

30 Filamente für jeden Zweck

Benötigen Sie Spezial-Kunststoffe für besonders stabile oder gummiartige und sogar Strom-leitende Teile? Brauchen Sie etwas, das an Magneten haftet, oder möchten Sie echte Keramik drucken? Diese Make-Übersicht zeigt Ihnen, was normale und die Spezialfilamente können.

von Heinz Behling



Noch vor wenigen Jahren musste man als stolzer Besitzer eines 3D-Druckers nach dem erforderlichen Verbrauchsmaterial suchen. Meist gab es das passende nur beim Druckerhersteller zu oft horrenden Preisen und zunächst nur aus dem etwas schwierig zu verarbeitenden ABS. Inzwischen finden Sie die Kunststoff-Spaghettis in tausend Varianten im Online-Handel, Elektronikmarkt und sogar in manchen Baumärkten.

Mit der Vergrößerung des Angebots stieg aber auch die Vielfalt: Da gibt es Filamente aus ABS, PLA, PET und, und, und ... Höchstens Chemiker erkennen da noch, was hinter den Kürzeln steckt und wofür denn der jeweilige Kunststoff geeignet ist. Selbst viele Verkäufer halten sich da mit Informationen vornehm zurück und auf den Packungen sucht man danach auch vergebens. Eigentlich schade, denn wenn man schon tolle Produkte anbietet, sollte man sie auch richtig anpreisen können und seine Kunden nicht im Filament-Gewirr allein stehen lassen.

Kein Filament kann alles

Warum braucht man überhaupt unterschiedliche Filamente? Ganz einfach: Das Universal-Filament, mit dem sich alles perfekt herstellen lässt, gibt es nicht. Viel zu unterschiedlich sind die Materialansprüche: Drohnen- und Flugzeugteile sollen zum Beispiel sehr stabil und zugleich leicht sein. Teile, die längere Zeit draußen im Sonnenlicht verbringen müssen, müssen gegen UV-Licht resistent sein. Für Schaltkontakte oder Ähnliches muss das Filament Strom leiten können. Und für Dichtungen oder bewegliche Teile ist eine gewisse Elastizität notwendig. Die Liste ließe sich noch lang fortsetzen ... Das so beliebte PLA erfüllt solche Anforderungen nur in geringem Maße oder gar nicht.

Druckfilamente sind nicht gerade billig, vereinzelt kommen Kilopreise an die hundert Euro oder sogar darüber vor. Fehlkäufe können da richtig ins Geld gehen. Von der verlorenen Zeit bei materialbedingten Fehldrucken ganz abgesehen. Hier helfen wir Ihnen weiter. Auf den folgenden Seiten nennen wir Ihnen die 30 wichtigsten Filamentarten mit den entsprechenden Eigenschaften und allem, was beim Druck beachtet werden muss. Die wichtigen Temperatureinstellungen für den Druck finden Sie außerdem im Booklet auf dem Titel dieser Ausgabe.

Und da leider immer häufiger auf den Filamentspulen keinerlei Etiketten mehr vorhanden oder bei Probestücken verlorengegangen sind, die wenigstens die Kunststoffart und die Drucktemperaturen nennen, er-

Kurzinfo

- » Diese 3D-Druckfilamente gibt es
- » Die wichtigsten Eigenschaften der Filamente
- » Filament-Etiketten zum Selbstdrucken

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xr5x

halten Sie von uns gleich den Rundum-Service. Über den Link unter der Kurzinfo können Sie Visitenkarten (wie in den einzelnen Abschnitten zu jedem Filament) downloaden. Drucken Sie die gewünschten auf Klebeetiketten, schneiden Sie sie aus, und schon können Sie Ihre Filamentspulen mit allem Wissenswertem beschriften.

Lagerung

Druckfilamente sind nicht beliebig lange lagerbar. Allerdings liefern die Hersteller darüber keine Angaben. Überlagertes Filament

erkennt man an der stark zunehmenden Brüchigkeit, da die Weichmacher sich allmählich verflüchtigt haben. Auch die Wasseraufnahme spielt eine große Rolle: So kann es bei Nylon sogar zu richtigen Wasserblasen kommen, die man in transparentem Filament mit bloßem Auge sehen kann.

Lagern Sie das Druckmaterial daher immer in luftdicht verschlossenen Behältern. Da kann schon ein gut verschließbarer Zip-Gefrierbeutel genügen. Und bewahren Sie es kühl, trocken und möglichst dunkel auf, denn insbesondere Sonnenlicht kann Kunststoffe angreifen.

SAMPLES COLORFABB SPECIALS



Artikel 1 bis 12 von insgesamt 16 | Sortieren nach Position ↓ Anzeigen 12 pro Seite

			
SPECIAL BRONZEFILL 1.75 SAMPLE 3,00 €	PLA SEMI-MATTE BLACK 1.75 SAMPLE 3,00 €	SPECIAL STEELFILL 2.85 SAMPLE 3,00 €	SPECIAL STEELFILL 1.75 SAMPLE 3,00 €
Zum Warenkorb hinzufügen	Zum Warenkorb hinzufügen	Zum Warenkorb hinzufügen	Zum Warenkorb hinzufügen
			
XT CF20 2.85 SAMPLE 3,00 €	XT CF20 1.75 SAMPLE 3,00 €	SPECIAL CORKFILL 2.85 SAMPLE 3,00 €	SPECIAL CORKFILL 1.75 SAMPLE 3,00 €
Zum Warenkorb hinzufügen	Zum Warenkorb hinzufügen	Zum Warenkorb hinzufügen	Zum Warenkorb hinzufügen

Falls Sie einmal etwas Neues probieren möchten: Manche Händler bieten preiswerte Filament-Muster an.



ABS

ABS ist stabil, bis 95° temperaturbeständig und daher für thermisch stärker belastete Teile geeignet. Es schrumpft beim Abkühlen deutlich. Maßgetreue Druckobjekte sind so kaum möglich. Außerdem führt das häufig zum Ablösen des Objekts vom Druckbett (*Warping*). Daher sind außer einem auf etwa 110° beheizbaren Druckbett noch Haftmittel notwendig und der Druck im geschlossenen Gehäuse ist zu empfehlen. Bei der Verarbeitung entstehen unangenehme Gerüche und in sehr geringem Maße gesundheitschädliche Stoffe.

ABS Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer			Empfehlung: Haftmittel, Gehäuse, Druck ohne Lüfter
	210–250°	90–110°	
Beständig gegen: aliph. Kohlenwasserstoffe, Benzin, schwache Säuren, Laugen, Schmieröl			
Wärmefest: bis 95°, kurzfristig 100°			
Warping: stark Kilopreis: ab 17 €			



ASA

ASA wird ähnlich verarbeitet wie ABS, zeigt ebenso Warping, ist aber noch etwas wärmebeständiger (bis 100°) und außerdem selbst bei tiefen Temperaturen schlag- und kratzfest sowie UV-beständig. Der hochglänzende Kunststoff wird durch Mattierungszusätze auch mit stumpfer Oberfläche angeboten. Eine besondere Stärke ist die Widerstandskraft gegen Chemikalien: Verdünnte Säuren und Laugen, Öle, Fette, Alkohol und aliphatische Kohlenwasserstoffe können diesem Material nichts anhaben.

ASA Acrylester-Styrol-Acrylnitril			Empfehlung: Haftmittel, Gehäuse, Druck ohne Lüfter
	240–265°	90–110°	
Beständig gegen: aliph. Kohlenwasserstoffe, Benzin, schwache Säuren, Laugen, Öle, Fette			
Wärmefest: bis 100°			
Warping: stark Kilopreis: ab 23 €			

HDPE

Polyethylen ist der weltweit meistproduzierte Kunststoff. Es ist sehr schlagfest, elastisch und bricht kaum. Außerdem ist es ein guter elektrischer Isolator. Leider haftet es an kaum einer anderen Substanz, was das Drucken schwierig macht. Die meisten Haftmittel bringen kaum Erfolg. Besser funktioniert es, wenn man den untersten Layer aus ABS druckt und darauf das HDPE setzt. Wegen der schlechten Haftung ist dieser Kunststoff auch nicht klebbar. HDPE ist in Limonen (ein zum Beispiel in Citrusfrüchten vorkommendes Terpen) löslich.

HDPE High Density Polyethylen			Empfehlung: Haftmittel, Gehäuse, Druck ohne Lüfter
	225–230°	kalt bis 70°	
Beständig gegen: Säuren, Laugen, Alkohol, Ester, Fette, Öle			
Wärmefest: 70°			
Warping: stark Kilopreis: ab 40 €			



Die Shore-Härte-Skala

Je nach Zusammensetzung und Verarbeitung können elastische Materialien eine sehr unterschiedliche Härte aufweisen und damit für spezielle Anwendungsgebiete geeignet sein. Gemessen wird die Härte mit der 1915 vom US-Amerikaner Albert Shore entwickelten Skala. Beim Testverfahren wird ein Stahlstift festgelegter Größe mit einer konstanten Kraft auf die Materialprobe gedrückt und die Eindringtiefe gemessen: 0 Shore entsprechen 2,5mm (weich), 100 Shore stehen für 0mm (sehr hart). Später wurde diese Shore-A-Skala um weitere Messbereiche ergänzt.

Die erforderliche Shore-Härte verschiedener Anwendungen elastischer Kunststoffe reicht von extrem weichen Gummibärchen bis zum schlagfesten Schutzhelm.



HIPS

Haupteinsatzgebiet beim 3D-Druck sind Stützstrukturen beim Druck mit ABS, denn es erfordert ähnliche Drucktemperaturen. Da HIPS in Limonen lösbar ist, lassen sich nach dem Druck solche Strukturen ohne sichtbare Spuren einfach auflösen, während das ABS von Limonen unbeschädigt zurückbleibt. Allerdings funktioniert dies nur bei Druckern, die zwei Materialien in einem Druckgang verarbeiten können. HIPS lässt sich auch allein einsetzen: Es ist schlagfester als ABS und PLA und zeigt geringeres Warping.

HIPS High Impact Polystyren			Empfehlung: Haftmittel, Gehäuse, Druck ohne Lüfter
	220–245°	90–110°	
Beständig gegen: Säuren, Laugen, Alkohol			
Löslich: in Limonenen			
Wärmefest: bis 100°			
Warping: gering Kilopreis: ab 15 €			



PA

Als *Nylon* ist es bekannt für seine mechanische Festigkeit. PA gibt es in unterschiedlicher Härte von sehr elastisch bis sehr hart. Allerdings zeigt es starkes Warping. Deshalb ist die Maßhaltigkeit schwierig und ein auf 100° heizbares Druckbett erforderlich. Die Drucktemperatur liegt mit bis zu 265° für manche 3D-Drucker zu hoch. PA nimmt Wasser aus der Luft auf, das beim Druck explosionsartig mit kleinen Knallen entweicht und Blasen bildet. Feuchtes Filament kann bei niedrigen Temperaturen im Backofen getrocknet werden.

PA Polyamid			Empfehlung: Haftmittel, Druck mit Lüfter
	220–265°	70–100°	
Beständig gegen: Öle, Benzin, Alkohol, Kohlenwasserstoffe			
Wärmefest: bis 110°			
Warping: sehr stark Kilopreis: ab 60 €			



PCL

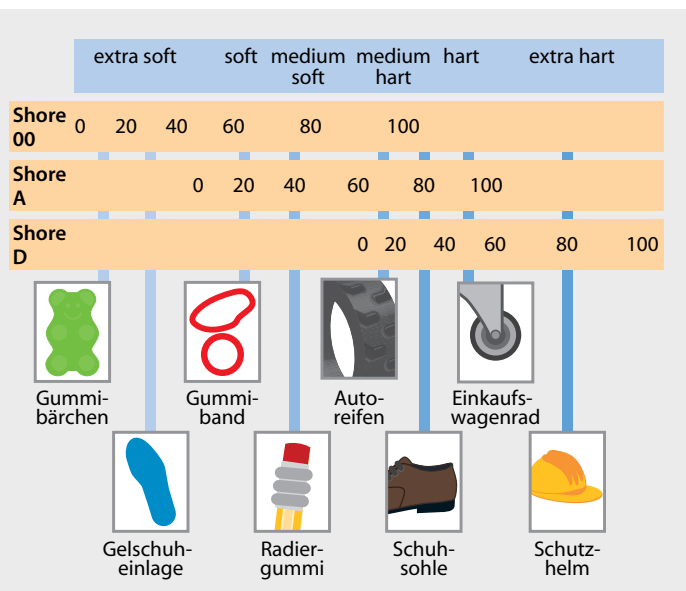
Dieser Kunststoff stellt mit seinem extrem niedrigen Schmelzpunkt von 63° einen Sonderfall dar. Er wird deshalb nicht in 3D-Druckern, sondern nur in Druckstiften benutzt. Polycaprolacton wird zwar aus Erdöl hergestellt, ist aber biologisch durch Bakterien abbaubar. Da es außerdem ungiftig ist, wird es häufig beim Basteln mit Kindern eingesetzt. Auch bei Raumtemperatur ist es meist gummiartig. Es haftet an einer Vielzahl von Oberflächen. Daher kann PCL in Druckstiften wie eine Art modellierbarer Heißkleber benutzt werden.

PCL Polycaprolacton			Empfehlung: keine
65–70° nur für Druckstifte			
Beständig gegen: keine Angaben			
Löslich: in Alkohol			
Wärmefest: bis 50°			
Warping: sehr gering		Kilopreis: ab 60 €	

PET



Aus PET werden nahezu alle Einweg-Getränkeflaschen gefertigt. Es steht daher auch in großen Mengen als preiswertes Recycle-Material zur Verfügung. PET ist beständig gegenüber Benzin und Schmieröl. Trotzdem kommt es beispielsweise für Teile im Motorraum eines Fahrzeugs kaum in Frage, da es zu brüchig und nicht wärmefest genug ist. Für weniger belastete, hochglänzende Teile (Sichtfenster) ist es besser geeignet. PET wird beim 3D-Druck relativ selten in der Reinform eingesetzt, sondern mit Glykol modifiziert.

PET Polyethylenterephthalat			Empfehlung: Druck mit Lüfter
230–240° kalt bis 60°			
Beständig gegen: Öle, Benzin, Alkohol, Perchloroethylen, aliph. Kohlenwasserstoffe, schwache Säuren			
Wärmefest: bis 70°			
Warping: sehr gering		Kilopreis: ab 18 €	





PETG

Glykol nimmt PET seine Brüchigkeit und macht es flexibler, aber die Klarheit leidet. Es ist sehr schlag-, jedoch nicht kratzfest. Beim Drucken ist es in heißem Zustand extrem klebrig. Das kann in Kombination mit Kunststoff-Druckbetten zu Komplikationen führen, wenn sich das fertige Produkt auch nach Erkalten nicht ohne Beschädigung der Platte lösen lässt. Der Druck auf Glas ist einfacher. Durch das sehr geringe Warping ist das Drucken mit hoher Maßhaltigkeit möglich. PETG ist auch für höhere mechanische Beanspruchung geeignet.

PETG Polyethylenterephthalat-Glykol			Empfehlung: Druck mit Lüfter
220–240° kalt bis 40°			
Beständig gegen: Öle, Benzin, Alkohol, Perchloroethylen, aliph. Kohlenwasserstoffe, schwache Säuren			
Wärmefest: bis 70°			
Warping: sehr gering		Kilopreis: ab 18 €	



PLA

Dies ist der beim 3D-Druck meistverwendete Kunststoff. Er gilt weiterhin als biologisch abbaubar, allerdings findet dies nur unter den Bedingungen einer industriellen Kompostierungsanlage in nennenswertem Umfang und Geschwindigkeit statt. PLA ist sehr stabil, dabei leicht, jedoch nur mäßig wärmefest. Das sehr geringe Warping vereinfacht den Druck, daher ist es auch für Anfänger ein ideales Material. PLA wird in den unterschiedlichsten Farben (inkl. transparent) geliefert und gehört zu den preiswertesten Filamenten.

PLA Polylactidacid			Empfehlung: Druck mit Lüfter
190–210° kalt bis 60°			
Beständig gegen: Alkohol			
UV-beständig: ja			
Wärmefest: bis 70°			
Warping: sehr gering		Kilopreis: ab 12 €	



PMMA

Diesen Kunststoff kennt man besser als Plexiglas. Er ist hochglänzend und meist glasklar (über 90 Prozent Lichtdurchlässigkeit), kann aber in vielen Farben eingefärbt werden. PMMA ist sehr UV-beständig. Da es UV-Licht nicht hindurchlässt, ist ein Einsatz als Schutzfilter möglich. Empfindlich reagiert es auf Alkohol, Aceton, Benzin und Öl. Selbst ein kurzer Kontakt damit führt zur Erblindung der Oberfläche bis hin zur Auflösung. Das harte Material ist auch für höhere mechanische Beanspruchung geeignet. Es zeigt starkes Warping.

PMMA Polymethylmethacrylat			Empfehlung: Haftmittel, Gehäuse, Druck ohne Lüfter
235–265° 100–130°			
Beständig gegen: aliph. Kohlenwasserstoffe, schwache Säuren, schwache Laugen			
Wärmefest: bis 90°			
Warping: sehr stark		Kilopreis: ab 40 €	



PP

In Polypropylen werden viele Lebensmittel verpackt. Es ist stabil, flexibel, nicht ermüdend, chemisch sehr resistent, jedoch beim 3D-Druck extrem schwierig, da es an den meisten Druckbett-Materialien kaum haftet. Am besten gelingt es auf einer PP-Druckplatte. Auch dann neigt PP dazu, dass sich die Druckschichten schlecht verbinden, weil es beim Abkühlen zu schnell erstarrt. Außerdem zeigt es starkes Verziehen. Die Lebensmittelechtheit ist mit Einschränkungen zu sehen: Durch die rauen Oberflächen können sich Bakterien ansiedeln.

PP Polypropylen	 210–250°	 80–100°	Empfehlung: Druckbett aus PP
Beständig gegen: Fette, nahezu alle organischen Lösungsmittel, nichtoxidierende Säuren und Laugen			
Wärmefest: bis 110°			
Warping: sehr stark		Kilopreis: ab 40 €	



PVA

Anwendungen für diesen wasserlöslichen Kunststoff gibt es zahlreich, zum Beispiel als Waschmittelkapseln. Beim 3D-Druck wird er als auswaschbare Stützstruktur verwendet, falls der Drucker den Zwei-Materialdruck beherrscht. Mit PVE lassen sich Stützen auch an Stellen anordnen, an die man später zum Entfernen nicht mehr herankäme. Wegen ähnlicher Drucktemperaturen passt PVA gut mit PLA zusammen. Allerdings ist es nicht ganz einfach zu verarbeiten, insbesondere werden Haftmittel auf dem Druckbett nötig.

PVA Polyvinylalkohol	 185–200°	 kalt bis 60°	Empfehlung: Haftmittel, Druck mit Lüfter
Beständig gegen: nahezu alle organischen, wasserfreien Lösungsmittel			
Wärmefest: keine Angaben			
Warping: sehr stark		Kilopreis: ab 12 €	



TPE

Elastische Kunststoffe werden erst durch Mischung mit schmelzbaren Kunststoffen durch Wärme verformbar. Da diese Partner sehr unterschiedlich sein können, haben TPEs auch entsprechend verschiedene Eigenschaften. Die wichtigste ist ihre Härte (siehe Grafik auf Seite 11). Je niedriger der Shore-Wert ist, umso weicher und elastischer ist das Material. Bei vergleichbarer Elastizität zu Gummi ist TPE deutlich weniger belastbar. Insbesondere ist die Materialermüdung deutlich höher.

TPE Thermoplastisches Elastomer	 210–230°	 50–60°	Empfehlung: Haftmittel, Lüfter, eingeschränkt bei Bowden-Antrieb
Beständig gegen: hängt von genauer Zusammensetzung ab			
Wärmefest: bis 95°			
Warping: sehr gering		Kilopreis: ab 35 €	

TPU

Eine kleine Sonderrolle unter den TPE nimmt thermoplastisches Urethan ein. Da es etwas weniger elastisch und härter als die anderen Elastomere ist, kommt es mit den Bowdenantrieben auch etwas besser zurecht. Bei nicht zu kleinen Krümmungsradien des Zuführschlauchs und geringer Druckgeschwindigkeit funktioniert es recht gut. Besonderer Vorteil von TPU: Es behält auch bei Kälte seine Elastizität, eignet sich somit auch für Teile, die in Kühlräumen oder in der kalten Jahreszeit draußen ihren Dienst verrichten müssen.

TPU Thermoplastisches Urethan	 210–230°	 45–60°	Empfehlung: Haftmittel, Lüfter eingeschränkt für Bowden-Antriebe
Beständig gegen: hängt von Zusammensetzung ab			
Wärmefest: keine Angaben			
Warping: sehr gering		Kilopreis: ab 60 €	

Haftmittel



Die optimale Haftung des Druckobjekts auf dem Druckbett beim 3D-Druck kann man mit verschiedenen Mitteln erreichen. Grundvoraussetzung: Das Druckbett muss sauber, vor allem staub- und fettfrei sein.

Reicht das allein nicht, können Klebebänder (Krepp- oder Kaptonband) sowie Klebestift oder Haarspray helfen. In einigen Fällen reicht auch ein hauchdünner Layer eines anderen Kunststoffs als Haftunterlage.





BendLay

Auf den ersten Blick sieht BendLay aus wie PMMA. Jedoch bleibt es nach dem Druck biegsam. Es ist aber trotzdem schlagzäh und bruchfest. Daher wird es gerne für optische Effekte (dünn gedruckte Schriftzüge) oder flexible Lichtleiter eingesetzt. Die Verarbeitung ähnelt der von ABS. Allerdings hat BendLay ein geringeres Warping. Da Schriften und Lichtleiter oft sehr dünne Strukturen sind, sollte ein Haftmittel eingesetzt werden, das die Transparenz der aufliegenden Kanten wenig beeinflusst (Kapton-Band).

BendLay Glasklares, biegsames Filament	 220–245°	 90–110°	Empfehlung: Haftmittel, Druck mit Lüfter
Beständig gegen: keine Angaben			
Wärmefest: bis 75°			
Warping: mittel		Kilopreis: ab 50 €	



Bronzefill

Bronzefill ist ein Material für Kunstwerke, denn es enthält einen sehr hohen Anteil echter Bronze-Partikel. Nach dem Druck kann es sogar auf Glanz poliert werden. Durch den Metallanteil ist es aber auch sehr schwer, weshalb in der Regel nur zu einem Drittel gefüllte Filamentspulen geliefert werden. Mehr wäre für die meisten Spulenhalter auch zu schwer. Gewöhnliche Messing-Druckdüsen werden von den Metallpartikeln schnell verschlissen. Besser sind Stahldüsen oder bei sehr häufiger Verwendung solche mit Rubin-Spitze (siehe Seite 24).

BronzeFill Metallhaltiges PLA	 195–220°	 kalt bis 60°	Empfehlung: Haftmittel bei kl. Auflagefläche, Druck mit Lüfter
	Verarbeitung: schleif- und polierbar, sehr schwer, verursacht hohen Düsenverschleiß Wärmefest: bis 70° Warping: gering		

3dk-Top

Teile aus diesem Filament sind nach Fertigstellung wärmebeständig bis etwa 230°. Der Druck ist jedoch etwas aufwendig: Die Düsentemperatur von über 250° schafft nicht jedes Gerät. Ein hitzefestes Haftmittel (Klebeband) ist notwendig und der Filamentlüfter darf erst ab dem zweiten Layer eingeschaltet werden, damit es auf dem Druckbett haftet. Nach dem Druck muss 3dk-Top im Umluftofen bei 110° nachgebacken und anschließend langsam im geschlossenen Ofen abkühlen. Erst dabei bildet sich eine wärmebeständige Kristallstruktur.



3dk-Top Hitzebeständiges Filament	 250–260°	 100°	Empfehlung: Haftmittel, Lüfter, Backen im Ofen erforderlich
	Beständig gegen: keine Angaben Wärmefest: vor dem Backen bis 100–110°, danach bis 230° Warping: beim Backen möglich		

Gängige Haftverbesserer für den 3D-Druck: Krepp- und Kaptonband, Klebestift und Haarspray





Glow in the dark

Das nachleuchtende Filament wird genauso einfach verarbeitet wie PLA, es unterscheidet sich ja auch nur durch den Farbstoff davon. Der Leuchteffekt des normalerweise weiß bis leicht gelbgrünlich schimmernden Filaments tritt nur auf, wenn der Kunststoff zuvor durchbelichtet wurde. Je nach Farbstoff hält das Leuchten einige Sekunden bis zu mehreren Minuten an. Der Farbstoff altert: Nach längerer Lagerzeit ist die Nachleuchtzeit daher deutlich geringer als im frischen Zustand.

Glow in the dark PLA mit Leuchtfarbstoff	 190–220°	 kalt bis 60°	Empfehlung: Druck mit Lüfter
	Beständig gegen: Alkohol Wärmefest: bis 70° Warping: sehr stark Kilopreis: ab 30 €		



iglidur

Aus iglidur gedruckte Gleitlagerschalen können bei ausreichender Größe enorme Lasten tragen und weisen sehr geringe Reibung auf. Dieses Filament ist in unterschiedlichen Ausführungen lieferbar, die sich durch Tragkraft, Reibung und Chemikalienbeständigkeit sowie den erlaubten Temperaturbereich unterscheiden. Die Verarbeitung ist relativ einfach. Der Hersteller stellt dazu umfangreiche Information zur Verfügung. Er empfiehlt eine von ihm für diesen Zweck angebotene Druckbett-Haftfolie und den Druck im geschlossenen Gehäuse.

iglidur Reibungsarmer Kunststoff	 220–250°	 90–110°	Empfehlung: Druck mit Lüfter
	Beständig gegen: unterschiedlich, je nach Ausführung Wärmefest: lieferbar bis 180° Warping: gering Kilopreis: ab 100 €		



IR-Schwarz

Nur der Farbstoff unterscheidet dieses Filament von gewöhnlichem PLA: Das Schwarz ist nämlich durchlässig für infrarotes Licht. Anwendungsgebiet ist vor allem der Gehäusebau von Elektronik-Schaltungen, die mit IR-Licht arbeiten. Die Fläche vor den entsprechenden IR-Sendern beziehungsweise -Sensoren sollte ohne innere Füllstrukturen gedruckt werden. Die lassen das Licht zwar durch, können es aber seitlich ablenken, sodass nicht alles den Sensor trifft oder nach außen in die gewünschte Richtung gelangt.

IR-Schwarz PLA mit infrarot-durchlässigem Farbstoff	 190–220°	 kalt bis 60°	Empfehlung: Druck mit Lüfter
	Beständig gegen: Alkohol Wärmefest: bis 70° Warping: sehr gering Kilopreis: ab 40 €		



LayCeramic

Mit diesem Filament wird der 3D-Drucker zur Töpferscheibe: Sie drücken das Gewünschte, statt es mit den Händen aus Keramik-Rohmasse zu formen. Nach dem Druck werden die Objekte bei 1200° gebrannt. Dadurch entweicht der Kunststoffanteil und die Keramikpartikel sintern zusammen. Deshalb schrumpft das Objekt um bis zu 30 Prozent, wird aber stabil und chemikalienbeständig wie Vollkeramik. Das sehr brüchige Filament erfordert jedoch noch vor dem Druckkopf eine Vorheizung und ein Vollmetall-Hotend (Stahl).

LayCeramic Filament mit Keramikpartikeln	 165–245°	 kalt bis 40°	Empfehlung: Stahl-Hotend, Vorwärmung, Brennofen notwendig
Beständig gegen: wie Keramik, schrumpft beim Brennen um 20 bis 30 Prozent Wärmefest: nach dem Brennen wie Keramik Kilopreis: ab 200 €			



conductive

Diesem Filament ist Ruß zugemischt. Dadurch ist das Filament zum einen dunkelgrau, zum anderen leitet es Strom. Allerdings mit relativ hohem Widerstand, der von der genauen Zusammensetzung abhängt. Damit eignet es sich nur für den Niederspannungsbereich für die Verbindung von Sensorleitungen, kapazitiven Touch-Elementen und Ähnlichem. Spaß macht das bei Druckern, die mit mindestens zwei Filamenten die Isolationen zwischen den leitenden Teilen gleich mitdrucken. Sonst muss man alles aus Einzelteilen zusammensetzen.

conductive Stromleitendes PLA	 215–230°	 kalt bis 50°	Empfehlung: Druck mit Lüfter
Beständig gegen: Alkohol Wärmefest: bis 50° Warping: sehr gering Kilopreis: ab 100 €			



magnetic

Der Name dieser Filamente führt ein wenig in die Irre: Das Material selbst ist nicht magnetisch, wird aber wegen des Eisengehalts von Magneten angezogen. In Verbindung mit Magneten ist es also erst sinnvoll einsetzbar, sei es zur Befestigung oder auch im Sensorbereich zusammen mit Hall-Sensoren und Ähnlichem. Die Eisenpartikel können rosten. Das kann man für Kunstobjekte verwenden. Falls unerwünscht, muss man die daraus hergestellten Objekte vor Säuren, Salz und ähnlich korrosiven Stoffen schützen.

magnetic PLA mit Eisen-Partikeln	 185–195°	 kalt bis 50°	Empfehlung: Druck mit Lüfter
Beständig gegen: Alkohol, kann rosten, reagiert auf Magnete Wärmefest: bis 70° Warping: sehr gering Kilopreis: ab 140 €			

LayFOMM



Dieses Filament lädt zu Experimenten ein. Drucken lässt es sich wie TPE. Das im Kunststoff fein verteilte PVA kann anschließend im Wasserbad ausgewaschen werden (3 bis 4 Tage). So entstehen winzige Poren und das Objekt wird insgesamt elastisch und weich sowie durchlässig für Luft und Wasser. LayFOMM ist gut geeignet für Drucker, die ansonsten wegen eines Bowden-Systems kein TPE verarbeiten können. Denn im Gegensatz zu reinen TPE ist LayFOMM als Filament hart und gleitet problemlos durch den Transportschlauch.

LayFOMM TPE mit PVA	 220–230°	 45–60°	Empfehlung: Haftmittel, Druck mit Lüfter
Beständig gegen: keine Angaben PVA-Anteil mit Wasser auswaschbar Wärmefest: keine Angaben Warping: gering Kilopreis: ab 100 €			

Filament-Etiketten zum Selbstdrucken

Immer öfter werden Filamentspulen ohne aufgeklebtes Etikett geliefert. Bei gebrauchten Spulen fällt es so später schwer, die Filamentart zu erkennen.



Unsere downloadbaren Filament-Visitenkarten helfen Ihnen: Laden Sie sie via Kurzinfo-Link auf Ihren Computer und drucken Sie das Gewünschte auf Selbstklebe-Papier. Ausschneiden, Schutzfolie abziehen und aufkleben. Damit wechseln Sie nie wieder die Kunststoffe.

ABS Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer	 210–250°	 90–110°	Empfehlung: Haftmittel, Gehäuse, Druck ohne Lüfter
Beständig gegen: aliph. Kohlenwasserstoffe, Benzin, schwache Säuren, Laugen, Schmieröl Wärmefest: bis 95°, kurzfristig 100° Warping: stark Kilopreis: ab 17 €			

Make:



XT-CF20

Wenn es auf Bruch- und Biegefestigkeit bei geringem Gewicht ankommt, dann sind kohlefaserverstärkte Filamente genau richtig. Dieses hier mit 20 Prozent Faseranteil ist etwa doppelt so stabil wie PLA. Daher wird es gerne im Modellbau, beispielsweise für Drohnengehäuse oder Flugzeugrümpfe eingesetzt. Die Verarbeitung ist einfach, allerdings sollte mit relativ geringer Geschwindigkeit gedruckt werden. Die Fasern verschleiben gängige Messingdüsen sehr schnell. Düsen aus Stahl sind dafür besser geeignet.

XT-CF20 Copolyester mit Carbonfasern	 240–260°	 60–70°	Empfehlung: Haftmittel, Druck mit Lüfter, Stahl-Düse
Beständig gegen: keine Angaben Wärmefest: bis 70° Warping: gering Kilopreis: ab 70 €			



Thermochrome

Noch ein Filament für Experimente: Von Haus aus ist es dunkelgrau. Erwärmt es sich über 29°, wird es nahezu weiß. Anwendungsgebiete sind Show-Effekte, optische Temperaturüberwachung und Kunstobjekte. Schöne Effekte erzielen Sie, wenn Sie auf einem Drucker gleichzeitig ein zweites, andersfarbiges PLA-Filament verarbeiten können, denn dann tritt der Thermoefekt nur an einigen Stellen des Gedruckten auf. Die Verarbeitung gleicht der von PLA.

Thermo- chrome Temperatursensibles PLA			Empfehlung: Druck mit Lüfter
	190–210°	kalt bis 60°	
Beständig gegen: Alkohol Wärmefest: bis 70° Warping: sehr gering Kilopreis: ab 50 €			



Willowflex

Dieses flexible Filament haftet sehr gut sowohl auf dem Druckbett als auch auf PLA. Deshalb ist eine der Hauptanwendungen der Druck von Dichtungen direkt auf PLA-Gehäusekanten. Man muss dem Drucker lediglich mitteilen, wann er zum Filamentwechsel pausieren soll (siehe Artikel „Versteckte Cura-Funktionen“ in Make 1/19, ab Seite 90). Da es kompostierbar ist, gilt es als relativ umweltfreundlich. Das schränkt allerdings die Verwendung im Freien etwas ein.

Willowflex Flexibles Filament aus biol. Rohstoffen			Empfehlung: Haftmittel, Lüfter, Geschwindigkeit max. 40mm/s
	180–200°	kalt bis 70°	
Beständig gegen: keine Angaben Wärmefest: bis 100° Warping: gering Kilopreis: ab 80 €			



Wood

Mit Holz drucken ist durchaus möglich. Es gibt inzwischen eine ganze Reihe von Filamenten mit Holzfasern. Verarbeitet werden sie ähnlich wie PLA, allerdings sollte man die Standard-0,4mm-Düse gegen eine mit mindestens 0,8mm Durchmesser tauschen, sonst gibt es Verstopfungen. Mit der Wahl der Drucktemperatur kann man die Farbe des Gedruckten beeinflussen: je höher, umso dunkler. Aber das hat Grenzen. Ist die Temperatur zu hoch, verbrennt das Holz. Durch Schleifen und Lackieren mit Klarlack lässt sich die Optik noch verbessern.

Wood PLA mit Holzfasern			Empfehlung: Druck mit Lüfter
	180–245°	kalt bis 60°	
Beständig gegen: keine Angaben, je höher die Drucktemperatur, umso dunkler wird das Filament Wärmefest: bis 70° Warping: gering Kilopreis: ab 45 €			

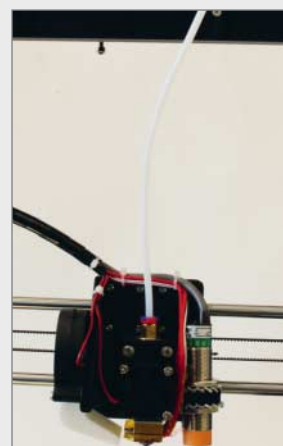
Thibra3D Skulp

Dies ist ein Filament für Künstler, denn der Kunststoff ist so beschaffen, dass er nach dem Druck bei Erwärmung auf etwa 70 Grad nicht gleich flüssig, sondern nur weich und modellierbar wird. Damit kann man die Grundform von Skulpturen drucken und nachträglich von Hand künstlerisch fein ausarbeiten. Schnitzen und Zusammenfügen mehrerer Teile sind so auch möglich. Außerdem lässt es sich nach Abwaschen mit Wasser und Seife einfach mit Acrylfarben anmalen.

Thibra3D Skulp Modellierbares Filament			Empfehlung: Druck mit Lüfter
	190–210°	kalt 60°	
Beständig gegen: keine Angaben kann nachträglich mit Warmluft modelliert werden Wärmefest: bis 70° Warping: gering Kilopreis: ab 60 €			



Bowden-Antrieb

Sitzt der für den Filamenttransport zuständige Motor auf dem Druckkopf und transportiert das Filament auf kürzestem Weg zum Hotend, nennt man dies Direktantrieb. Ist der Motor hingegen weiter entfernt zum Beispiel am Druckerahmen befestigt und schiebt das Filament durch einen Schlauch zum Druckkopf, ist dies ein Bowden-Antrieb (ähnlich den bei Fahrrad-Bremsen benutzen Bowdenzügen zwischen Handgriff und Bremse).



Cleansing

Mit diesem Filament wird nicht gedruckt, es dient der Reinigung des Druckkopfes, insbesondere der Düse. Dazu wird es bei zuvor aufgeheizter Düse (Temperatur muss über der des zuletzt benutzten Filaments liegen) manuell durch den Druckkopf gedrückt. Dabei nimmt es alle Verschmutzung mit, insbesondere Fasern oder Partikel entsprechend verstärkter Filamente. Anschließend schaltet man die Heizung aus und zieht das Filament von Hand aus dem Druckkopf. Pro Reinigungsvorgang braucht man nicht mehr als 10cm.

Cleansing Reinigungsfilament			Empfehlung: pro Reinigung werden ca. 10cm verbraucht
	180–280°	kalt	
Verwendung: empfehlenswert insbesondere nach der Verwendung partikel- oder faserverstärkter Filamente Kilopreis: ab 45 €			

Spezialisten

Nur der Vollständigkeit halber seien noch ein paar hochspezialisierte Filamente genannt: So gibt es eine Reihe von gammastrahlenresistenten Filamenten aus Polyetherimid (PEI). Die sind hauptsächlich für die Raumfahrt gedacht und sollen durch die Strahlung im freien Weltraum nicht brüchig werden. Achtung: Diese Filamente sind lediglich unempfindlich gegen Gammastrahlen, schirmen sie aber nicht ab. Zum Schutz elektronischer Schaltungen vor den Strahlen sind sie daher ungeeignet. Außerdem haben sie Preise, die bis zu mehreren hundert Euro pro Kilo betragen können. Manche erfordern außerdem sehr hohe Drucktemperaturen (320 bis 400°), sodass sie für die gängigen 3D-Drucker nicht in Betracht kommen.

Medizin

Sehr weit verbreitet ist 3D-Druck inzwischen im Medizinbereich. Besonders Zahntechni-

ker fertigen Prothesen inzwischen oft im 3D-Druck. Allerdings meist nicht mit dem Filamentverfahren, sondern per Belichtung von Kunstharzen. Damit sind erheblich höhere Auflösungen und damit deutlich kleinere und genauere Strukturen möglich.

Medizinische Druckfilamente, zum Beispiel PeekMED, sind oft sehr teuer (mehrere Hundert Euro pro Kilo), da sie auf Verträglichkeit, Allergieauslösung und Ähnliches getestet werden. Und das schlägt sich halt im Preis nieder.

Flammresistentes Filament

Mit flammhemmenden Zusätzen kann man Druckfilamente auch in gewissem Maße feuerfest machen, so zum Beispiel das unter dem Namen FRJet angebotene flammhemmende PETG-Filament oder Innovafill Temperature+. Das bedeutet nicht, dass sie einen Brand schadlos überstehen, sondern lediglich, dass sie nicht selbst in Flammen aufgehen oder zumindest eine längere Zeit dafür

brauchen. Damit hergestellte Teile können dann sogar in Motorräumen von Fahrzeugen und ähnlich wärmebelasteten Stellen eingesetzt werden. Die Preise beginnen bei etwa 50 Euro pro Kilo.

—hgb



Bild: Jeff Fitlow/Rice University

Anzeige