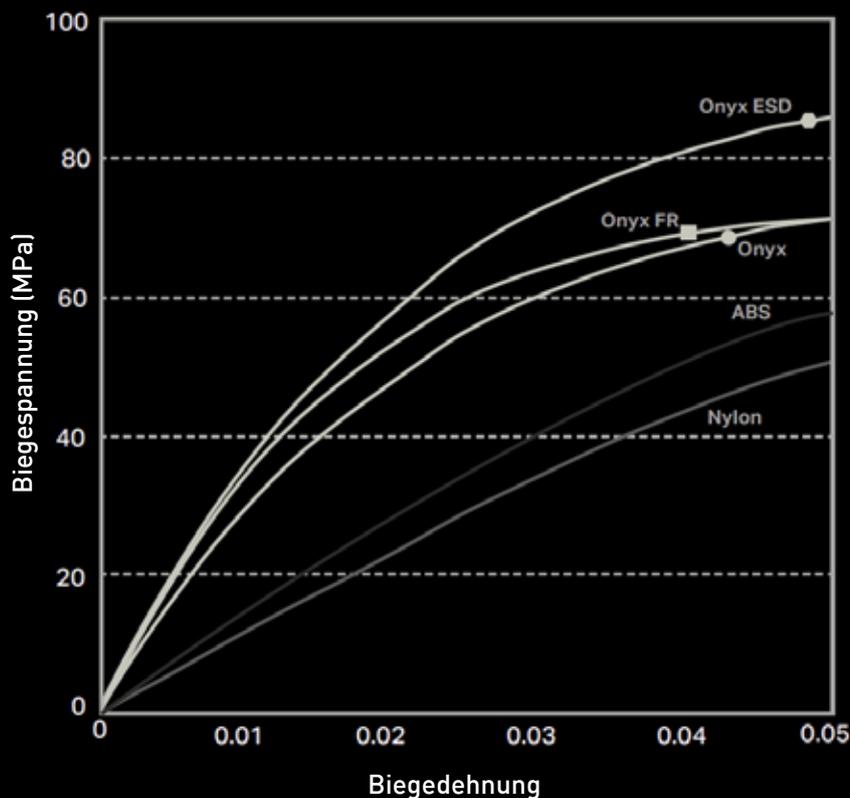
Onyx Nylon

Faserverstärkung

Continuous Filament Fabrication (CFF) ist eine von Markforged entwickelte, spezielle Technologie, mit der gedruckte Teile durch Fasern verstärkt werden. Mithilfe einer proprietären Technologie platziert Markforged langfaserige Endlosfasern in einer thermoplastischen Matrix. Benutzer können die Menge, Ausrichtung und Art der verstärkenden Fasern in den einzelnen Schichten steuern.

Glasfaser Carbonfaser
Kevlar® HSHT Glasfaser

Kunststoffe im Vergleich



Onyx Kunststoff

Thermoplast für anspruchsvolle technische Zwecke

Mit Onyx können biege feste, starke und exakte Teile hergestellt werden. Onyx ist bereits 1,4 mal stärker und steifer als ABS und kann mit Endlosfasern jeder Art verstärkt werden. Onyx setzt neue Maßstäbe für Oberflächengüte, chemische Beständigkeit und Hitzebeständigkeit.

Biegefestigkeit 71 MPa

Biegemodul 3,0 GPa

Onyx FR Kunststoff

Thermoplast mit selbstlöschenden Eigenschaften

Onyx FR erreicht beim UL94-Entflammbarkeitstest die Einstufung V-0 und besitzt ähnliche mechanische Eigenschaften wie Onyx. Es ist am besten für Anwendungen geeignet, bei denen ein geringes Gewicht, eine hohe Festigkeit und selbstlöschende Eigenschaften erwünscht sind.

Biegefestigkeit 71 MPa

Biegemodul 3,6 GPa

Onyx ESD Kunststoff

Thermoplast mit statisch ableitenden Eigenschaften

Onyx ESD ist eine statisch ableitende, sichere Variante von Onyx, die strenge ESD-Sicherheitsanforderungen erfüllt und gleichzeitig eine ausgezeichnete Festigkeit, Steifigkeit und Oberflächengüte bietet. Es eignet sich am besten für Anwendungen, die ESD-sichere Materialien erfordern.

Biegefestigkeit 83 MPa

Biegemodul 3,7 GPa

Nylon White Kunststoff

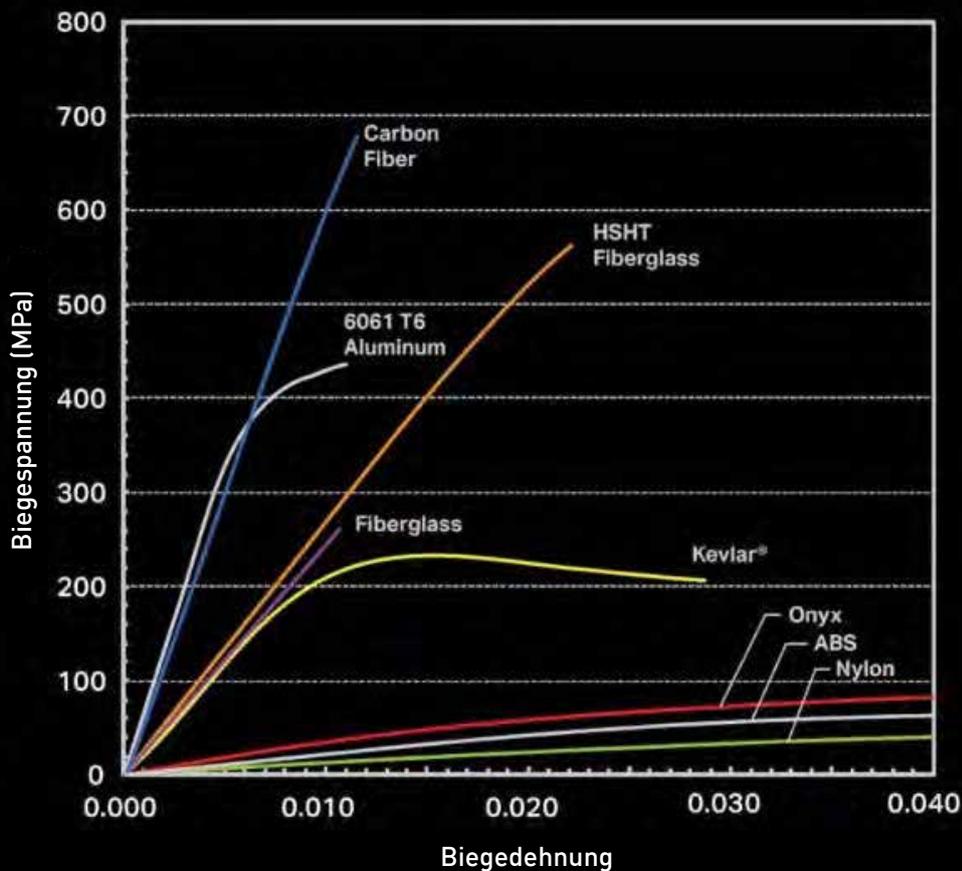
Widerstandsfähiger, flexibler Thermoplast

Nylonteile sind flexibel, schlagfest und können mit jeder Endlosfaser von Markforged verstärkt werden. Das Material eignet sich am besten in Anwendungen, die mehr Flexibilität oder geringe Reibung erfordern. Darüber hinaus ist Nylon White lackierbar.

Biegefestigkeit 50 MPa

Biegemodul 1,4 GPa

Fasermaterialien im Vergleich



Glasfaser Faser

Verstärkte Faserkraft

Als Endlosfaser für den Einstieg empfehlen wir Glasfasern. Sie bieten eine hohe Festigkeit zu einem erschwinglichen Preis. Glasfasern besitzen die 2,5-fache Festigkeit und die 8-fache Steifigkeit von Onyx und ermöglichen die Herstellung robuster Werkzeuge.

Biegefestigkeit 200 MPa

Biegemodul 22 GPa

Layerhöhe 0,1 mm

HSHT Glasfaser Faser

Stärke bei hohen Temperaturen

HSHT (High Strength High Temperature)-Glasfasern bieten die Festigkeit von Aluminium und hohe Hitzetoleranz. Sie weisen die 5-fache Festigkeit und 7-fache Steifigkeit von Onyx auf und werden bevorzugt für Teile verwendet, die hohen Betriebstemperaturen ausgesetzt sind.

Biegefestigkeit 420 MPa

Biegemodul 21 GPa

Layerhöhe 0,1 mm

Carbonfaser Faser

So stark wie Aluminium, bei halbem Gewicht

Carbonfasern weisen das höchste Festigkeits-/Gewichtsverhältnis unter unseren Verstärkungsfasern auf. Im Vergleich mit Onyx kann durch Verstärkung mit Carbonfasern die 6-fache Festigkeit und 18-fache Steifigkeit erzielt werden. Diese Art der Faserverstärkung wird vielfach bei Teilen angewendet, die maschinell bearbeitete Aluminiumteile ersetzen.

Biegefestigkeit 540 MPa

Biegemodul 51 GPa

Layerhöhe 0,125 mm

Kevlarfaser® Faser

Leicht, langlebig und stark

Kevlarfaser® bietet ausgezeichnete Haltbarkeit und ist daher optimal für Teile geeignet, die wiederholten und plötzlichen Belastungen ausgesetzt sind. Kevlar ist ebenso steif wie Glasfaser, aber sehr viel leichter formbar und eignet sich am besten für Robotergreifwerkzeuge („End of Arm Tooling“).

Biegefestigkeit 240 MPa

Biegemodul 26 GPa

Layerhöhe 0,1 mm

Materialspezifikationen – Verbundmaterialien

Kunststoffmatrix	Norm (ASTM)	Onyx	Onyx FR	Onyx ESD	Nylon White
Zugmodul (GPa)	D638	2,4	3,0	4,2	1,7
Streckspannung (MPa)	D638	40	41	52	51
Bruchspannung (MPa)	D638	37	40	50	36
Bruchdehnung (%)	D638	25	18	25	150
Biegefestigkeit (MPa)	D790 ¹	71	71	83	50
Biegemodul (GPa)	D790 ¹	3,0	3,6	3,7	1,4
Wärmeformbeständigkeit (°C)	D648 B	145	145	138	41
Brandverhalten	UL94	-	V-0	-	-
Kerbschlagzähigkeit (J/m)	D256-10 A	330	-	44	110
Oberflächenwiderstand (Ω)	ANSI/ESD STM11.11	-	-	10 ⁵ -10 ⁷	-
Dichte (g/cm ³)	-	1,2	1,2	1,2	1,1

Abmaße und Aufbau der Kunststofftestproben:

- Zugprüfkörper: Profile nach ASTM D638, Typ IV
- Biegeprüfkörper: 3-Punkt-Biegeversuch, 4,5 Zoll (L) x 0,12 Zoll (H) x 0,4 Zoll (B)
- Wärmeformbeständigkeit bei 0,45 MPa, 66 psi (ASTM D648, Methode B)

Alle Maschinen von Markforged sind zum Drucken von Onyx geeignet. Nylon ist ein spezielles Material, das nur auf Mark Two und X7 gedruckt werden kann.

Markforged Teile werden primär aus der Kunststoff-matrix gebildet. Anwender können in jedem Layer eine Faserverstärkung hinzufügen, um die Materialeigenschaften zu verbessern.

¹Mit einer der ASTM D790 ähnlichen Methode gemessen. Teile aus purem Thermoplastik brechen erst am Ende des Biegeversuchs.

Faserverstärkung	Norm (ASTM)	Carbonfaser	Kevlarfaser®	Glasfaser	HSHT Glasfaser
Zugfestigkeit (MPa)	D3039	800	610	590	600
Zugmodul (GPa)	D3039	60	27	21	21
Zug-Bruchdehnung (%)	D3039	1,5	2,7	3,8	3,9
Biegefestigkeit (MPa)	D790 ¹	540	240	200	420
Biegemodul (GPa)	D790 ¹	51	26	22	21
Biege-Bruchdehnung (%)	D790 ¹	1,2	2,1	1,1	2,2
Druckfestigkeit (MPa)	D6641	320	97	140	192
Druckmodul (GPa)	D6641	54	28	21	21
Druck-Bruchdehnung (%)	D6641	0,7	1,5	-	-
Wärmeformbeständigkeit (°C)	D648 B	105	105	105	150
Kerbschlagzähigkeit (J/m)	D256-10 A	960	2000	2600	3100
Dichte (g/cm ³)	-	1,4	1,2	1,5	1,5

Abmessungen und Konstruktion der Testproben bei Faserverbundwerkstoffen:

In diesen Daten verwendete Testplatten sind unidirektional faserverstärkt (0° Lagen)

- Zugprüfkörper: mit Carbon: 9,8 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,048 Zoll (B), mit GF und Kevlar®: 9,8 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,08 Zoll (B)
 - Druckprüfkörper: mit Carbon: 5,5 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,085 Zoll (B), mit GF und Kevlar®: 5,5 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,12 Zoll (B)
 - Biegeprüfkörper (3-Punkt-Biegen): mit allen Verbundwerkstoffen: 4,5 Zoll (L) x 0,12 Zoll (H) x 0,4 Zoll (B)
 - Formbeständigkeitstemperatur bei 0,45 MPa, 66 psi (ASTM D648-07 Methode B)
- Zug, Druck, Verformung bei Bruch und Hitze

Die Beständigkeitstemperaturdaten wurden von einer akkreditierten Drittanbieter-Prüfstelle bereitgestellt. Die Biegedaten wurden von Markforged, Inc. bereitgestellt. Die obigen Spezifikationen wurden erfüllt oder übertroffen.

Die Testplatten von Markforged wurden speziell entwickelt, um die Testleistung zu maximieren. Die Fasertestplatten sind vollständig mit unidirektionalen Fasern gefüllt und wurden ohne Wände gedruckt. Die Plastiktestplatten werden mit voller Füllung gedruckt. Wenden Sie sich an einen Vertreter von Markforged, um mehr über bestimmte Testbedingungen zu erfahren oder um Testteile für interne Tests anzufordern.

Die Teile- und Materialeistung variiert je nach Faserlayout, Bauteildesign, spezifischen Lastbedingungen, Testbedingungen, Bau-bedingungen und dergleichen.

Diese repräsentativen Daten wurden mit Standardmethoden getestet, gemessen oder

berechnet und können ohne Vorankündigung geändert werden. Markforged erteilt keine ausdrücklichen oder stillschweigenden Garantien. Damit ausgeschlossen werden unter anderem jegliche Gewährleistung der Marktgängigkeit und der Eignung für einen bestimmten Zweck oder irgendwelche Gewährleistungen für die Nichtverletzung von Patenten. Außerdem übernimmt Markforged keine Haftung im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Informationen. Die hier aufgeführten Daten sollten nicht zur Festlegung von Design-, Qualitätskontroll- oder Spezifikationsgrenzen verwendet werden und dienen nicht als Ersatz für Tests durch den Benutzer bezüglich der Eignung für spezielle Anwendungszwecke. Nichts in diesem Datenblatt ist als eine Lizenz für den Betrieb unter Verletzung eines geistigen Eigentumsrechts oder zum Verstoß gegen die Rechte Dritter auszulegen.