



Abbildung 1: Filamentarten

## Produkttest: Filament

### Übersicht:

#### Fragestellung

Welches Filament ist für unsere Ansprüche (Reparatur AG) am geeignetsten?

#### Testarten

- Gewicht des Karabiners
- Stromleitfähigkeit
- Belastungstest/Zugfestigkeit
- Was passiert beim Kontakt mit:
  - Hitze/ Heißes Wasser
  - Kälte
  - Wasser

#### Ergebnis

Für unsere Zwecke hat sich das Standard-PLA am geeignetsten herausgestellt. Es hält selbst einer Belastung von ca. 8kg Stand, während die anderen Filamentarten bei diesem Gewicht schon Ermüdungserscheinungen aufweisen. Außerdem ist der Materialpreis von 11,63 € je 1000 g unschlagbar. Verglichen mit dem Karabiner aus Stahl, der eine Zugfestigkeit von 350 kg (lt. Händlerangabe) hat, ist dieser für sehr viel größere Belastungen und andere Zwecke vorgesehen. Jedoch kostet dieser auch 3,79 €.

## **Einleitung**

Wir, das sind, wie bereits bei unserem 3D-Drucker-Test, zwei Schüler aus dem 10. und ein Schüler aus dem 9. Jahrgang der LWS-Ostercappeln. Wir wollen zeigen, dass wir Energie und Ressourcen sparen können, indem wir defekte Bestandteile in der Schule/ im Schulgebäude, Aufbaumaterialien für den Unterricht oder Kleinmaterialien kosten- und ressourcensparend selbst erstellen und im 3D-Druckverfahren drucken können. Schließlich muss jeder defekte Bestandteil von der Schule bestellt, aus den Produktionsstandorten angeliefert und dann eingebaut werden, was einen riesigen Energieaufwand zur Folge hat.

Um allen Materialanforderungen gerecht werden und überall ein gutes Ergebnis erzielen zu können, haben wir uns bei unserem zweiten Produkttest für die Untersuchung der Filamentarten entschieden. Wir haben verschiedene Filament-Arten bestellt: PLA, PLA flex, PLA mit Holzanteil und ABS. Die Auswahl trafen wir, da PLA die am häufigsten verwendete Filamentart für 3D-Drucker ist und in verschiedenen Varianten zur Verfügung steht. Außerdem haben wir uns noch für ABS entschieden, da unser 3D-Drucker empfohlener Weise auch ABS drucken kann.

Bei unserer Prüfung haben wir uns dazu entscheiden, nicht das aufgewickelte Filament zu untersuchen, sondern das bereits ausgedruckte Produkt. Dabei wollten wir etwas ausdrucken, das zum einen einen Zugfestigkeitstest zulässt und zum anderen auch im Alltag benutzt werden kann. Wir haben uns dann für einen ausdrückbaren Karabiner entschieden, den die meisten von uns am Schlüsselbund tragen. Des Weiteren haben wir uns für unseren Test einen in der Form ähnlichen Karabiner aus Stahl besorgt.

Die Druckeinstellungen haben wir für alle Filamentarten unverändert gelassen, um ein vergleichbares Ergebnis zu erhalten. D.h., die Ausdrücke bekamen die gleiche Füllichte von 25 % und Füllmuster (Zickzack). Nach Eingabe der Filamentpreise und dem Gewicht konnte uns das Programm, sogar die Druckpreise der Karabiner ausrechnen.

Bezüglich der Testergebnisse mussten wir leider Einschränkungen für den Karabiner aus ABS vornehmen, da dieser nicht vollständig gedruckt werden konnte. Das lag daran, dass wir die erforderlichen Druckvoraussetzungen nicht erfüllen konnten. Für diesen Druck braucht man einen Glaskasten, um die Temperatur konstant zu halten.

## **Vorgehensweise**

Wir haben uns für folgende Materialtests entschieden:

1. Gewicht des Karabiners
2. Stromleitfähigkeit
3. Belastungstest/Zugfestigkeit
4. Was passiert beim Kontakt mit:
  - a. Hitze/ Heißes Wasser
  - b. Kälte
  - c. Wasser

## 1. Gewicht

Als erstes haben wir die Karabiner mit einer Digitalwaage gewogen.

Material	PLA (1,75 mm)	PLA flex (1,75 mm)	PLA mit 30 -40 % Holanteil	ABS (1,75mm)	Stahl
Gewicht	6,4 g	7,3 g	6 g	-	121,8 g

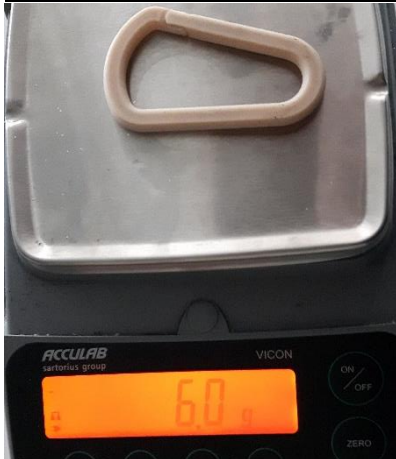


Abbildung 2: PLA HOLZ



Abbildung 3: PLA flex



Abbildung 4: PLA

Dabei konnten wir feststellen, dass wir trotz gleicher Einstellungen, was Fülldichte und Maße des Karabiners betrifft, abweichende Werte hatten. Beim Ausdruck mit dem 3D-Drucker verwendeten wir immer die gleiche Druckvorlage.

## 2. Stromleitfähigkeit

Wir haben einen Stromkreis aus einem Transformator (0 – 12 V), drei Stromkabeln und zwei Krokodilklemmen gebildet und diesen auf Funktionsfähigkeit mit einer Glühbirne getestet. Ohne Materialien/ Karabiner leuchtete die Glühbirne. Danach haben wir jeweils den Karabiner aus PLA, PLA flex, PLA mit Holzanteil, ABS und den Stahlkarabiner zwischen die Krokodilklemmen eingefügt. Die Glühbirne leuchtete nur bei dem Stahlkarabiner.

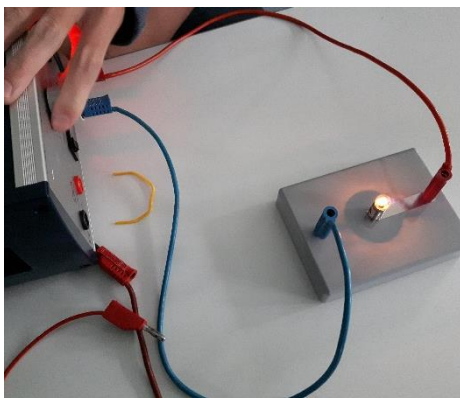


Abbildung 5: Stromkreis ohne Filament

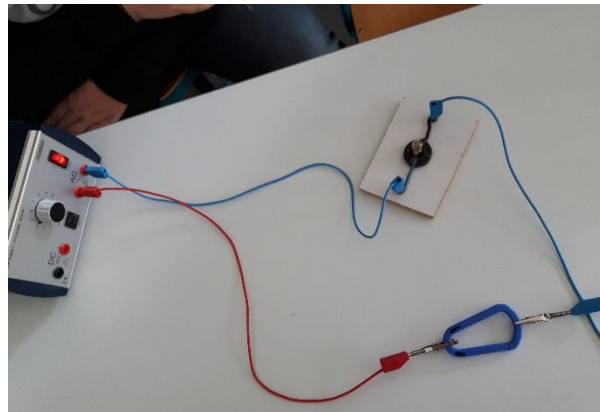


Abbildung 6: Karabiner nicht stromleitfähig

Material	PLA (1,75 mm)	PLA flex (1,75 mm)	PLA mit 30 -40 % Holanteil	ABS (1,75mm)	Stahl
Stromleitfähig	Nein	Nein	Nein	Nein	ja

### 3. Zugfestigkeit/ Belastungstest

Bei dem Belastungstest haben wir uns dafür entschieden, Gewichte in einen Beutel zu legen, der an den Karabiner angebracht war. Aus Schulmitteln hatten wir Gewichte bis 8 kg, deshalb haben wir dies als Belastungsgrenze genommen. PLA wies bei dem Test die wenigste Ausdehnung des Karabiners auf (<0,1cm). Um die Ausdehnung der beiden Karabinerenden (Differenz der Öffnungsenden) zu messen, nutzten wir ein Geodreieck. Der Stahlkarabiner wies bei 8 kg keine Ausdehnung auf.



Abbildung 7: PLA ohne Gewicht

Abbildung 8: PLA mit Gewicht (8kg)

Abbildung 9: PLA flex ohne Gewicht

Abbildung 10: PLA flex mit Gewicht (8kg)

Material	PLA (1,75 mm)	PLA flex (1,75 mm)	PLA mit 30 -40 % Holanteil	ABS (1,75mm)	Stahl
Belastungstest	< 0,1 mm	0,4 mm	0,5 mm	-	0 mm

### 4. Hitze/ Heißes Wasser

Wir entschieden uns weitere Erkenntnisse aus dem Versuch zu gewinnen: Witterungsbeständigkeit, Feuchtigkeitsaufnahme, Schwimmfähigkeit und Hitzaufnahme. Dies war uns wichtig, falls wir in unserer Reparatur AG auch Gegenstände Reparieren/Instandsetzen müssen die draußen sind.

Wir füllten ein Glasgefäß mit über 60 Grad heißem Wasser und hielten die Temperatur 30 Minuten lang konstant. Dies erreichten wir durch Nachfüllen mit Wasser aus dem Wasserkocher. Wir überprüften den konstanten Wert mit einem Thermometer. Wir legten alle Materialien in die Glasschüssel. Dabei stellte sich heraus, dass alle Filamentarten an der Oberfläche 30 Minuten lang schwammen, außer der Stahlkarabiner.

Im zweiten Schritt überprüften wir durch Untertauchen der Filamentarten, ob alle Materialien trocken blieben oder Feuchtigkeit aufnahmen. Alle Filamentarten nahmen etwas Wasser auf, bis auf den Stahlkarabiner. Des Weiteren überprüften wir die Witterungsbeständigkeit indem wir per Muskelkraft versuchten, den erhitzten Filamentkarabiner zu verbiegen. Wir konnten jedoch keine Veränderung feststellen bzw. bewirken.

Im dritten Schritt legten wir die Karabiner bei  $-8^{\circ}$  für 3 Tage in die Kühltruhe. Diese Temperatur wählten wir, da es bei uns in der Region im Winter um die  $-8^{\circ}$  ist. Alle Karabiner überstanden die Temperaturen sehr gut. Auch der Muskelkrafttest an den gefrorenen Karabinern änderte nichts daran. Somit kamen wir zu einer sehr hohen Witterungsbeständigkeit. Alle Erkenntnisse unseres Versuches können der Tabelle entnommen werden.

Material	PLA (1,75 mm)	PLA flex (1,75 mm)	PLA mit 30 -40 % Holanteil	ABS (1,75mm)	Stahl
<b>Schwimmt</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein/Ja
<b>Feuchtigkeitsaufnahme</b>	mäßig	mäßig	mäßig	-	kein
<b>Witterungsbeständig (Kälte/Hitze)</b>	hoch	hoch	hoch	-	hoch
<b>Bei <math>60^{\circ}</math> nach 1 Minute</b>	Fest, leicht warm	Fest, leicht warm	Fest, leicht warm	Fest, leicht warm	Fest, heiß
<b>Nach 30 Minuten</b>	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Sehr heiß

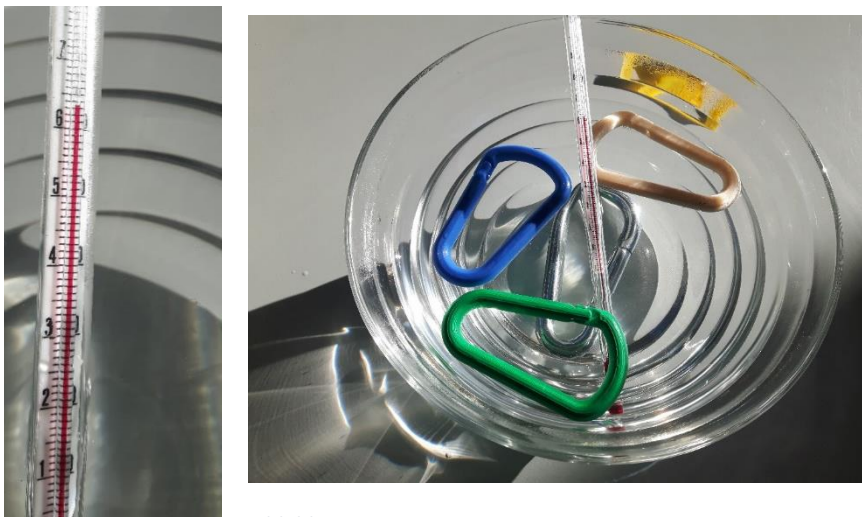


Abbildung 11: Hitzetest

Neben den Karabinern haben wir weitere Formen und Gegenstände für unseren Filamenttest gedruckt. Dazu haben wir mit dem Programm Tinkercad eine runde, längliche Druckvorlage, mit einem Radius von 5 mm, einem Innenloch/-radius von 2 mm und einer Breite von 75 mm entworfen. Hiermit wollten wir testen, ob das Material auch für runde Strukturen geeignet ist.

Außerdem entwarfen wir eine kleine Aufbewahrungsbox mit Schriftzug und Zahl, um beim Druck zu testen, ob eckige Strukturen, Zahlen und Schriftzüge ordentlich gedruckt werden.

Material	PLA (1,75 mm)	PLA flex (1,75 mm)	PLA mit 30 -40 % Holanteil	ABS (1,75mm)	Stahl
<b>Runde Strukturen</b>	gut	ausreichend	ausreichend	-	-
<b>Eckige Strukturen</b>	gut	gut	gut	-	-
<b>Schriftzüge</b>	gut	befriedigend	befriedigend	-	-
<b>Zahlen</b>	befriedigend	befriedigend	befriedigend	-	-

## Übersichtstabelle aller Ergebnisse

<b>Material</b>	PLA (1,75 mm)	PLA flex	PLA mit 30 -40 % Holanteil	ABS
<b>Bestandteil (lt. Hersteller)</b>	Polylactid Acid / Polymilchsäuren	Polylactid Acid / Polymilchsäuren)	Polylactid Acid / Polymilchsäuren + Echtholzfäsern	Acrylnitril-Butadien-Styrol
<b>Gewicht</b>	6,4 g	7,3 g	6 g	-
<b>Belastungstest</b>	< 0,1 mm	0,4 mm	0,5 mm	-
<b>Feuchtigkeitsaufnahme</b>	mäßig	mäßig	mäßig	gering
<b>Preis</b>	11,63 pro 1000 g	19,90 pro 1000 g	24,50 pro 750 g	15,90 pro 1000 g
<b>Witterungsbeständig (Kälte/Hitze)</b>	hoch	hoch	hoch	hoch
<b>Stromleitfähig</b>	Nein	Nein	Nein	Nein
<b>Schwimmt</b>	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Bei 60° nach 1 Minute</b>	Fest, leicht warm	Fest, leicht warm	Fest, leicht warm	Fest, leicht warm
<b>Nach 30 Minuten</b>	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung

### Ergebnis

Für unsere Zwecke fanden wir das Standard-PLA am geeignetsten. Es hält selbst einer Belastung von ca. 8kg aus, während die anderen Filamentarten, da schon Ermüdungserscheinungen aufwiesen. Außerdem ist der Materialpreis von 11,63 € je 1000g unschlagbar. Vergleichen wir hierbei den Karabiner aus Stahl, der eine Zugfestigkeit von 350 kg hat, so ist dieser für größere Belastungen zu empfehlen. Jedoch kostet dieser auch 3,79 €.

Der ausgesuchte Karabiner konnte mit allen Materialien sehr gut ausgedruckt werden, jedoch löste sich das ABS Material immer wieder, auch nach Optimierung der Drucktemperatur und der Temperatur des Heizbettes von der Heizplatte. Daher konnte der ABS-Test nicht bei allen Bestandteilen durchgeführt werden.

In der Reparatur AG werden wir mit dem Standard-PLA verschiedenste Gegenstände herstellen und diese in den Schulalltag integrieren können.