

KUNSTSTOFFMATRIX	Test (ASTM)	Onyx	Nylon
Zugmodul (GPa)	D638	1,4	0,94
Zugspannung bei Streckung (MPa)	D638	36	31
Zugverformung bei Streckung (%)	D638	25	27
Zugspannung bei Bruch (MPa)	D638	30	54
Zugverformung bei Bruch (%)	D638	58	260
Biegefestigkeit (MPa)	D790 <sup>1</sup>	81	32
Biegemodul (GPa)	D790 <sup>1</sup>	2,9	0,84
Formbeständigkeitstemperatur (°C)	D648 B	145	49
Schlagzähigkeit – gekerbt (J/m)	D256-10 A	330	1.000
Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	—	1,2	1,1

Abmessungen und Konstruktion von Kunststoff-Testproben:

- Zugprüfkörper: ASTM D638 Typ IV-Träger
- Biegeprüfkörper: 3-pt. Biegen, 4,5 Zoll (L) x 0,4 Zoll (B) x 0,12 Zoll (H)
- Formbeständigkeitstemperatur bei 0,45 MPa, 66 psi (ASTM D648-07 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. Maschinen, die Onyx drucken, können aufgrund der Maschinenkonditionierung nicht auch Nylon drucken.

Die Teile von Markforged bestehen hauptsächlich aus Kunststoffmatrix. Benutzer können in jedem Teil eine Art von Faserverstärkung hinzufügen, wodurch die Materialeigenschaften verbessert werden.

1. Gemessen mit einer mit ASTM D790 vergleichbaren Methode. Teile, die vollständig aus Thermoplastik bestehen, brechen nicht vor dem Ende des Biegetests.

FASERVERSTÄRKUNG	Test (ASTM)	Kohlenstoff	Kevlar®	Glasfaser	HSHT FG
Zugfestigkeit (MPa)	D3039	700	610	590	600
Zugmodul (GPa)	D3039	54	27	21	21
Zugverformung bei Bruch (%)	D3039	1,5	2,7	3,8	3,9
Biegefestigkeit (MPa)	D790 <sup>1</sup>	470	190	210	420
Biegemodul (GPa)	D790 <sup>1</sup>	51	26	22	21
Biegeverformung bei Bruch (%)	D790 <sup>1</sup>	1,2	2,1	1,1	2,2
Druckfestigkeit (MPa)	D6641	320	97	140	192
Druckmodul (MPa)	D6641	54	28	21	21
Druckverformung bei Bruch (%)	D6641	0,7	1,5	—	—
Formbeständigkeitstemperatur (°C)	D648 B	105	105	105	150
Schlagzähigkeit – gekerbt (J/m)	D256-10 A	960	2.000	2.600	3.100
Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	—	1,4	1,2	1,5	1,5

Abmessungen und Konstruktion von Faserverbundwerkstoffen Testproben:

- In diesen Daten verwendete Testplatten sind unidirektional faserverstärkt (0° Lagen)
- Zugprüfkörper: 9,8 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,048 Zoll (B) (CF-Verbundwerkstoffe), 9,8 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,08 Zoll (B) (GF- und Kevlar®-Verbundwerkstoffe)
- Zugprüfkörper: 5,5 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,085 Zoll (B) (CF-Verbundwerkstoffe), 5,5 Zoll (L) x 0,5 Zoll (H) x 0,12 Zoll (B) (Kevlar®- und GF-Verbundwerkstoffe)
- Biegeprüfkörper: 3-pt. Biegen, 4,5 Zoll (L) x 0,4 Zoll (B) x 0,12 Zoll (H)
- Formbeständigkeitstemperatur bei 0,45 MPa, 66 psi (ASTM D648-07 Methode B)

Zug, Druck, Verformung bei Bruch und Hitze Die Beständigkeitsdaten 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, Baubedingungen 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.

# VERBUNDWERKSTOFFE

## Druckmethoden

### Kunststoffmatrix

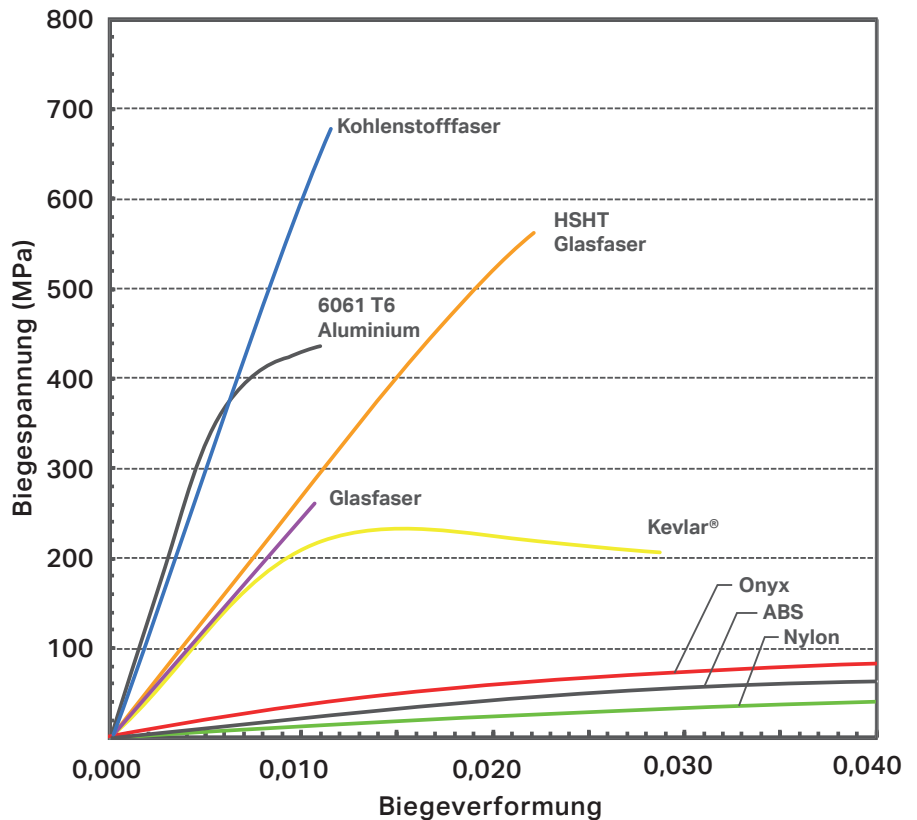
Bei dem als Fused Filament Fabrication (FFF) (kontinuierliche Filamentherstellung) bezeichneten Verfahren erhitzt der Drucker das thermoplastische Filament bis nahe an den Schmelzpunkt und extrudiert es durch eine Düse, wodurch Schicht für Schicht eine Kunststoffmatrix aufgebaut wird. Markforged druckt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

Onyx Nylon

### Faserverstärkung

Continuous Filament Fabrication (CFF) (kontinuierliche Filamentherstellung) ist eine von uns entwickelte spezielle Technologie, mit der wir gedruckte Teile durch Fasern verstärken. 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 Kohlenstofffaser  
Kevlar® HSHG Glasfaser



## Materialien

### Onyx Kunststoff

#### Thermoplaste für anspruchsvolle technische Zwecke

Mit Onyx können biegefesteste, 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** 81 MPa  
**Biegesteifigkeit** 2,9 GPa

### Nylon 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.

**Biegefestigkeit** 32 MPa  
**Biegesteifigkeit** 0,84 GPa

### Glasfaser Faser

#### Verstärkte Faserstärke

Als Endlosfaser für den Einstieg empfehlen wir Glasfasern. Sie bieten hohe Festigkeit zu einem erschwinglichen Preis. Glasfasern bieten die zweieinhalbfache Festigkeit und die achtfache Steifigkeit von Onyx und ermöglichen die Herstellung robuster Werkzeuge.

**Biegefestigkeit** 210 MPa  
**Biegesteifigkeit** 22 GPa

### Kevlar® Faser

#### Leicht, langlebig und stark

Kevlar® 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 Robotergriffwerkzeuge („End of Arm Tooling“).

**Biegefestigkeit** 190 MPa  
**Biegesteifigkeit** 26 GPa

### Kohlenstofffaser Faser

#### Die Stärke von Aluminium.

#### Bei halbem Gewicht.

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

**Biegefestigkeit** 470 MPa  
**Biegesteifigkeit** 51 GPa

### HSHG Glasfaser Faser

#### Stärke bei hohen Temperaturen

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

**Biegefestigkeit** 420 MPa  
**Biegesteifigkeit** 21 GPa