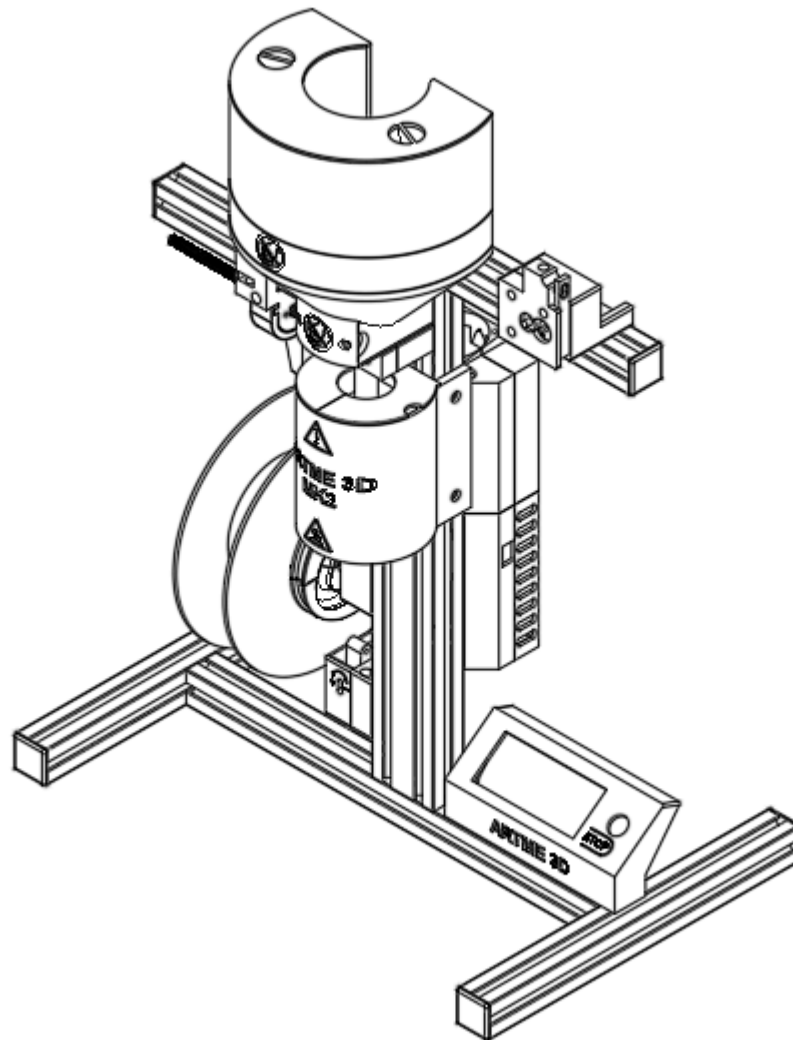


# Bedienungsanleitung

## Original Desktop Filament Extruder MK2 by ARTIME 3D

Version 17.03.2024



Bitte lesen Sie diese Bedienungsanleitung aufmerksam und sorgfältig durch, um einen sicheren und ordnungsgemäßen Betrieb zu gewährleisten.

Lieber Kunde,

Vielen Dank, dass Sie den Bausatz für meinen Original Desktop Filament Extruder MK2 gekauft haben! Ihr Kauf unterstützt mich bei der Weiterentwicklung dieser Art von Projekten und der Qualitätssicherung der Bauteile.

Bei Fragen und Problemen mit dem Projekt lesen Sie bitte zuerst die FAQ's unter [www.artme-3d.de/produkte](http://www.artme-3d.de/produkte) oder senden Sie eine E-Mail an [kontakt@artme-3d.de](mailto:kontakt@artme-3d.de). Versuchen Sie, Ihr Problem so ausführlich wie möglich zu beschreiben.

Viel Freude beim Aufbau und Betrieb des Extruders wünscht,

David Pfeifer von ARTME 3D

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 01-Nutzungslizenzen des Original Desktop Filament Extruder MK2 by ARTME 3D..... | 4  |
| 01.1 Lizenz für Aufbauanleitungen und 3D-Druck-Dateien.....                     | 4  |
| 01.2 Lizenz für CAD Dateien und technische Zeichnungen.....                     | 4  |
| 01.3 Lizenz für Firmware.....                                                   | 5  |
| 02-Wichtige Hinweise für den Benutzer des Extruders.....                        | 6  |
| 02.1 Haftungsausschluss.....                                                    | 6  |
| 02.2 Sicherheitshinweise.....                                                   | 7  |
| 02.3 Bestimmungsgemäße Verwendung.....                                          | 8  |
| 03-Technische Daten.....                                                        | 8  |
| 03.1 Daten des Bausatzes.....                                                   | 8  |
| 03.2 Maße und Zeichnung.....                                                    | 9  |
| 04-Überblick Bedienungselemente.....                                            | 10 |
| 04.1 Einschalten, Ausschalten.....                                              | 10 |
| 04.2 Anzeige -und Bedienelemente.....                                           | 10 |
| 04.3 Menüstruktur.....                                                          | 11 |
| 05-Gerät einstellen und kalibrieren.....                                        | 13 |
| 05.1 Sensor kalibrieren.....                                                    | 13 |
| 05.2 Zieheinheit kalibrieren.....                                               | 15 |
| 05.3 Spule vorbereiten und einstellen.....                                      | 16 |
| 05.4 Temperaturregelung kalibrieren.....                                        | 17 |
| 06-Granulat Voraussetzungen.....                                                | 18 |
| 06.1 Trocknung.....                                                             | 18 |
| 06.2 Sortenreinheit und Farbtrennung.....                                       | 19 |
| 06.3 Korngröße und Rieselfähigkeit.....                                         | 19 |
| 06.4 Sauberkeit und Lagerung.....                                               | 21 |
| 06.5 Erfahrungswerte und Einstellungen.....                                     | 21 |
| 06.6 Filament einfärben.....                                                    | 23 |
| 07-Extruder starten.....                                                        | 25 |
| 07.1 Aufheizen.....                                                             | 25 |
| 07.2 Trichter befüllen.....                                                     | 25 |
| 07.3 Extruder starten.....                                                      | 26 |
| 08-Filament-Produktion vorbereiten.....                                         | 28 |
| 08.1 Drehzahlen und Lüfterstellung vorbereiten.....                             | 28 |
| 08.2 Filament Produktion vorbereiten.....                                       | 29 |
| 09-Filament Durchmesser kalibrieren.....                                        | 34 |
| 09.1 Filament-Durchmesser messen.....                                           | 34 |
| 09.2 Verwendbares Filament definieren.....                                      | 34 |
| 09.3 Filament-Durchmesser kalibrieren.....                                      | 35 |
| 10-Filament aufspulen.....                                                      | 37 |
| 11-Ausschalten / Wiedereinschalten / Materialwechsel.....                       | 41 |
| 11.1 Ausschalten.....                                                           | 41 |
| 11.2 Wiedereinbetriebnahme.....                                                 | 41 |
| 11.3 Trichter leeren.....                                                       | 41 |
| 11.4 Materialwechsel.....                                                       | 42 |
| 12-Extruderschnecke ausbauen und reinigen.....                                  | 42 |
| 13-Schmelzefilter reinigen / erneuern.....                                      | 47 |
| 13.1 Schmelzefilter reinigen.....                                               | 47 |
| 13.2 Schmelzefilter erneuern.....                                               | 50 |
| 14-Düse und Gewinde reinigen.....                                               | 52 |
| 14.1 Düse reinigen.....                                                         | 52 |
| 14.2 Gewinde im Rohr reinigen.....                                              | 53 |
| 15-Entsorgung des Gerätes.....                                                  | 55 |
| 16-Problemlösungen.....                                                         | 55 |
| 16.1 Blockierung der Extruderschnecke.....                                      | 55 |
| 16.2. Extrusion nicht gleichmäßig oder keine Extrusion.....                     | 57 |
| 16.3. Sehr häufige Verstopfung des Schmelzefilters.....                         | 57 |
| 16.4. Display Probleme.....                                                     | 58 |

# 01-Nutzungslizenzen des Original Desktop Filament Extruder MK2 by ARTME 3D

---

## 01.1 Aufbauanleitungen und 3D-Druck-Dateien:

Unter einer **CC BY-SA-Lizenz** sind alle Teile der Dokumentation veröffentlicht, welche Sie in folgender Weise befähigen:

- Aufbau des von mir entwickelten Extruders.
- Bedienen des von mir entwickelten Extruders.
- Nutzen, verändern und weitergeben dieser Inhalte

**Diese Nutzung erfolgt unter den folgenden Bedingungen:**

- Nennen Sie meinen Namen: David Pfeifer von ARTME 3D
- Verlinken Sie mein Projekt: [www.artme-3d.de](http://www.artme-3d.de)
- Geben Sie an, was geändert wurde
- Veröffentlichen Sie unter der gleichen Lizenz

Weitere Details zur Lizenz finden Sie unter <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

## 01.2 CAD Dateien und technische Zeichnungen:

Unter einer **Urheberrechts-Lizenz** sind alle Teile der Dokumentation veröffentlicht, welche Sie in folgender Weise befähigen:

- Nachbauen und vertreiben der von mir entwickelten Extruder-Teile.

**Diese Nutzung erfolgt unter den folgenden Bedingungen:**

- Sie müssen die CAD Daten und technische Zeichnungen bei mir kaufen. Mit dem Kauf der Daten gehen Sie mit mir einen Lizenzvertrag ein. **Der Lizenzvertrag sieht vor, dass Sie diese CAD Daten und technischen Zeichnungen nicht weiterverbreiten und nicht weiterverkaufen.** Aber Sie können die CAD Daten und technische Zeichnungen für die oben genannten Befähigungen nutzen (Nachbauen, vervielfältigen, verkaufen der erzeugten Hardware).

Weitere Details dieser digitalen Lizenz finden Sie unter <https://www.artme-3d.de/digitaler-lizenzvertrag/>



## 01.3 Firmware:

Unter einer **GPL-Lizenz** ist die Firmware veröffentlicht, welche Sie in folgender Weise befähigen:

- Verwenden der Firmware.
- Verändern der Firmware.
- Weitergeben der Firmware.

**Diese Nutzung erfolgt unter den folgenden Bedingungen:**

- Verwenden Sie diesen Code nicht in Produkten (Extruder, 3D-Drucker, CNC usw.), die Closed Source sind oder durch ein Patent geschützt sind.
- Nennen Sie meinen Namen: David Pfeifer von ARTME 3D.
- Verlinken Sie mein Projekt: [www.artme-3d.de](http://www.artme-3d.de)
- Geben Sie an, was geändert wurde
- Veröffentlichen Sie unter der gleichen Lizenz (Möglich über Github)

Weitere Details zur Lizenz finden Sie unter <https://gnu.org/licenses/gpl.html>

# 02-Wichtige Hinweise für den Benutzer des Extruders

---



**Bitte lesen Sie diese Bedienungsanleitung aufmerksam und sorgfältig durch, um einen sicheren und ordnungsgemäßen Betrieb zu gewährleisten.**

## 02.1 Haftungsausschluss

Das Nichtbeachten der Sicherheitshinweise, der Dokumentation und der Bedienungsanleitung kann zu Verletzungen der Nutzer, minderwertigen Ergebnissen oder Schäden an Bauteilen führen. Stellen Sie immer sicher, dass jeder, der den Extruder bedient, den Inhalt dieser Bedienungsanleitung kennt und versteht. Stellen Sie immer sicher, dass Sie die aktuellste Version der Firmware auf Ihrem Extruder installiert haben. Wir können nicht kontrollieren, unter welchen Bedingungen Sie den Original Desktop Filament Extruder Mk2 zusammenbauen und betreiben. Aus diesem und anderen Gründen übernehmen wir keine Verantwortung und lehnen ausdrücklich jegliche Haftung für Verluste, Verletzungen, Schäden oder Ausgaben ab, die sich aus der Montage, Handhabung, Lagerung, Verwendung oder Entsorgung des Produkts ergeben. Die Informationen in dieser Dokumentation werden ohne jegliche ausdrückliche oder stillschweigende Garantie bezüglich ihrer Richtigkeit zur Verfügung gestellt.

Sie erwerben eine Zusammenstellung an Hardware, um Ihre eigene Version des Extruders herzustellen. Es ist keine Pflicht das Gerät nach meinen Vorgaben aufzubauen, Sie können die Bauteile kombinieren, wie sie möchten. Ihr Handeln ist notwendig, um das System so sicher wie möglich zu betreiben. Lesen Sie daher bitte unbedingt die folgenden Sicherheitshinweise komplett durch.

## 02.2 Sicherheitshinweise



1. Seien Sie bitte sehr vorsichtig bei jeder Interaktion mit dem Extruder. Bei diesem Extruder handelt es sich um ein elektrisches Gerät mit beweglichen Teilen und Hochtemperaturbereichen.
2. Vorsicht: rotierende Teile und selbst anlaufende Bewegungen! Greifen Sie nicht in das Innere des Extruders, während er in Betrieb ist. Eine Verletzung kann durch die drehenden Teile verursacht werden. Finger können gequetscht werden. Lose Teile, Kleidung, lange Haare, Schmuck oder andere Gegenstände können von sich drehenden Teilen eingezogen werden.
3. Berühren Sie nicht das Heizelement und nicht das beheizte Rohr, wenn der Extruder in Betrieb ist oder sich aufwärmt. Beachten Sie, dass die Temperatur der Düse und der Heizelemente bis zu 300 °C (572 °F) betragen kann. Temperaturen über 40 °C (104 °F) können den menschlichen Körper schädigen.
4. Wenn es während des Betriebs des Extruders zu gefährlichen Situationen kommt, können Sie durch Drücken des STOP Tasters am Display alle gefährlichen Vorgänge sofort ausschalten.
5. Verhindern Sie, dass Kinder unbeaufsichtigt auf den Extruder zugreifen können, auch wenn das Gerät nicht in Betrieb ist.
6. Schalten Sie die Heizung des Extruders immer sofort ab, wenn Sie kein Material extrudieren.
7. Lassen Sie den Extruder niemals unbeaufsichtigt, solange er eingeschaltet und aufgeheizt ist.
8. Während der Extrusion wird Kunststoff geschmolzen, was zu Bildung von Geruch und Dämpfen führt. Das Einatmen dieser Dämpfe ist gesundheitsschädlich. Stellen Sie den Extruder immer an einem gut belüfteten Ort auf.
9. Bevor Sie einen Kunststoff verarbeiten, informieren Sie sich immer über die Eigenschaften und Verarbeitungstemperaturen. Überprüfen Sie das Sicherheitsdatenblatt. Bei Fragen wenden Sie sich an den Hersteller des Materials.
10. Einige Kunststoffe können sich bei zeitlich langer Erhitzung oder auch bei Überhitzung thermisch zersetzen, was zu potenziell giftigen Dämpfen führt.
11. Verwenden Sie ihn nicht in Wohn -oder Schlafräumen.
12. Tragen Sie geeignete Atemschutzmasken.
13. Es wird empfohlen, einen Kohlenmonoxid Melder zu installieren.
14. Benutzen Sie Überwachungssysteme für Branderkennung.
15. Stellen Sie den Extruder immer an einem stabilen Ort auf, wo er nicht herunterfallen oder umkippen kann. Achten Sie auf einen festen Stand.
16. Das Gerät ist nur für den Innenbereich bestimmt.
17. Setzen Sie den Extruder nicht Regen oder Schnee aus.
18. Halten Sie den Extruder immer in einer trockenen Umgebung in einem Mindestabstand von 30 cm zu anderen Gegenständen.
19. Schützen Sie den Extruder vor direkter Sonneneinstrahlung.
20. Die Stromversorgung des Extruders erfolgt über 24VDC Schutzkleinspannung bei maximal 6A Eingangsstrom. Ein externes Netzteil für den Betrieb an Netzspannung ist nicht im Lieferumfang enthalten. Verwenden Sie dafür sichere Tischnetzteile in geschlossener Bauweise. Schließen Sie das Gerät niemals an eine Stromquelle mit anderen Strom- oder Spannungswerten an, da dies zu Fehlfunktionen oder Beschädigungen des Extruders führen kann.
21. Verlegen Sie die Anschlussleitung zur Stromquelle so, dass Sie nicht darüber stolpern, darauf

treten oder anderweitig Schaden nehmen können. Vergewissern Sie sich, dass das Netzkabel nicht mechanisch oder anderweitig beschädigt ist. Verwenden Sie keine beschädigten Kabel und tauschen Sie diese aus.

## 02.3 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Gerät ist ausschließlich für das Extrudieren von thermoplastischen Kunststoffen mit einer Verarbeitungstemperatur unter 260°C geeignet. Jede andere Verwendung ist nicht bestimmungsgemäß.

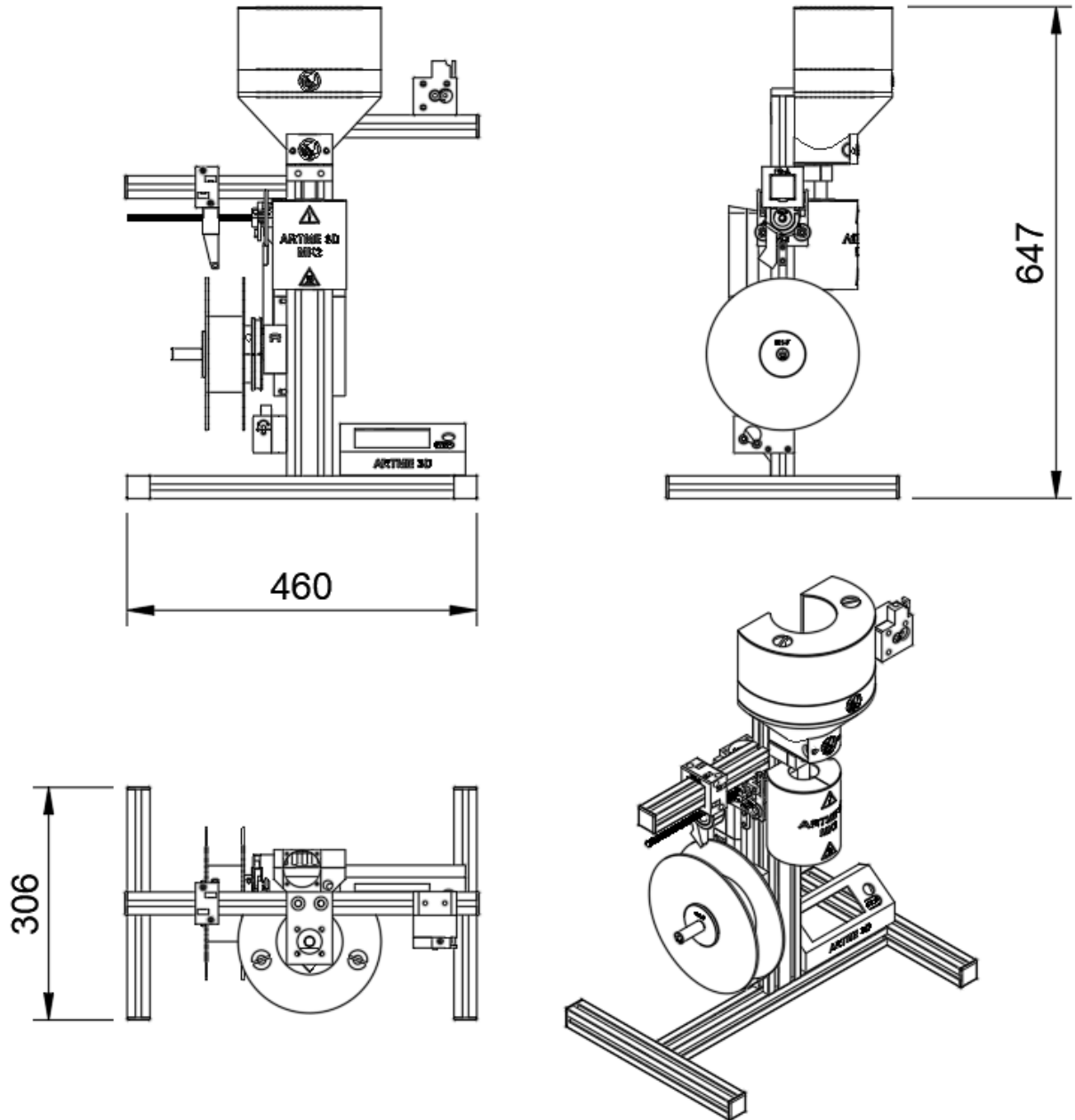
# 03-Technische Daten

---

## 03.1 Daten des Bausatzes

- Name: Original Desktop Filament Extruder MK2 by ARTME 3D (Bausatz)
- Filament: 1,75 mm
- Maße: 460mm breit, 647mm hoch, 306mm tief
- Hersteller: Artme GmbH, Wormser Straße 44, 67346 Speyer, Deutschland
- Geräteverwendung: nur im Innenbereich
- Stromversorgung: 24V DC bei maximal 144W Eingangsleistung
- Arbeitstemperaturbereich: 18 °C bis 29 °C
- Luftfeuchtigkeit: maximal 70 %
- Gewicht des Bausatzes (brutto / netto): 8,4 kg / 6,9 kg
- Die Seriennummer des Bausatzes befindet sich auf dem Extruder-Rahmen (Aluminiumprofil)
- Maximale Temperatur: 260°C
- Maximale Drehzahl: 25 U/min bei 7NM
- Extruderschnecke: ø12mm, 3 Zonen. Kompressionsverhältnis ca. 3:1 oder 2:1 L/D ratio: 10:1.
- Maximale Spulengröße: 2kg Spulen mit einem Durchmesser von 300mm und einer Breite von 100mm.
- Genauigkeit des Filament-Durchmessers: +/- 0.05mm bei der Verwendung von Granulat/Pellets. +/- 0.07mm bei der Verwendung von geschreddertem 3D Druckabfall.
- Maximale Extrusionsleistung ohne Filamentkalibrierung, ohne Schmelzefilter und mit 3mm Düse:: 400 Gramm pro Stunde (getestet mit PLA, 210°C, 25RPM)
- Normale Extrusionsleistung mit Filamentkalibrierung, schmelzefilter und 1.7mm Düse: 150 bis 300 Gramm pro Stunde (0,15 bis 0,35 kg/h), je nach Material. (Durch das Filtern, Kühlen, Kalibrieren und Aufwickeln wird die maximale Extrusionsleistung etwas kleiner).
- Maximale Systemgeschwindigkeit (Filament maßhaltig produzieren und aufwickeln): 0,7m bis 1,6m pro Minute. Erfahrungsgemäß dauert es im Durchschnitt ca. 4 bis 7 Stunden um ca.1kg Filament mit 1,75mm Durchmesser zu produzieren.
- Getestete Materialien: PLA, ABS, PETG, TPE, PP

## 03.2 Maße und Zeichnung



# 04-Überblick Bedienungselemente

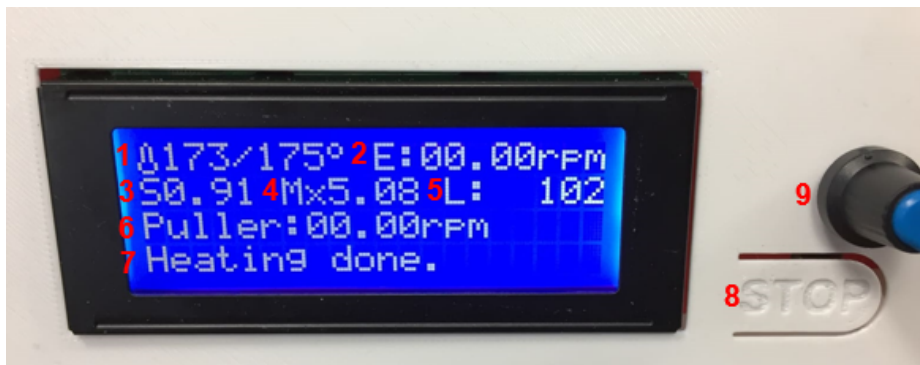
---

## 04.1 Einschalten, Ausschalten

Der Extruder wird durch Anschluss der Versorgungsspannung von 24Vdc angeschaltet. Es empfiehlt sich, ein sicheres Tischnetzteil (24Vdc, 144W) in geschlossener Bauform zu verwenden (nicht im Lieferumfang enthalten). Der Extruder wird durch das Entfernen der Versorgungsspannung ausgeschaltet. Stellen Sie die Spannungsfreiheit nach dem Ausschalten sicher.

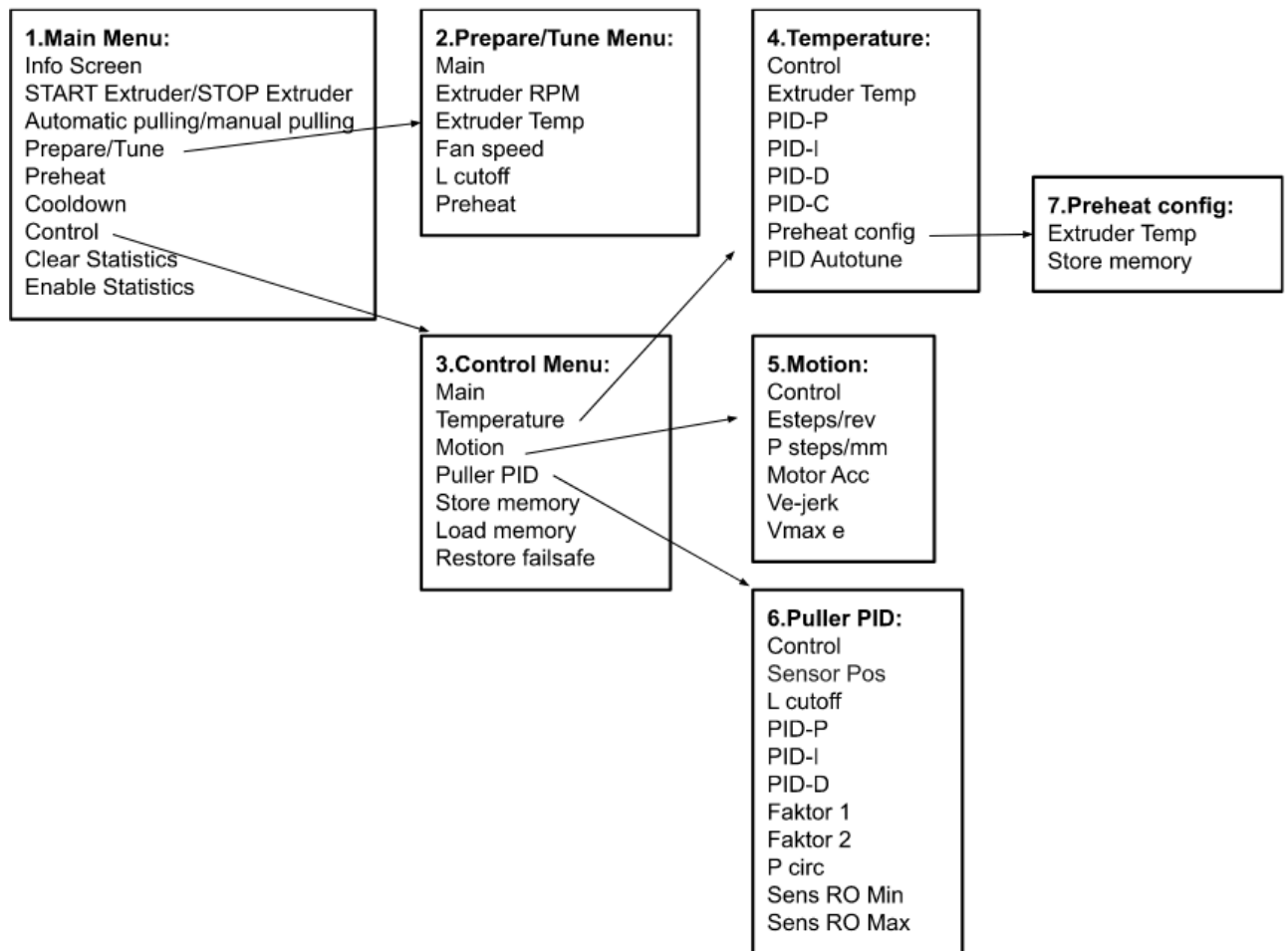
## 04.2 Anzeige -und Bedienelemente

Nachdem der Extruder angeschaltet wurde, sehen Sie die **Informations-Ansicht** (Info Screen). Diese Zeigt folgende Daten an:



- 1: Temperatur: Ist Temperatur / Soll Temperatur in Grad Celsius
- 2: E: Drehzahl des Extruder-Motors in Umdrehungen pro Minute (rpm) (Nur sichtbar, wenn Extruder aufgeheizt und Extruder-Motor gestartet, sonst COLD rpm)
- 3: S: Messwert des Sensors
- 4: Av: Durchschnitt, Mx: Maximalwert, Mn: Minimalwert, des Sensor-Messwertes
- 5: L: Filamentlänge in Meter
- 6: Puller: Drehzahl des Motors der Zieheinheit in Umdrehungen pro Minute (rpm)
- 7: Infozeile.
- 8: STOP: Beim Drücken dieser Taste, schaltet der Extruder alle Motoren und Heizungen ab.
- 9: Drehknopf: Der Drehknopf neben dem Display lässt sich drücken und nach links und rechts drehen. Um in das Hauptmenü zu kommen, drücken Sie auf den Drehknopf. Um in dem Hauptmenü nach unten zu scrollen, drehen Sie den Drehknopf nach rechts. Um nach oben zu scrollen, drehen Sie ihn nach links. Um eine Auswahl zu treffen, wird der Drehknopf in der entsprechenden Position gedrückt. Im Hauptmenü finden Sie einige Direkt-Funktionen aber auch weiterführende Untermenüs mit folgendem Inhalt:

## 04.3 Menüstruktur



### 1. Hauptmenü:

Info Screen: Zurück zur Informations-Ansicht

START Extruder/STOP Extruder (Startet den Extruder-Motor, Achtung die Extrudertemperatur muss über 90°C liegen, sonst lässt er sich nicht anschalten.)

Automatic pulling / Manually pulling (Startet oder stoppt die Regelung der automatischen

Prepare/Tune (Untermenü zur Voreinstellung der wichtigsten Parameter, Prepare ist sichtbar, wenn Extrudermotor aus, Tune ist sichtbar, wenn Extruder Motor an)

Preheat (Vorheizen auf 180°C)

Cooldown (Heizung ausschalten)

Control (Untermenü zur Einstellung von Regelungen, siehe weiter unten)

Clear Statistics (Setzt den Zählerstand der Filamentlänge und den Min/Max-Sensor-Messwert auf null)

Enable Statistics/ Pause Statistics (Hält Zählerstand der Filamentlänge und den Min/Max-Sensor-Messwert an, dann "Enable Statistics" um wieder fort zu fahren)

### 2. Prepare/Tune Menü

Main (Zurück zum Hauptmenü)

Extruder RPM (Einstellung der Extruderdrehzahl in Umdrehungen pro Minute)

Extruder Temp (Einstellung der Extrudertemperatur in °C und aufheizen)

Fan speed (Drehzahl des Filamentlüfters von 0 bis 45 %)

L cutoff (Einstellung der Filamentlänge, bei der abgeschaltet werden soll, hier angegeben in Millimeter)

Preheat (Vorheizen auf 180°C)

### **3. Control Untermenü:**

Main (Zurück zum Hauptmenü)

Temperature (Untermenü zur Einstellung der Extrudertemperatur, siehe weiter unten)

Motion (Untermenü zur Regelung der Motoreinstellungen)

Puller PID (Untermenü zur Einstellung der automatischen Aufwicklung)

Store memory (Speichert die aktuellen Drehzahlwerte und Einstellungswerte)

Load memory (Lädt die zuletzt gespeicherten Drehzahlwerte und Einstellungswerte)

Restore failsafe (Lädt die ursprünglichen Voreinstellungen der Firmware)

### **4. Temperature:**

Control (Zurück zum Control Menü)

Extruder Temp (Einstellung der Extrudertemperatur in °C und aufheizen)

PID-P (Einstellwert P des Regelverhaltens der PID Temperaturregelung)

PID-I (Einstellwert I des Regelverhaltens der PID Temperaturregelung)

PID-D (Einstellwert D des Regelverhaltens der PID Temperaturregelung)

PID-C (Einstellwert C des Regelverhaltens der PID Temperaturregelung)

Preheat config (Untermenü zur Einstellung der Vorheiztemperatur)

PID Autotune (Startet mehrere Aufheizphasen, um die PID Werte für die Heizung zu ermitteln, siehe Kapitel 5.4)

### **5. Motion:**

Control (Zurück zum Control Menü)

Esteps/rev (Anzahl der Schritte pro Umdrehung des Extrudermotors)

P steps/mm (Anzahl der Schritte pro Umdrehung des Zugmotors, siehe Kapitel 5.2)

Motor Acc (Beschleunigungswert)

Ve-jerk (Jerk Einstellung)

Vmax e: (V Einstellung)

### **6. Puller PID:**

Control (Zurück zum Control Menü)

Sensor Pos (Faktor für die Höhe der angestrebten Sensor-Arm-Position)

L cutoff (Einstellung der Filamentlänge, bei der abgeschaltet werden soll, hier angegeben in Millimeter)

PID-P (Einstellwert P des Regelverhaltens der Aufwicklung)

PID-I (Einstellwert I des Regelverhaltens der Aufwicklung)

PID-D (Einstellwert D des Regelverhaltens der Aufwicklung)

Faktor 1 (Faktor für die Sensorwertanzeige. Bei der Verwendung eines Hall-Sensors zur Durchmessererfassung des Filamentes.)

Faktor 2 (Faktor für die Sensorwertanzeige. Bei der Verwendung eines Hall-Sensors zur



Durchmessererfassung des Filamentes.)

P circ (Umfang in mm des Puller-Rades am Puller-Motor, siehe Kapitel 5.2)

Sens RO Min (Sensor Runout min, siehe Kapitel 5.1)

Sens RO Max (Sensor Runout max, siehe Kapitel 5.1)

## 7. Preheat config:

Extruder Temp (Zieltemperatur einstellen, auf die durch die Funktion "Preheat" aufgeheizt wird.

Store memory (Speichert die Temperatureinstellung)

# 05-Gerät einstellen und kalibrieren

---

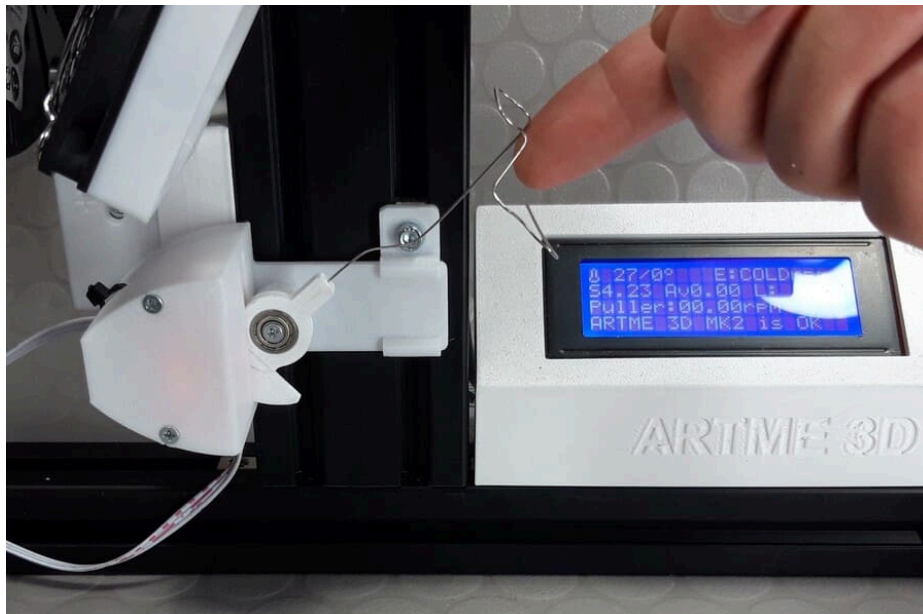
## 05.1 Sensor kalibrieren

Der Sensor des Extruders ist dafür verantwortlich, dass die Zug-Geschwindigkeit des Filamentes automatisch geregelt werden kann, sodass die Zugkraft am Filament immer gleich bleibt. Der Sensor besteht aus einer optischen Lichtschranke (Optischer Endschalter) und einem 3D-gedruckten Sensor-Arm mit einer Blende. Diese Blende muss in weißer (denkender) Farbe gedruckt sein. Diese Blende wird von der Lichtschranke durchleuchtet. Um der Steuerung die korrekte Funktion des Sensors zu ermöglichen, führen Sie unbedingt diese Schritte durch:

1. Auf der Informations-Ansicht des Displays sehen Sie unter "S:" den Sensor-Wert welcher sich bei Bewegung des Sensors verändert. Halten Sie den Sensorarm waagerecht und lesen Sie den Wert ab. Diesen Wert stellen Sie nun unter Hauptmenü – Control – Puller PID – Sensor Pos ein. Speichern Sie die Eingabe unter Hauptmenü – Control – Store memory. Die Steuerung versucht diese Position im Betrieb und bei automatischer Aufwicklung immer zu halten.



2. Halten Sie den Sensor nun in dargestellter Position und lesen wieder den Wert auf dem Display unter „S:“ ab. Diesen Wert stellen Sie nun unter Hauptmenü – Control – Puller PID – Sens RO Min ein. Speichern Sie die Eingabe unter Hauptmenü – Control – Store memory. Wenn im Betrieb diese Position für länger als 30 Sekunden überschritten wird, schaltet der Extruder selbsttätig ab (Sensor Runout). Das soll sicherstellen, dass bei einer Fehlfunktion der Aufwicklung der Extruder unkontrolliert Kunststoff extrudiert und sich damit selbst beschädigt.

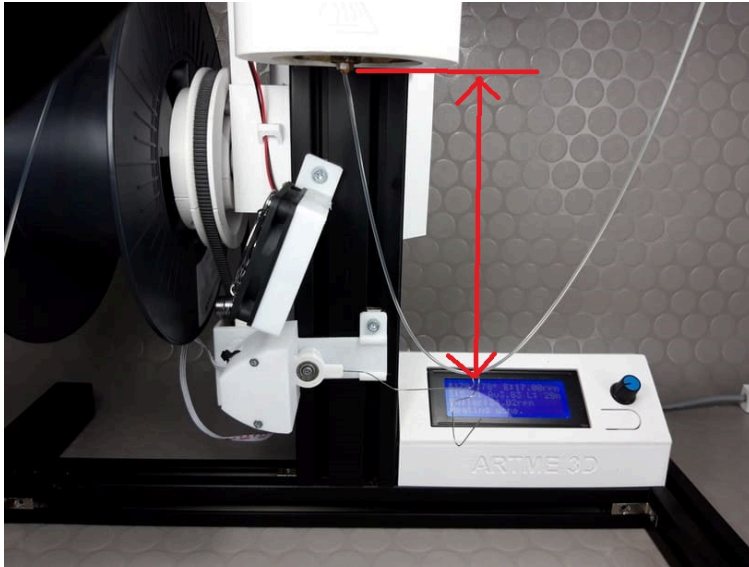


3. Halten Sie den Sensor nun in dargestellter Position und lesen wieder den Wert auf dem Display unter „S:“ ab. Diesen Wert stellen Sie nun unter Hauptmenü – Control – Puller PID – Sens RO Max ein. Speichern Sie die Eingabe unter Hauptmenü – Control – Store memory. Wenn im Betrieb diese Position für länger als 30 Sekunden unterschritten wird, schaltet der Extruder selbsttätig ab (Sensor Runout). Das soll sicherstellen, dass bei einer Fehlfunktion der Aufwicklung der Extruder unkontrolliert Kunststoff extrudiert und sich damit selbst beschädigt.



4. Stellen Sie den Abstand des Sensors zur Extruderdüse ein, indem Sie die kleine Schraube am Sensorhalter lösen, den Sensor nach oben oder unten schieben und wieder befestigen. Der Abstand zur Düse wird an der Stelle gemessen, an der das Filament den Sensor berührt, wenn

dieser waagerecht steht. Der Abstand kann abhängig vom Material zwischen 60 und 120mm betragen.



5. Nun kann der Sensor abgenommen werden, indem er nach links herausgezogen wird. Legen Sie ihn zur Seite. Das hat den Vorteil, dass der Sensor nicht beschädigt wird, wenn beim Anfahren des Extruders heißer, weicher Kunststoff aus der Düse kommt.

6. Achten Sie darauf, dass der Sensor im Betrieb niemals direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt wird. Das würde den Messwert verändern und die Filament-Kalibrierung und Aufwicklung stören. Gerade wenn der Extruder in der Nähe eines Fensters steht und mehrere Stunden läuft, kann es passieren, dass die Sonne nach einiger Zeit auf den Extruder trifft. Das sollte verhindert werden.

## 05.2 Zieheinheit kalibrieren

Das gezahnte Rad (Bauteil SP-16 Extruder Vorschubrad) an der Zieheinheit hat einen Durchmesser von 12mm. Darauf ist die Steuerung abgestimmt, sodass Drehzahlangaben und die Berechnung der Länge des Filaments stimmen. **Nur wenn Sie ein Vorschubrad mit einem anderen Durchmesser als 12mm verwenden, müssen Sie die folgenden Schritte durchführen:**

1. Messen Sie dazu den Durchmesser des Rades mit einem Messschieber.
2. Um einen Wert in die Steuerung eingeben zu können, muss zuerst aus dem gemessenen Durchmesser der Umfang des Rades berechnet werden. Sie können dazu einen Online-Kreisrechner verwenden und dort den Durchmesser eingeben und erhalten den Wert des Umfangs. Oder Sie rechnen es mit folgender Gleichung aus (Das Zeichen \* bedeutet multiplizieren.)

$$U=2*\pi*r$$

Also rechnen Sie  $2 * 3,14 * \text{die Hälfte vom gemessenen Durchmesser}$ .

Ein Beispiel:

Wenn Sie einen Durchmesser von 12mm am Puller Rad messen, rechnen Sie  $2 * 3,14 * 6$ . Das ergibt einen Umfang von 37,7mm.

Geben Sie diesen Wert unter Hauptmenü – Control – Puller PID – P circ ein. Der Wert

muss in Millimetern angegeben werden. Speichern Sie danach die Einstellung (Hauptmenü – Control – Store memory)

3. Nun muss noch die Schrittzahl des Schrittmotors der Zieheinheit angepasst werden. Dazu muss folgende Rechnung beglichen werden:

$\text{steps/rev Schrittmotor} * (\text{Faktor Microstepping} / \text{gemessenen Durchmesser})$

Der Wert „steps/rev Schrittmotor“ ist im Falle dieses des Extruders MK2: 200

Der Wert „Faktor Microstepping“ ist im Falle dieses des Extruders MK2: 2

Der Wert des errechneten Durchmessers anhand des zuvor genannten Beispiels: 37,7

Um das oben genannte Beispiel abzuschließen, rechnen Sie also

$200 * (2 / 37,7)$

Also rechnen Sie zuerst  $2 / 37,7 = 0,05305$ . Speichern Sie den Wert oder schreiben ihn auf.

Dann rechnen Sie  $200 * 0,05305 = 10,61$

Geben Sie den errechneten Wert unter Hauptmenü – Control – Motion – Psteps/mm ein. Speichern Sie danach die Einstellung (Hauptmenü – Control – Store memory)

## 05.3 Spule vorbereiten und einstellen

Der Zahnriemen am Spulenantrieb dient dazu, das Filament auf Spannung zu halten, während es aufgewickelt wird. Er dreht daher im Betrieb, ähnlich einer Rutschkupplung, leicht durch. Sollte die Zugkraft zu klein sein, kann das die Aufwicklung negativ beeinflussen. Ist die Zugkraft zu groß, kann der Spulenmotor blockiert werden. Daher muss die Riemenspannung eingestellt werden:

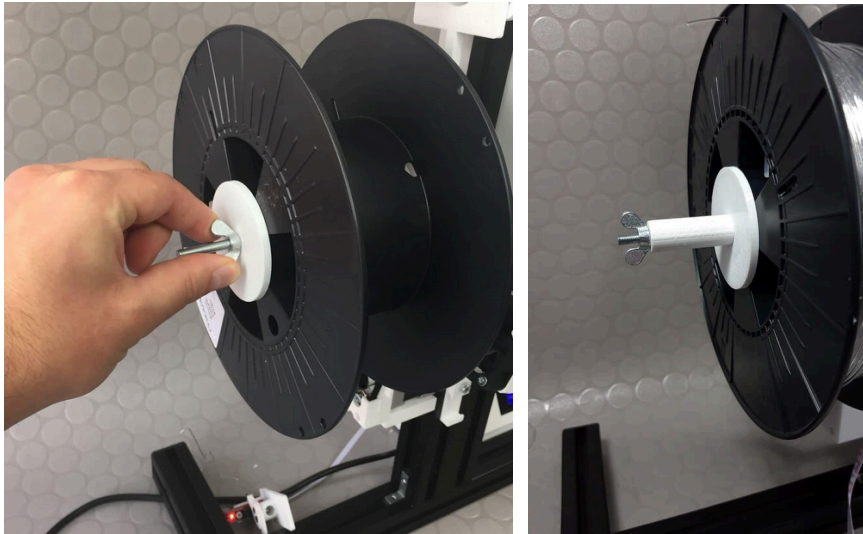
1. Drucken Sie sich den passenden Adapter (3D-Druckteil SD-G bis SH-Q), in Abhängigkeit des Innendurchmessers der Spule. Schieben Sie den Adapter auf den Spulen-Halter. Dann stecken Sie eine leere Filamentspule auf die Spulen-Halter.



2. Stecken Sie die Scheibe auf die Befestigungsschraube und drehen sie die Flügelmutter fest. In Abhängigkeit der Breite Ihrer verwendeten Spule können Sie Druckteil SH-R (Klemmhilfe) auf die Schraube stecken (zweites Bild), dann müssen Sie die Flügelmutter nicht auf das ganze Gewinde drehen. Das spart Zeit. Die Flügelmutter darf ruhig so fest gedreht werden, dass sich die Scheibe



leicht nach innen biegt. Es ist wichtig, dass sich diese Schraube im Betrieb nicht löst.



3. Starten Sie nun den Extruder (im kalten Zustand, unter 90°C). Wählen Sie dazu im Hauptmenü-START Extruder. Nun dreht sich die Spule. Halten Sie die Spule mit der Hand fest und prüfen Sie, wie stark die Zugkraft ungefähr ist. Wenn Sie kaum eine Zugkraft spüren, muss der Riemen gespannt werden. Wenn es recht stark zieht oder der Motor blockiert, muss der Riemen gelockert werden. Dazu gibt es eine Stellschraube am Spulenantrieb. Diese Schraube können Sie mit einem 3mm Innensechskantschlüssel drehen. Drehen Sie die Schraube gegen den Uhrzeigersinn, wird die Riemenspannung erhöht. Drehen Sie die Schraube mit dem Uhrzeigersinn, wird die Riemenspannung niedriger.



Sollte der Einstellbare bereich nicht zum gewünschten Ergebnis führen, muss der ganze Spulenantrieb in der Höhe verschoben werden. Siehe dazu Aufbauanleitung Kapitel 06.

## 05.4 Temperaturregelung kalibrieren

Es ist notwendig, dass die Temperatur im Betrieb sehr gleichmäßig bleibt und nicht schwankt. Schon eine Temperaturveränderung von 1 – 2°C kann Einfluss auf die Qualität der Extrusion haben. Die Kalibrierung ist bereits beim Test der Bauteile vor dem Versand des Bausatzes

durchgeführt worden. Daher sollten Sie diesen Schritt nicht durchführen müssen. Wenn Sie aber trotzdem im Betrieb zu große Schwankungen bei Ihrer Temperaturregelung feststellen, können Sie den Temperaturregler kalibrieren. Führen Sie dazu die Autotune Funktion aus. Diese finden Sie unter Hauptmenü – Control – Temperature – Autotune PID. Starten Sie die Funktion im kalten Zustand. Wenn Sie die Funktion gestartet haben, wird der Prozess einige Minuten dauern. Bedienen Sie das Gerät in dieser Zeit nicht. Wenn der Prozess abgeschlossen ist, beginnt die Steuerung zu piepsen. Durch Drücken des Drehknopfes schalten sie das Signal aus. Nun sind die Werte für die PID Regelung ermittelt und müssen noch gespeichert werden (Hauptmenü – Control – Store memory). Der Extruder kühlt selbsttätig wieder ab.

## 06-Granulat Voraussetzungen

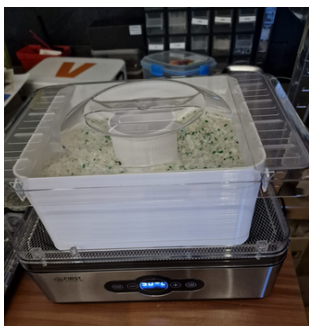
---

Das zu verarbeitende Material muss gut vorbereitet werden. Egal ob Sie pellets oder Mahlgut mit dem Extruder verarbeiten, es gelten strenge Kriterien für eine erfolgreiche Filament-Produktion. Bitte lesen Sie sich dieses Kapitel sehr genau durch. Diese Anforderungen gelten generell für jeden Extruder.

### 06.1 Trocknung

Kunststoffgranulat sollte vor der Verarbeitung getrocknet werden, da viele Kunststoffe Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen, was die Extrusion negativ beeinflusst und Blasen im Filament verursacht. Wenn Sie keinen Zugang zu einem Trockenschrank oder Granulattrockner haben, kann dies auch mit einem handelsüblichen Dörrautomat bewerkstelligt werden. Hier finden Sie Erfahrungswerte für Temperatur und Trocknungsdauer in Abhängigkeit des Materials: (Quelle: 3d-druck-comminuty.de) Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Trocknungsdauer in Öfen ein paar Stunden länger sein kann als hier angegeben.

| Material | Temperatur | Dauer |
|----------|------------|-------|
| PLA      | 45°C       | >4h   |
| ABS      | 60°C       | >4h   |
| PETG     | 65°C       | >4h   |
| ASA      | 60°C       | >4h   |
| TPU      | 50°C       | >4h   |



## 06.2 Sortenreinheit und Farbtrennung

Halten Sie Kunststoffe sortenrein. Vermischen Sie niemals verschiedene Kunststoffsorten. Es empfiehlt es sich auch, die Materialien nach Hersteller zu trennen. Selbst wenn Sie eine Sorte wie PLA verarbeiten, können die Eigenschaften von anderen Herstellern unterschiedlich sein. Auch die Trennung nach Farbe ist sinnvoll, da Sie dann eine neue Farbe erzeugen können, wenn Sie gezielt zwei oder mehr Farben vermischen. Wenn Sie zu viele Farben mischen, erhalten Sie ein braunes oder graues Filament.



## 06.3 Korngröße und Rieselfähigkeit

### 06.3.1 Bei gebrauchsfertigem (industriellem) Granulat/Pellets:



Jedes Korn darf an der längsten Seite maximal 5mm lang sein. Alle anderen Seiten müssen kleiner als 4mm sein. Pellets müssen durchgeseiht werden, bevor diese in den Trichter gefüllt werden. [Hier](#) ist eine Beispiel-Lösung, wie man sich ein passendes Sieb selbst 3D-drucken kann. In diesem [Video](#) ist es erklärt, ab Minute 9:00. Das Sieb sollte eine Maschenweite von 5mm

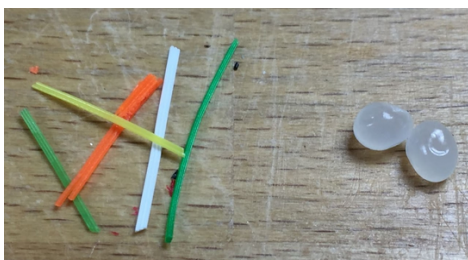
haben. Der Grund dafür ist, dass Fertigungsbedingt manchmal wenige größere Granulatkörner vorhanden sein können, die dann die Einzugszone der Extruderschnecke blockieren:



### 06.3.2 Bei selbst hergestelltem Granulat (Mahlgut/geschredderter 3d Druckabfall):



Jedes Korn sollte an allen Seiten nicht länger als 4,5mm sein. Dies kann sichergestellt werden, indem das Material vor dem Gebrauch gesiebt wird. Das Sieb sollte eine Maschenweite von 4 bis 4,5mm haben. [Hier](#) ist eine Beispiel-Lösung, wie man sich ein passendes Sieb selbst 3D-drucken kann. In diesem [Video](#) ist es erklärt, ab Minute 9:00. Selbst hergestellte Granulate müssen gut homogen vermischt werden. Ein weiteres Kriterium von selbst hergestellten Granulaten ist die Rieselfähigkeit. Gegenüber fabrikneuem Granulat rieselt selbst hergestelltes Granulat aus Kunststoffabfall meist wesentlich schlechter. Ebenso neigt es zu Brückenbildung. Das bedeutet, dass sich Hohlräume im Granulat bilden, da es sich an engstellen im Trichter verkeilt und daher ggf. kein Material bis zur Extruderschnecke gelangt, obwohl der Trichter augenscheinlich voll ist. Das Design des Extruders soll dies verhindern. Zum einen ist die Form des Trichters darauf ausgelegt und zum anderen ist an der Kupplung zwischen Extruderschnecke und Antriebsmotor eine Art Rührwerk angebracht. Dies beugt Brückenbildung im Einzugsbereich vor. Bei der Sammlung von 3D Druckabfall sollte man folgendes beachten: Dünne Streifen, welche sich durch einen "Brim" oder skirt auf dem Druckbett ergeben, lassen sich nur schwer zerkleinern und können den Materialfluss in der Einzugszone des Extruders behindern. Daher solche Teile bitte aussortieren oder weiter zerkleinern:





## 06.4 Sauberkeit und Lagerung

Schützen Sie jede Art von Granulat vor Staub und Verunreinigungen. Benutzen Sie Behälter mit Deckel. Der Schmelzefilter in der Düse des Extruders stellt lediglich sicher, dass das Filament auf 3D Druckern mit 0,4mm Düse verarbeitet werden kann. Der Filter ist nicht dazu geeignet, große Mengen von verunreinigtem Material zu filtern. Viele weitere Arten von Verunreinigungen kann der Filter nicht aufhalten oder lassen den Filter frühzeitig verstopfen.

Lagern Sie alle Formen von Kunststoff-Granulat in Behältern mit Deckel. Idealerweise sollte der Behälter weitestgehend luftdicht sein. Legen Sie einen großen Beutel mit Silika Gel mit in den Behälter, so bleibt das Material trocken. Lagern Sie auch 3D Druckabfall, den Sie für eine spätere Verarbeitung sammeln auf diese Weise.



## 06.5 Erfahrungswerte und Einstellungen

Hier ein paar Beispiel-Einstellungen für verschiedene getestete Materialien. Zum Starten des Extruders können Sie diese Werte verwenden. In Abhängigkeit Ihres verwendeten Materials können andere Werte nötig sein. Wenn ich von PLA oder PETG spreche, kann es trotzdem sein, dass Ihr verwendetes Material sich anders verhält. Ein Beispiel: Bei ebay wird PLA Granulat für 3D Druckanwendungen verkauft, ich habe das Datenblatt des Materials angefordert. Im Datenblatt ist das PLA für Verpackungsanwendungen ausgewiesen. Also ist PLA nicht gleich PLA. Wenn Sie einmal die passenden Einstellungen zu Ihrem Material gefunden haben, geht das Starten des Extruders sehr schnell von der Hand. Zum kalibrieren des Filament-Durchmessers, folgen Sie den nächsten Kapiteln der Bedienungsanleitung (Kapitel 07,08 und 09). Diese Werte nehmen Sie als Ausgangswert:

### 06.5.1 PLA:

**PLA Pellets** (für 3D Druckanwendungen):

Extruderschnecke: hohe oder niedrige Kompression

Temperatur: 175 – 185 °C

Extruder-RPM: 11-19 (hängt von der Größe, Form und Marke Ihrer Pellets ab)

Puller RPM: 24-28

Abstand Sensor – Düse: 120mm

Abstand Lüfter – Düse: 50mm

Lüfter Leistung: 10-20

Düsen-Größe: 1,7mm

Bemerkung: Lüfter zum Sensor geneigt

**PLA Pellets** (für Verpackungsanwendungen):

Extruderschnecke: niedrige Kompression

Temperatur: 185 – 200 °C

Extruder-RPM: 10-14 (hängt von der Größe, Form und Marke Ihrer Pellets ab)

Puller RPM: 24-28

Abstand Sensor – Düse: 100mm

Abstand Lüfter – Düse: 40mm

Lüfter Leistung: 10-20

Düsen-Größe: 1,7 -1,8mm

Bemerkung: Lüfter zum Sensor geneigt

**PLA Mahlgut** (geschredderter 3D-Druck-Abfall):

Extruderschnecke: hohe Kompression

Temperatur: 170 – 185 °C

Extruder-RPM: 14-20 (hängt von der Größe, Form und Marke Ihres Mahlguts ab)

Puller RPM: 20-28

Abstand Sensor – Düse: 120mm

Abstand Lüfter – Düse: 50mm

Lüfter Leistung: 10-20

Düsen-Größe: 1,7 mm

Bemerkung: Lüfter zum Sensor geneigt, Trichter gefüllt halten

**06.5.2 PETG:****PETG Pellets** (ohne Masterbatch):

Extruderschnecke: niedrige Kompression

Temperatur: 215 – 220 °C

Extruder-RPM: 7-8 (hängt von der Größe, Form und Marke Ihrer Pellets ab)

Puller RPM: 23-26

Abstand Sensor – Düse: 100mm

Abstand Lüfter – Düse: 60mm

Lüfter Leistung: 10-30

Düsen-Größe: 1,7 mm

Bemerkung: Lüfter zum Sensor geneigt. Kein Schmelzefilter. PETG muss sehr gut getrocknet sein.

PETG ohne Zusätze wie Masterbatch benötigt viel Motorleistung, da es sehr zäh und hochviskos

ist. Daher muss die Drehzahl niedrig gehalten werden. Es kann zu Schlupfverlust des

Extrudermotors kommen. In diesem Fall können Sie den Motorstrom des Schrittmotortreibers

erhöhen oder die PETG Pellets mit Farb-Masterbatch einfärben. Das verringert die Reibung im

System und entlastet den Motor. Wie das einfärben mit Masterbatch funktioniert, finden Sie [hier](#).

**PETG Pellets** (mit 3.5% Mikro-Masterbatch):

Extruderschnecke: niedrige Kompression

Temperatur: 205 – 210 °C

Extruder-RPM: 17

Puller RPM: 24-27

Abstand Sensor – Düse: 170mm

Abstand Lüfter – Düse: 100mm

Lüfter Leistung: 10-13

Düsen-Größe: 1,7 mm

**PETG Mahlgut** (geschredderter 3D-Druck-Abfall):

Extruderschnecke: hohe Kompression

Temperatur: 195 – 230 °C  
Extruder-RPM: 7-20 (hängt von der Größe, Form und Marke Ihres Mahlguts ab)  
Puller RPM: 24-28  
Abstand Sensor – Düse: 100mm  
Abstand Lüfter – Düse: 20mm  
Lüfter Leistung: 10-30  
Düsen-Größe: 1,7 mm  
Bemerkung: Lüfter zum Sensor geneigt

### **06.5.3 ABS:**

#### **ABS Pellets:**

Extruderschnecke: hohe oder niedrige Kompression  
Temperatur: 195 – 205 °C  
Extruder-RPM: 13-20 (hängt von der Größe, Form und Marke Ihrer Pellets ab)  
Puller RPM: 25-35  
Abstand Sensor – Düse: 120mm  
Abstand Lüfter – Düse: 50mm  
Lüfter Leistung: 10-20  
Düsen-Größe: 1,5 mm  
Bemerkung: Lüfter zum Sensor geneigt, Filament neigt zum Verwinden vor der Zugeinheit, dann schneller produzieren oder Kühlung niedriger. ABS muss sehr gut getrocknet sein.

## **06.6 Filament einfärben**

### **06.6.1 Einfärben mit Masterbatches:**

Die Mischleistung eines Extruders in dieser kleinen Bauweise ist naturgemäß begrenzt. Die Einfärbung mit Masterbatches ist möglich, aber in der Homogenität eingeschränkt. Es gibt Masterbatches, welche die Extrusionsleistung negativ beeinflussen oder stören können. Beginnen Sie daher nur mit einer kleinen Menge und tasten sich an eine maximale Zugabe heran. Die Rührer-Schraube an der Kupplung der Extruderschnecke sollte nicht installiert sein, wenn Pellets mit Masterbatches verwendet werden. Die Beimischung von Masterbatch wird nach Gewicht berechnet und sollte von 2,5% bis 3,5% des Gewichts der Pellets betragen. Die Einstellungen zur Filamentkalibrierung müssen dann angepasst werden. Meistens muss man die Drehzahl des Extrudermotors erhöhen, da die Reibung im Extruder Rohr durch das Masterbatch abnimmt. Wenn man die Farbe wechseln oder auf naturfarbenes Material wechseln will, kann es nötig sein, die Extruderschnecke auszubauen und manuell zu reinigen. Siehe dazu die Bedienungsanleitung Kapitel 12 in der Bedienungsanleitung.

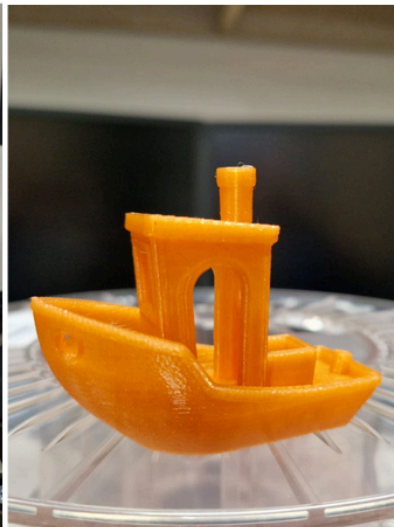
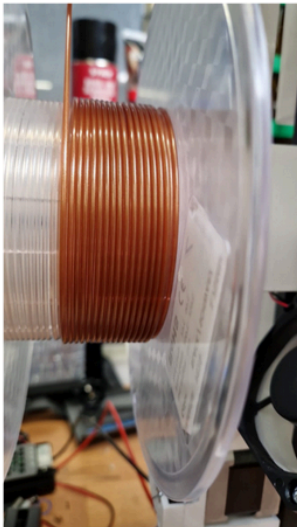
Bei kleinen Extrudern hat sich die Verwendung von Mikro-Masterbatch bewährt. Die Homogenität der Farbe wird deutlich besser als mit Standard-Masterbatch. Die Dosierung von Mikro-Masterbatch kann von 2% über 4% der Gewichtsanteile betragen. Mikro Masterbatch in der Farbe weiß, schwarz, rot und blau ist bereits in meinem [Onlineshop](#) erhältlich. Weitere Farben werden bald folgen.

Wichtig zu wissen: Bei der Verwendung von Masterbatches in kleinen Extrudern kann die Durchmessertoleranz des Filaments negativ beeinflusst werden. Das Filament ist immer noch gut druckbar, aber die Durchmesserschwankungen können im Druckbild später erkennbar sein. Um das zu verhindern, empfiehlt es sich, die Einfärbung in zwei Extrusionsvorgängen durchzuführen. Bei dem ersten Durchgang wird mit Masterbatch eingefärbt und relativ schnell produziert, ohne

dabei auf den Durchmesser des Filaments zu achten. Der Durchmesser kann auch höher sein, als die benötigten 1,75mm. Dann wird das hergestellte Filament wieder zu Pellets verarbeitet. Das wird mit einem Pelletizer (Gerät zur Zerkleinerung von Filament) gemacht. Dann werden die Pellets noch einmal mit dem Extruder zu Filament verarbeitet, was zu einer guten Durchmessertoleranz und Farb-Homogenität führt.

### 06.6.2 Einfärben mit Pigment

Kunden berichten, dass Pigmente für die Einfärbung von Epoxidharz auch zum Einfärben von Kunststoff-Pellets gut funktionieren. Das Material wird allerdings halb transparent. Die Handhabung von Pigmenten kann allerdings schwierig und schmutzig sein.



# 07-Extruder starten

---

**ACHTUNG** Verbrennungsgefahr! Die Düse und die Metallteile am Extruder werden sehr heiß. Wenn das Filament in Form eines weichen Kunststoff-Fadens aus der Düse kommt, ist es sehr heiß (150°C bis 260°C). Um die Aufwicklung in Gang zu bringen, müssen Sie das Filament im weichen Zustand handhaben. Benutzen Sie daher Schutzhandschuhe oder Hilfsmittel wie eine Pinzette, um den Faden in diesem Bereich anzufassen. Das Filament kühlt nach einigen Zentimetern oberflächlich deutlich ab, im Inneren bleibt es noch über eine längere Strecke sehr heiß. Seien Sie daher sehr vorsichtig, wenn Sie das Filament handhaben.

## 07.1 Aufheizen

Heizen Sie den Extruder auf, indem Sie im Hauptmenü – Preheat auswählen. Der Extruder heizt nun auf voreingestellte 180°C auf. Diese Temperatur ist ein ungefährender Ausgangswert für PLA. Möchten Sie eine andere Vorheiztemperatur einstellen, so können Sie das unter Hauptmenü – Control – Temperature – preheat config tun. Verändern Sie die Temperatur erst, wenn der Vorheizwert erreicht ist. Dann können Sie jederzeit die Temperatur verändern unter Hauptmenü – Prepare/Tune – Temperature. Eine Liste mit Erfahrungswerten für verschiedene Kunststoffsorten finden Sie in den “Erfahrungswerten” im vorangegangenen Kapitel [06-Material-Leitfaden](#). Wenn der Extruder aufgeheizt ist, piepst die Steuerung zwei mal. Dies soll sicherstellen, dass Sie nicht vergessen, dass das Gerät in Betrieb ist. Wenn der Extruder Aufgeheizt ist aber nicht gestartet wird, schaltet die Steuerung nach einiger Zeit selbstständig ab. Danach muss der Extruder neu gestartet werden.

## 07.2 Trichter befüllen

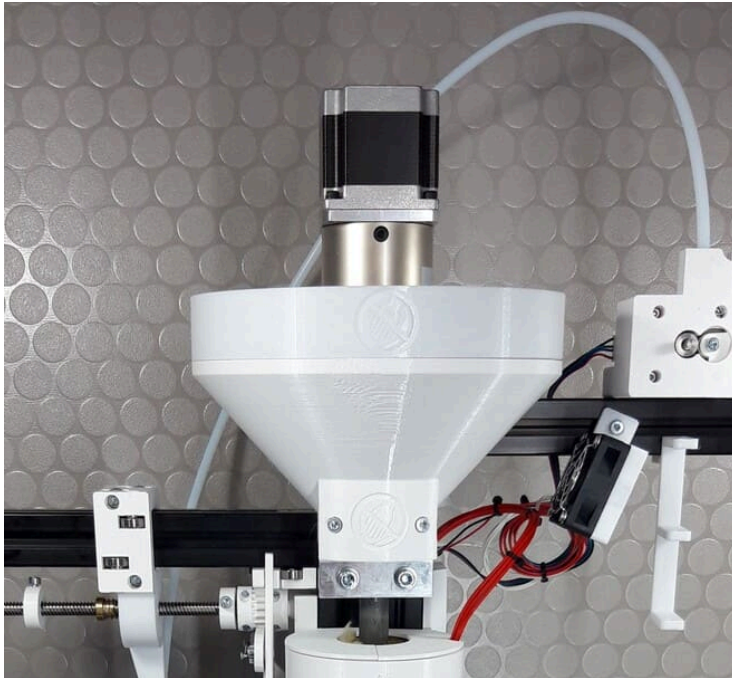
1. Befüllen Sie den Trichter mit Kunststoffgranulat. Das Trichter-Teil 1 ist fest am Extruder installiert und sollte immer mindestens gefüllt sein, um gleichbleibende Extrusions-Ergebnisse zu bekommen:



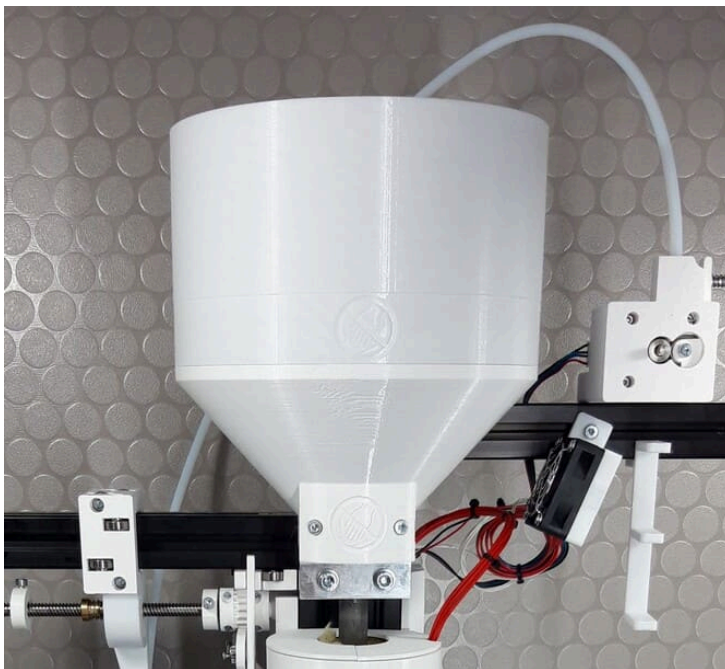
2. Das Trichter-Teil 2 besitzt eine Art Blende, sodass das Granulat kontrolliert zur Einzugszone fließt, wenn Pellets (Industrie-Granulat) verarbeitet werden. Bei der



Verarbeitung von geschreddertem 3D Druckabfall (Mahlgut) sollte der Trichter-Teil 2 entfernt werden, um eine Brückenbildung im Material zu vermeiden.



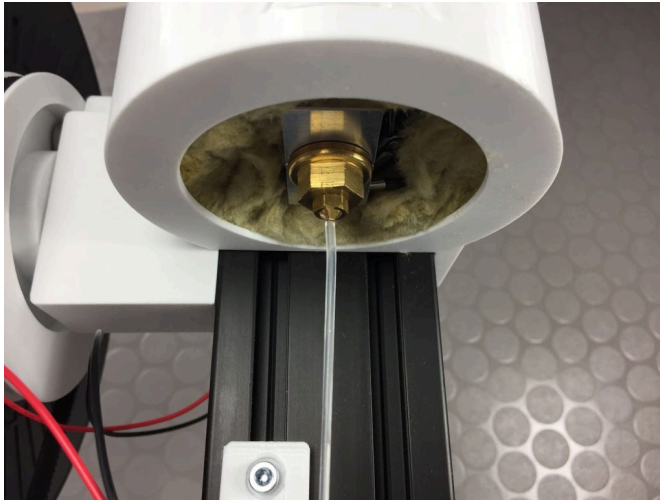
3. Das Trichter-Teil 3 vergrößert den Trichter und ermöglicht eine längere Laufzeit. Dieser Teil ist stapelbar, sodass Sie noch ein weiteres Trichter-Teil 3 draufsetzen können.



## 07.3 Extruder starten

Starten Sie den Extrudermotor (Hauptmenü – START Extruder). Auf Werkseinstellung startet der Motor mit 7 Umdrehungen pro Minute (RPM). Das ist ein relativ langsamer Anfangswert zum Herantasten. Der Zugmotor und der Spulenmotor starten ebenfalls, daher wird sich auch die Filament-Spule drehen. Sie können die Extruderdrehzahl jederzeit verändern (Hauptmenü – Prepare/Tune – Extruder RPM). Wenn der Extruder zum ersten Mal in Betrieb ist, bzw. wenn die

Extruderschnecke frei von Kunststoff ist, kann es ein paar Minuten dauern, bis das Material aus der Düse kommt.



Wenn Kunststoff aus der Düse kommt, benötigt der Extruder noch einen Moment, bis Druck –und Temperaturverlauf entlang der Extruderschnecke gleichmäßig sind. Daher lassen Sie ihn noch 2 bis 4 Minuten laufen. Der Sensor sollte abgenommen und zur Seite gelegt sein, um eine Beschädigung zu vermeiden. Legen Sie am besten eine Unterlage auf Ihre Arbeitsfläche, sodass diese nicht vom heißen Kunststoff beschädigt werden kann.



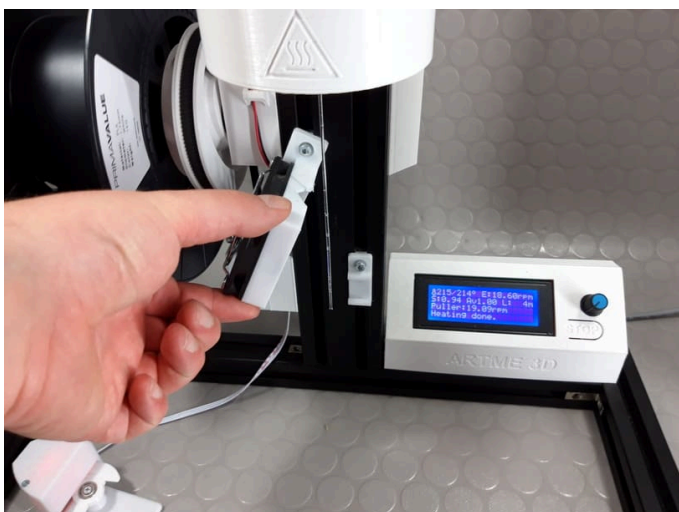


# 08-Filament-Produktion vorbereiten

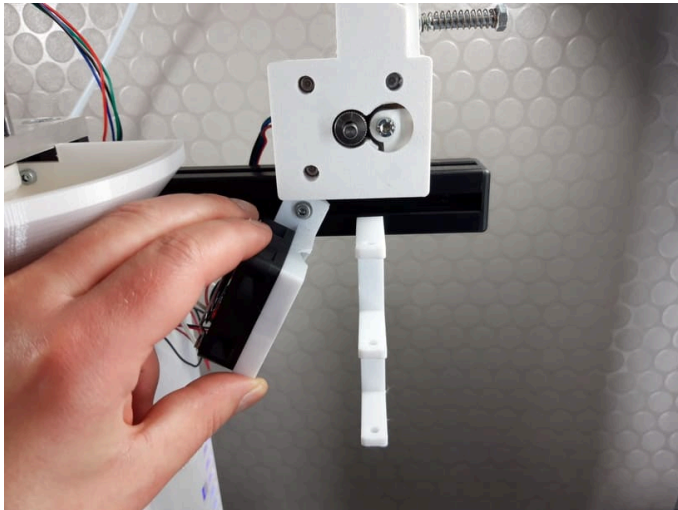
## 08.1 Drehzahlen und Lüfterstellung vorbereiten

Um die Aufwicklung zu starten, benötigen Sie beide Hände und haben nicht viel Zeit, sich auf andere Dinge zu konzentrieren. Daher gibt es ein paar Dinge die voreingestellt werden können:

1. Stellen Sie die Drehzahl des Extrudermotors und des Zugmotors in Abhängigkeit des Materials grob ein. Eine Liste mit Erfahrungswerten je nach Kunststoffsorte finden in Schritt 6 von [Kapitel 06 der Bedienungsanleitung](#). Die Extruder-Drehzahl wird über Hauptmenü-Tune-Extruder RPM eingestellt. Vermeiden Sie höhere Drehzahlen (über 15 RPM), wenn die Werte für die Einstellungen des Materials nicht bekannt sind. Eine zu hohe Drehzahl kann bei unpassenden Einstellungen zum Blockieren der Extruderschnecke führen.
2. Die Zugmotor-Drehzahl wird eingestellt, indem Sie den Drehknopf am Display drehen, während die Informations-Ansicht zu sehen ist. Die entsprechende Drehzahl können Sie auf dem Display bei "Puller" ablesen. Auch hier können Sie sich an den Werten im [Kapitel 06 der Bedienungsanleitung](#) orientieren.
3. Stellen Sie die Lüfterdrehzahl des Lüfters unter der Extruder-Düse grob ein. Hauptmenü – Prepare/Tune – Fan speed. Auch hier können Sie sich an den Werten im [Kapitel 06 der Bedienungsanleitung](#) orientieren. Die Kühlung des Filaments auf dem Weg zur Aufwicklung hat zwei Gründe. Zum einen kühlt es das Filament generell ab, sodass es kalt genug ist, um gut aufgewickelt werden zu können. Zum anderen kühlt es die Oberfläche des Filaments im Bereich des Sensors soweit ab, dass der Sensorarm nicht am weichen Filament kleben bleibt. Erhöhen Sie in diesem Fall die Drehzahl des Lüfters. Erfolgt die Abkühlung zu schnell, verwindet sich das Filament auf dem Weg zum Motor der Zieheinheit und kann den Funktionsablauf stören. In diesem Fall verkleinern Sie die Drehzahl.
4. Stellen Sie die Ausrichtung des Lüfters unter der Düse grob ein. Es ist meistens von Vorteil, den Lüfter unter der Düse etwas nach unten zu neigen. Das stellt sicher, dass die Funktion des Sensors nicht gestört wird, indem das Filament daran kleben bleibt. Und es verhindert, dass das Filament zu früh erstarrt und sich dadurch verwindet. Sollte aber das Filament noch zu weich sein, wenn es an der Zieheinheit ankommt, kann es nötig sein, den Lüfter unter der Düse gerade zu stellen.

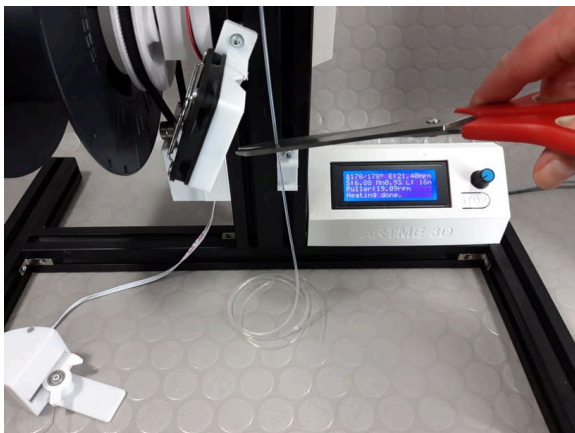


5. Der Lüfter neben der Zieheinheit kann auch nach unten geneigt werden. Das verlängert etwas die Kühlzone. Es gibt aber auch Materialien, die sehr schnell erstarren. In diesem Fall kann zu viel Kühlung die Aufwicklung stören, da sich das Filament verwindet. In diesem Fall stellen Sie die Lüfter gerade.

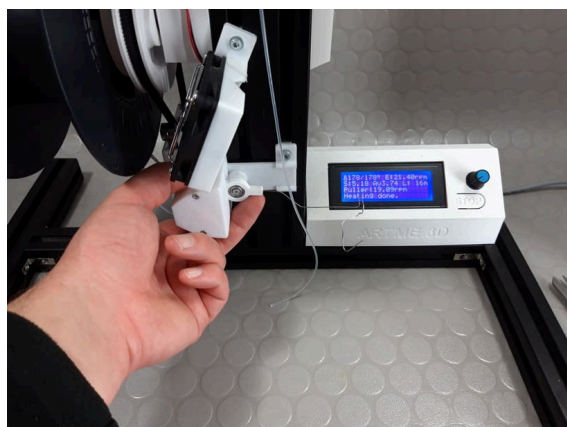


## 08.2 Filament Produktion vorbereiten

1. Schneiden Sie das noch weiche Filament ein ca. 7 bis 10 Zentimeter nach der Düse mit einer Schere oder einem Seitenschneider ab.



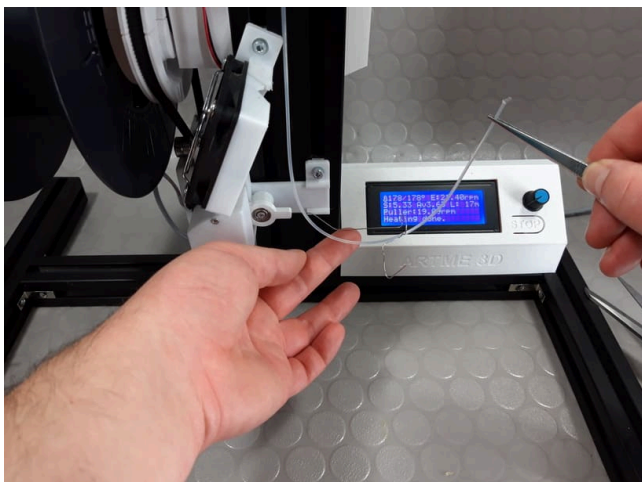
2. Setzen Sie den Sensor wieder in die Halterung ein, indem Sie ihn von links in die Halterung schieben.



3. Führen Sie das Filament in einem Bogen in Richtung des Zugmotors und legen Sie den Sensor auf das Filament. Achten Sie darauf, dass der Sensor mit dem ösenförmigen Stück auf dem Filament aufliegt. Ziehen Sie das Filament dabei ungefähr mit der gleichen Geschwindigkeit, wie es aus der Düse kommt, und halten dabei den Sensor ungefähr waagerecht.

**Erfolgt die Abkühlung durch den Lüfter zu schnell oder ist die Extrusionsgeschwindigkeit zu klein, kann sich das Filament verwinden, was den folgenden den Ablauf erschwert. In diesem Fall lesen Sie Punkt 8.**

**Erfolgt die Abkühlung zu langsam, dann kann das Filament am Sensor kleben bleiben. Dann „springt“ der Sensor über das Filament. In diesem Fall erhöhen Sie die Drehzahl des Lüfters und stellen sicher, dass er geneigt ist, sodass er auf den Sensor bläst.**





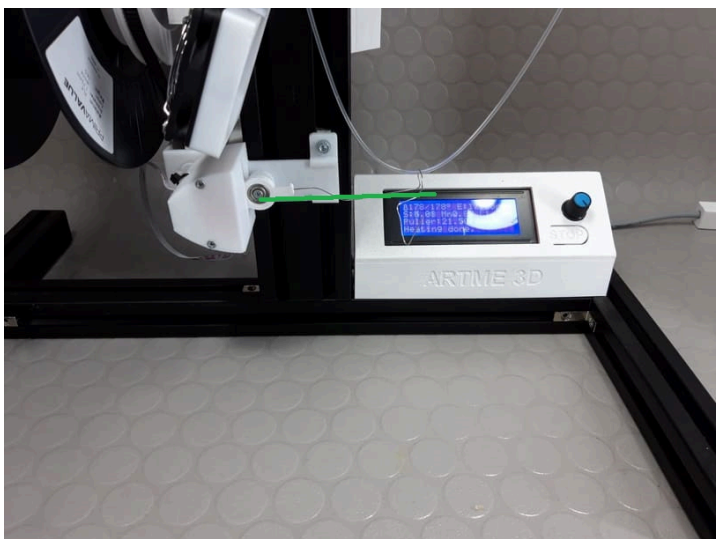
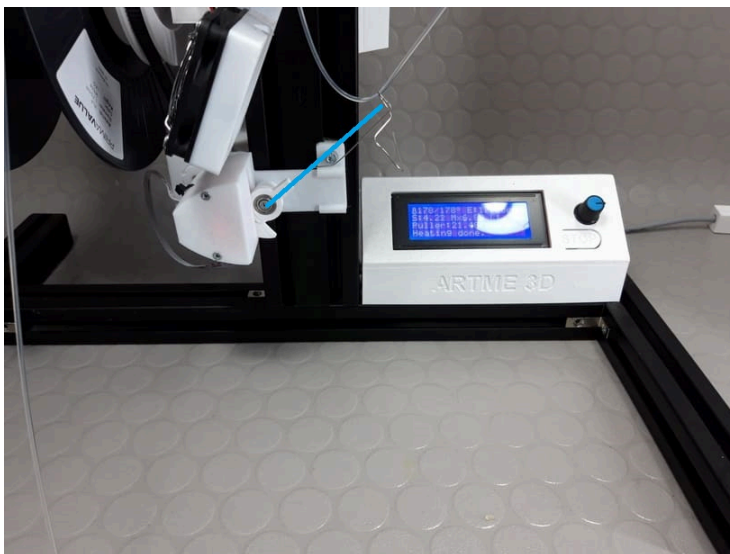
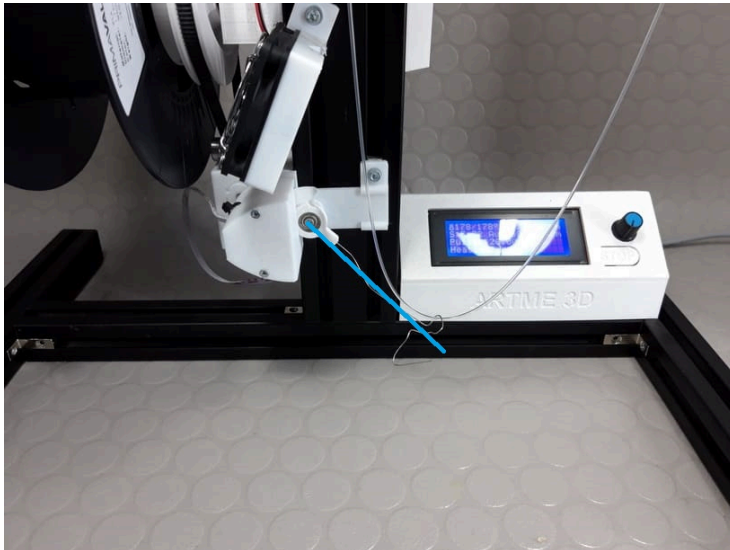
4. Schieben Sie das Filament durch die Löcher in der Führung unter der Zieheinheit. Danach schieben Sie das Filament in die Zieheinheit (roter Pfeil im dritten Bild), sodass der Motor das Filament selbstständig fördert.



5. Die Drehzahl des Motors der Zieheinheit kann nun durch Drehen des Drehknopfes am Display verändert werden (Info Ansicht muss sichtbar sein). Stellen Sie die Drehzahl so ein, dass der Sensor ungefähr waagrecht bleibt:

1. Wenn der Sensor nach unten zeigt (blaue Linie im Bild), dann muss die Drehzahl erhöht werden.
2. Wenn der Sensor nach oben zeigt (blaue Linie im zweiten Bild), dann muss die Drehzahl niedriger werden.
3. Wenn der Sensor ungefähr waagrecht bleibt, können Sie die automatische Aufwicklung aktivieren. Klicken Sie dazu im Hauptmenü auf „automatic pulling“.

Nun wird die Drehzahl des Zugmotors in Abhängigkeit von der Höhe des Sensors geregelt. Senkt sich der Sensor ab, wird die Drehzahl erhöht und umgekehrt. Das stellt sicher, dass das weiche Filament, welches im Bogen zum Zugmotor läuft, immer auf der gleichen Höhe hängt. Dadurch bleibt das Eigengewicht und somit der Durchmesser des Filaments gleichmäßig. Mit etwas Übung der ganze Vorgang recht schnell. Der Sensor kann in seiner Halterung ein Stück nach rechts oder links geschoben werden, sodass der Draht am Sensor den Filament-Bogen an der tiefsten Stelle berührt.

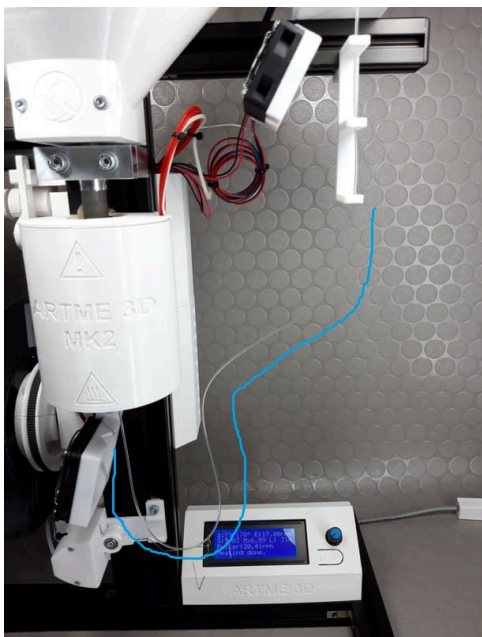


6. Nun läuft das Filament durch den PTFE Schlauch und kommt oberhalb der Spule an der Filemantführung heraus. Lassen Sie es erst einmal auf den Boden laufen, um Zeit zu haben, die nächsten Einstellungen vorzunehmen, um den genauen Durchmesser zu kalibrieren.



7. Sie können jederzeit die automatische Drehzahlregelung unterbrechen (Hauptmenüs -/ Manually pulling) und wieder über den Drehknopf in der Informations-Ansicht steuern. Das ist vor allem nötig, wenn Sie große Veränderungs-Sprünge in den Einstellungen machen. Starten Sie die automatische Drehzahlregelung erst wieder, wenn der Sensor ungefähr waagrecht steht.

**8. Erfolgt die Abkühlung durch den Lüfter zu schnell oder ist die Extrusionsgeschwindigkeit zu klein, kann sich das Filament auf dem Weg zur Zieheinheit verwinden:**



**Das kann den Sensor beschädigen, sowie den Motor der Zieheinheit blockieren und macht eine Aufwicklung unmöglich. In diesem Fall haben Sie folgende Möglichkeiten:**

- die Lüfterdrehzahl verringern (in kleinen Schritten).



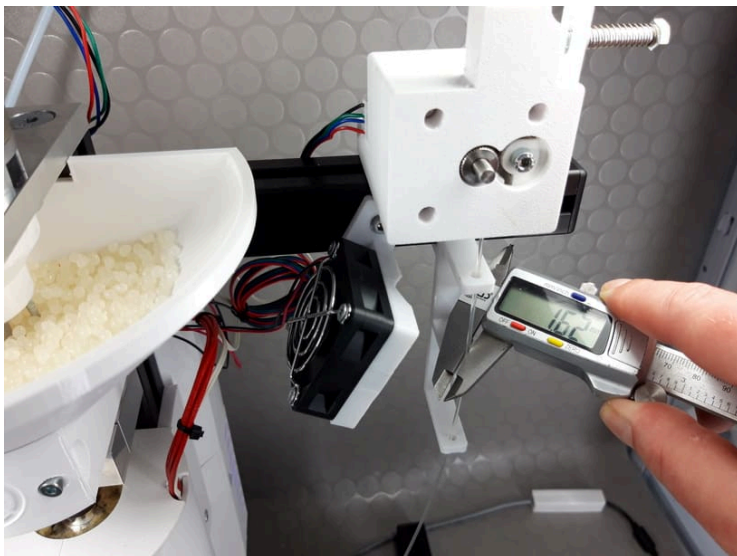
- den Lüfter unter der Düse nach unten neigen, sodass er auf den Sensor zeigt und weniger das Filament, welches nach oben gezogen wird, weiter abkühlt.
- die Drehzahl des Extrudermotors erhöhen (In kleinen Schritten).
- den Abstand des Sensors zur Düse zu verringern.
- die Temperatur des Extruders erhöhen (in kleinen Schritten).
- den Schmelzefilter reinigen oder ersetzen, da er verstopft oder verrutscht sein könnte.
- Es gibt einige Materialien, welche für diesen Prozess nicht gut geeignet sind, da sie zu schnell erstarren oder zu spröde sind. Das sind oft Materialien für die der Extruder nicht konzipiert wurde (HDPE, Fasergefüllte Materialien, etc). Hier müssen Sie etwas experimentieren, ob eine Kalibrierung zu Filament möglich ist.
- Wenn es nicht gleich beim ersten Mal klappt, versuchen Sie es einfach erneut, indem Sie das Filament abscheiden. Nach etwas Übung geht das sehr schnell von der Hand.

## 09-Filament Durchmesser kalibrieren

---

### 09.1 Filament-Durchmesser messen

Den Durchmesser prüfen Sie am besten mit einem digitalen Messschieber. Messen Sie kurz vor dem Zugmotor zwischen den Führungen. Verwenden Sie dazu einen hochwertigen Messschieber oder eine Messschraube. Minderwertige Messgeräte können Sie in die Irre führen.



### 09.2 Verwendbares Filament definieren

Wenn Sie z.B. einen Durchmesser des Filaments einstellen, der zwischen 1,6 und 1,8mm (Bei 1,75mm Filamentsystem) liegt, ist dieses gut mit gängigen 3D Druckern zu verarbeiten. Im Zweifel können Sie die Flow Rate des Druckers z.B. erhöhen, wenn der Durchmesser kleiner als 1,75mm ist. Oder Sie geben den Durchmesser des Filamentes im Slicer ein. Wenn der Durchmesser des Filaments während der Produktions allerdings stark schwankt, obwohl die Aufwicklung automatisch läuft, stimmt etwas im System nicht (Granulat-Qualität, Drehzahl zu hoch, Schmelzefilter verschmutzt, Material ungeeignet, etc.) Ein Filamentdurchmesser von Größer als 1,85mm führt in den meisten 3D Druckern ggf. zur Verstopfung. Bleiben Sie im Zweifel etwas unter

dem angestrebten Durchmesser von 1,75mm. Mit etwas Übung ist es aber durchaus möglich, diesen Durchmesser zu erreichen. Siehe nächster Schritt.

## 09.3 Filament-Durchmesser kalibrieren

Wenn Sie ohne Erfahrungswerte ein neues Material verarbeiten, kann dieser Prozess einige Zeit in Anspruch nehmen, da das System recht träge reagiert. Wenn Sie also z.B. die Temperatur verändern, um den Filamentdurchmesser zu optimieren, warten Sie einen Moment, bis sich die Temperatur im ganzen System angeglichen hat. Gleiches gilt für alle im Folgenden aufgeführten Möglichkeiten.

Wichtig zu wissen: Kunststoffe dehnen sich beim Verlassen der Düse unterschiedlich stark aus. Daher gibt die Bohrung in der Düse nur grob den Filamentdurchmesser vor:

Bohrungsgrößen für 1,75mm Filament:

PLA und PETG: ca. 1,7mm Bohrung (Erfahrungswert, kann Abweichen)

ABS: ca. 1,5mm Bohrung (Erfahrungswert, kann Abweichen)

PP: ca. 1mm Bohrung (Erfahrungswert, kann Abweichen)

**Folgende Möglichkeiten gibt es, um Einfluss auf den Filamentdurchmesser zu nehmen:**

1. Die Größe der Bohrung in der Düse
2. Der Druck im System in Abhängigkeit von Drehzahl, Material und Temperatur.
3. Die Füllhöhe des Trichters. (Es sollte immer mindestens Trichter Teil 1 gefüllt sein, um gleichmäßigen Druck im System zu gewährleisten)
4. Der Abstand zwischen Düse und Sensor. (größerer Abstand erhöht das Eigengewicht des Filamentes)
5. Die Eigenschaft des Materials in Abhängigkeit der Temperatur (zäh oder weich)
6. Das Gewicht des Sensors.
7. Der Abstand von Lüfter zur Düse. Je näher der Lüfter an der Düse desto kühler wird die Düse und das Filament wird früher abgekühlt.
8. Kunststoff wird bei jedem Aufschmelzvorgang beschädigt (Degradierung durch die Häufigkeit und die Dauer der Aufschmelzvorgänge). Das kann die Eigenschaften des Kunststoffs verändern. PLA beispielsweise wird scheinbar dünnflüssiger und dehnt sich nicht mehr so stark beim Verlassen der Düse aus, je öfter es aufgeschmolzen wird. Das verkleinert den Durchmesser des Filamentes und erfordert neue Einstellungen.
9. Selbst Kunststoffe der gleichen Sorte können unterschiedliche Eigenschaften haben. Das ist z.B. von der Rezeptur des Herstellers oder von dem Alter des Materials abhängig.
10. Zugluft im Raum vermeiden.
11. Material immer vor der Verarbeitung trocknen. (Siehe Material-Leitfaden unter [www.artme-3d.de/support](http://www.artme-3d.de/support))

**Daher empfiehlt es sich die Erfahrungswerte (empirical values zum download [www.artme-3d.de/support](http://www.artme-3d.de/support)) zurückzugreifen und dann zur Feineinstellung folgendermaßen vorzugehen:**

1. Die Bohrung der Düse kann in Abhängigkeit des zu verarbeitenden Materials unterschiedlich sein. Verändern Sie den Düsendurchmesser mit dem Ziel einer Durchmesseränderung des Filamentes nur, wenn Sie NICHT mit Hilfe der Nachfolgenden Einstellungsmöglichkeiten zum Ziel kommen.
2. Wenn der Filament-Durchmesser zu groß ist, können Sie:

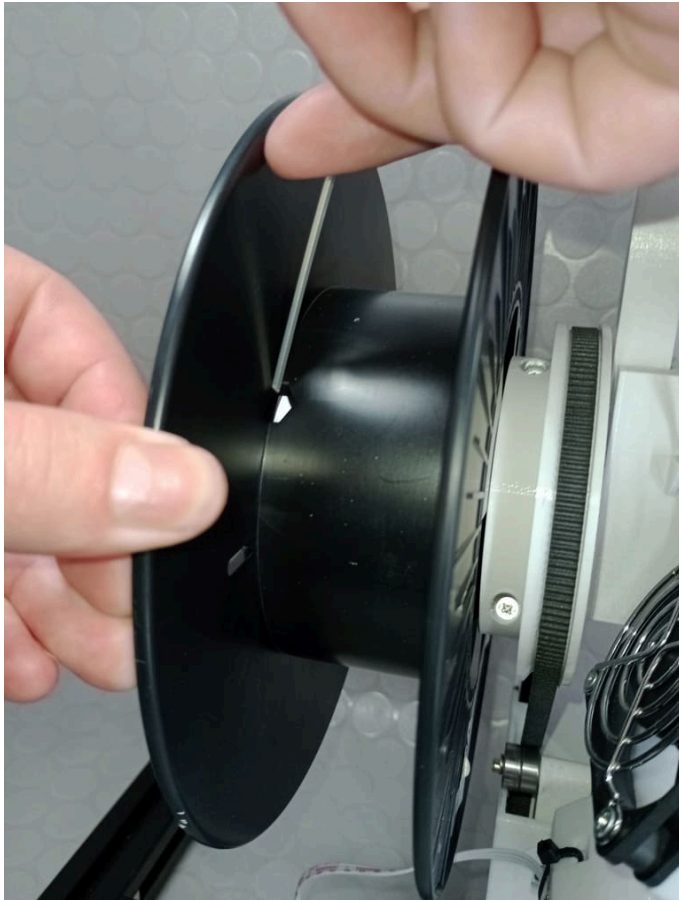
1. Den Abstand des Sensors zur Düse erhöhen. Das Eigengewicht des Filamentes wird so erhöht, dass sich das Filament etwas dünner zieht (blaue Pfeile im Bild unten).
  2. Den Abstand von Lüfter zur Düse etwas erhöhen. So ist das Filament kurz nach der Düse weicher und dehnt sich etwas mehr (grüne Pfeile im Bild unten).
  3. Die Temperatur leicht erhöhen. Dadurch wird der Kunststoff weicher und zieht sich dünner. Wenn der Kunststoff noch zu heiß am Sensor ankommt, kann der Sensorarm bremsen oder hüpfen. Erhöhen Sie hierbei die Drehzahl des Filament-Lüfters.
  4. Die Drehzahl des Extruder-Motors verlangsamen. Dadurch sinkt der Druck im System und das Filament dehnt sich weniger aus, wenn es die Düse verlässt.
  5. Die Lüfterdrehzahl verringern. Dann kühlt das Filament etwas später ab und hat mehr Zeit durch das Eigengewicht gezogen zu werden.
  6. Ein zusätzliches kleines Gewicht (z.B. Unterlegscheibe M5) am Sensor anbringen, das zieht das Filament etwas in die Länge.
3. Wenn der Filament-Durchmesser zu klein ist, können Sie demnach:
    1. Den Abstand des Sensors zur Düse verringern (blaue Pfeile im Bild unten).
    2. Abstand zwischen Lüfter und Düse verringern (grüne Pfeile im Bild unten).
    3. Die Temperatur leicht verringern.
    4. Die Drehzahl erhöhen.
    5. Lüfterdrehzahl erhöhen.
    6. Gewicht am Sensor reduzieren
  4. Denken Sie daran, nur in kleinen Schritten Veränderungen vorzunehmen und nach jeder Veränderung dem System Zeit zu geben, bis die Auswirkung stabil ist.
  5. Notieren Sie sich die Einstellungswerte und speichern bei Bedarf die Einstellungen ab. (Hauptmenü – Control – Store memory)



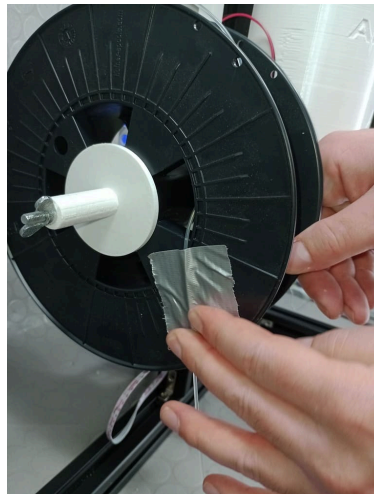
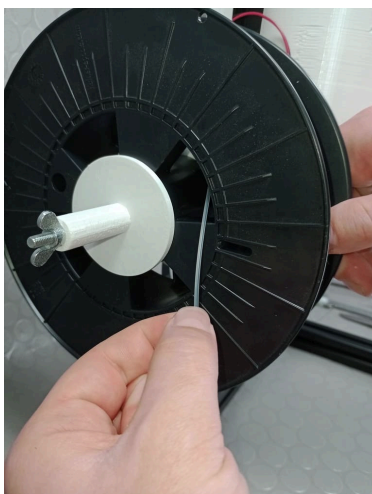
# 10-Filament aufspulen

---

10.1 Schneiden Sie das Filament oberhalb der Spule ab. Das Filament wird dann in die Öffnung am Boden der Spule eingefädelt. Drehen Sie dazu die leere Spule mit der Hand in eine Position, in der Sie die Öffnung sehen können. Schieben Sie das Filament hindurch.

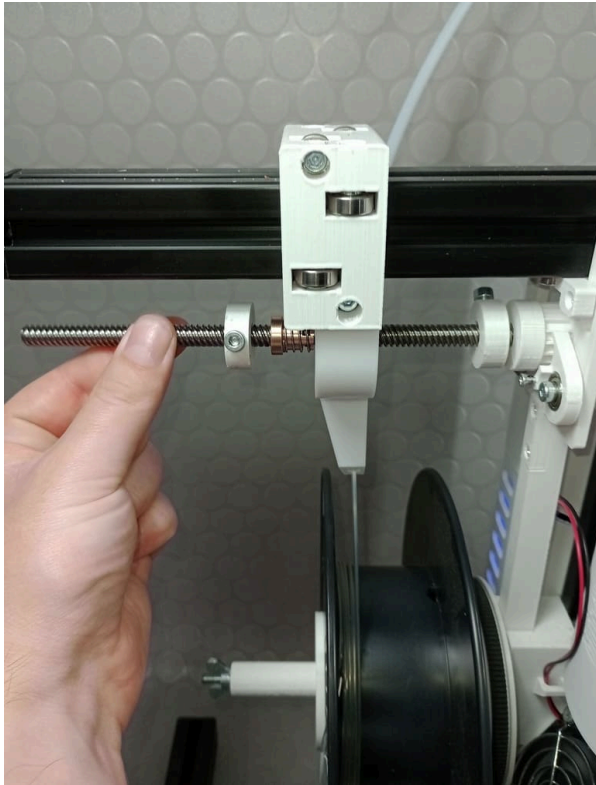


10.2 Das Filament wird außen an der Spule umgebogen und mit einem Klebestreifen befestigt. Achten Sie darauf, dass das Filament einigermaßen auf Spannung bleibt. Das Überstehende Ende des Filaments sollte abgeschnitten werden.

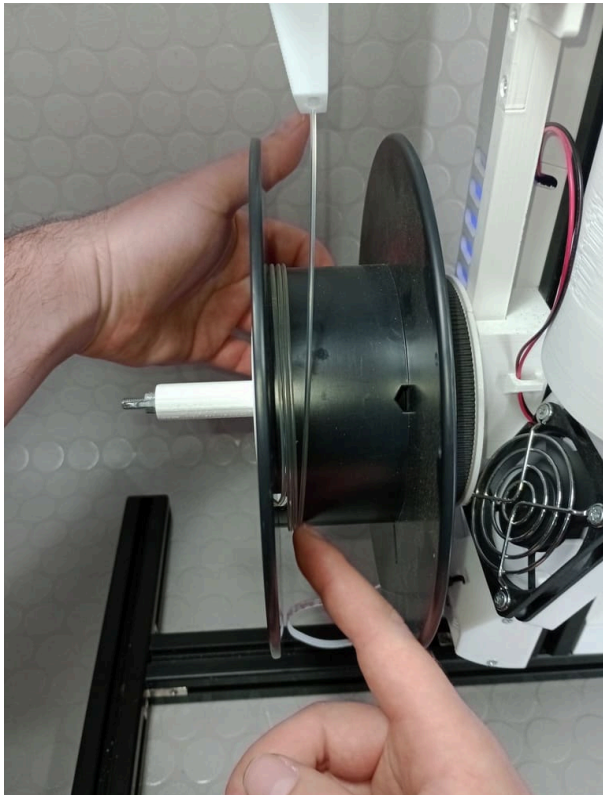




10.3 Bringen Sie den Schlitten an der Filamentführung auf die linke Seite, indem Sie die Spiralachse drehen.



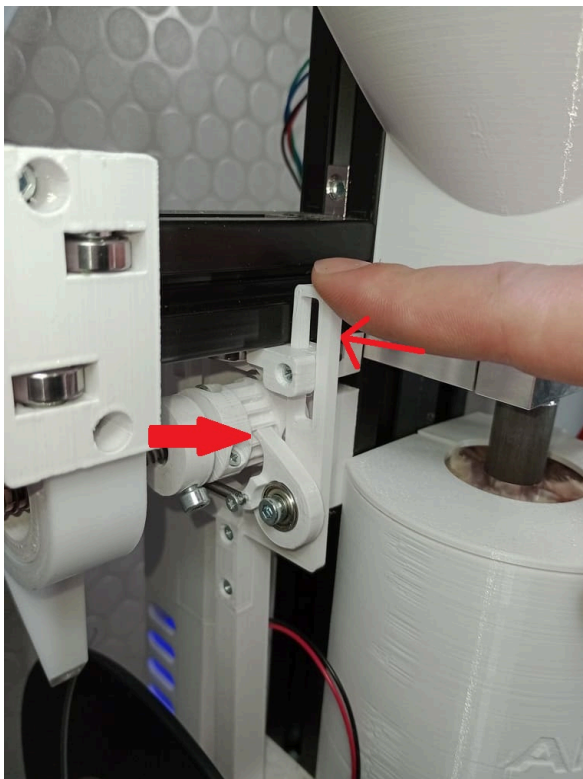
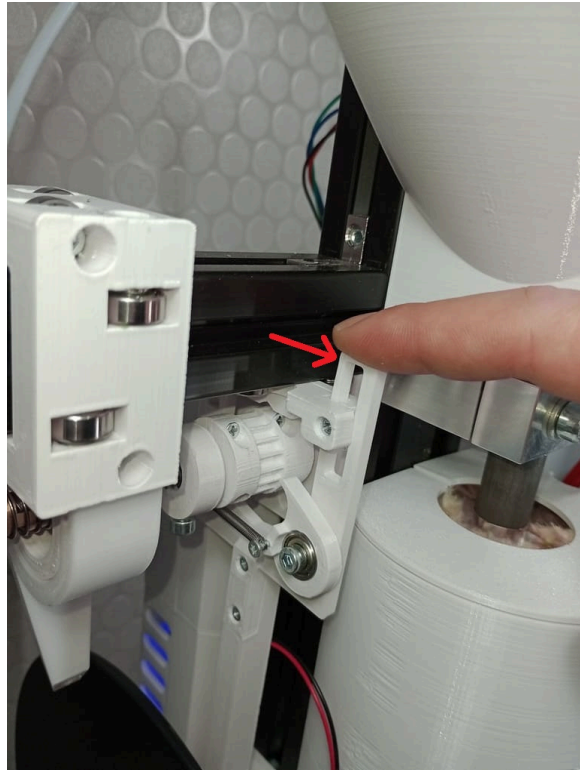
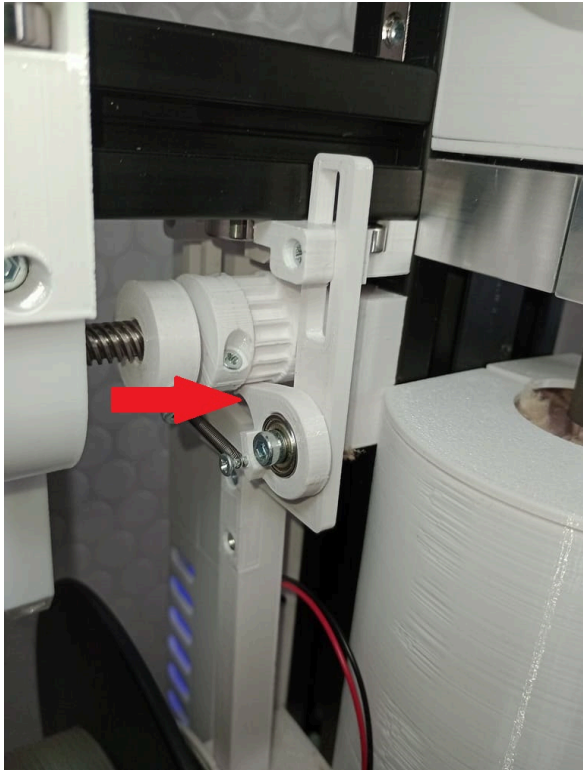
10.4 Schieben Sie die ersten Wicklungen auf die linke Seite.



10.5 Es kann passieren, dass ein Haken an der Schwinge nach unten verdreht wird. Es ist wichtig, dass sich der Haken wieder aufrichtet. Dazu können Sie die Schwinge in beide Raststellungen

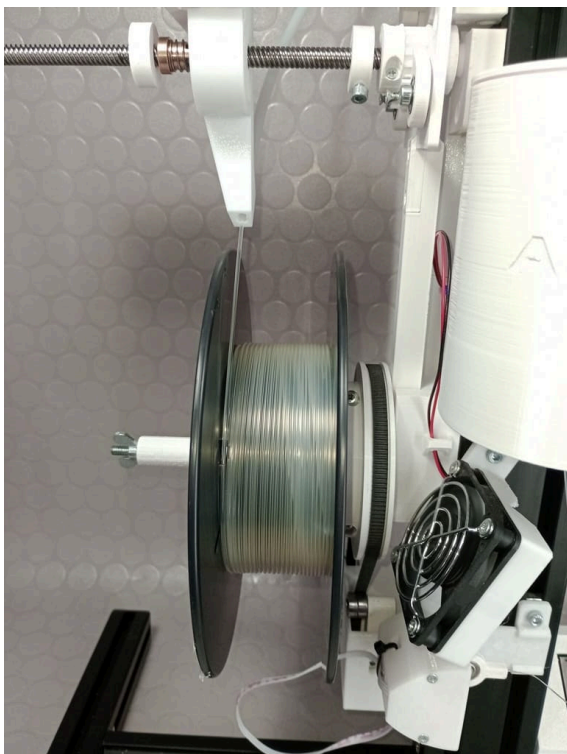
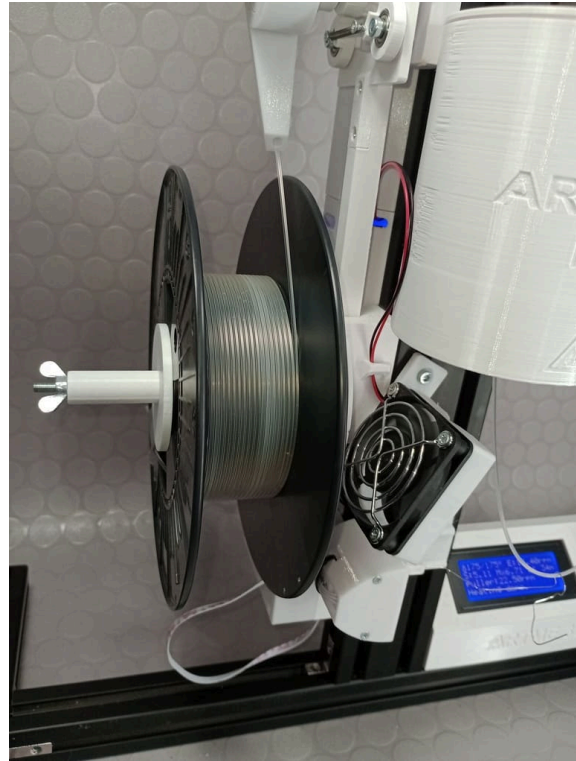
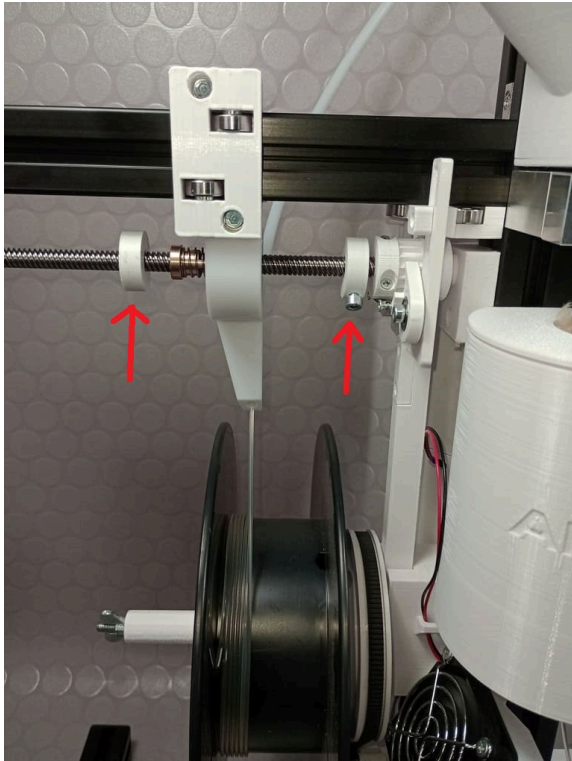


drücken und/oder die Spiralachse etwas drehen. Schalten Sie die Schwinge in die dargestellte Position, dann bewegt sich die Filamentführung Stück für Stück nach rechts.



10.6 In Abhängigkeit der Spulenbreite ist es nötig, die Anschläge für den Schlitten der Filamentführung an die richtige Position zu bringen, um eine saubere Aufwicklung zu erhalten. Durch das Lösen der Zylinderschraube kann die Position der Anschläge verändert werden. Wenn der Schlitten gegen einen Anschlag drückt, rastet die Schwinge in die andere Position und kehrt so die Drehrichtung der Spiralachse um. Stellen Sie die Anschläge so ein, dass sich die Richtung

ändert, wenn das Filament fast an den Außenseiten der Spule angekommen ist. Es bedarf etwas Erfahrung und kann nach und nach nachgestellt werden.



10.7 Wenn die Aufwicklung erfolgreich begonnen hat, können Sie den Zähler der Filamentlänge zurücksetzen. (Hauptmenü-Clear Statistics) Der Extruder schaltet nach Erreichen einer voreingestellten Filamentlänge selbsttätig ab. Bevor er wieder gestartet werden kann, sollte das Gerät einmal ausgeschaltet und wieder eingeschaltet werden. Die Voreinstellung beträgt 200000 mm (200m), das entspricht ungefähr 570g (bei 1,75mm Filament). Die Voreinstellung zur Abschaltung können Sie einstellen. (Hauptmenü – Prepare/Tune – L cutoff). Der Wert der Abschaltlänge wird in Millimeter (mm) dargestellt. Die produzierte Filament-Länge können Sie auf der Informations-Ansicht des Displays unter "L:" ablesen. Dieser Wert wird in Meter (m) dargestellt.

Sie können die Anzeige resettet oder pausieren (Hauptmenü – Clear Statistics oder Pause statistics).

# 11-Ausschalten / Wiedereinschalten / Materialwechsel

---

## 11.1 Ausschalten

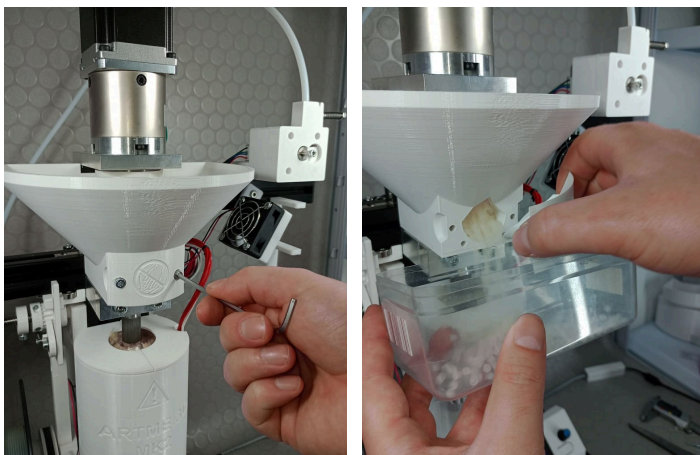
1. Stoppen Sie den Extrudermotor (Hauptmenü – STOP Extruder)
2. Schalten Sie die Heizung aus (Hauptmenü – Cooldown)
3. Das Abkühlen wird einige Zeit dauern, da durch die Isolierung des Extruders recht wenig Wärme verloren geht und kein kaltes Granulat mehr aufgeheizt wird.
4. Trennen Sie den Extruder von der Spannungsversorgung. Stellen Sie sicher, dass sich niemand an den heißen Teilen des Extruders verbrennen kann.

## 11.2 Wiedereinbetriebnahme

Heizen Sie den Extruder auf die gewünschte Temperatur. Nach Erreichen der Temperatur können Sie den Extruder-Motor starten. Das System läuft noch nicht stabil, da die Wärmeverteilung im System noch nicht gleichmäßig ist. Lassen Sie den Extruder so lange laufen, bis die Extruderschnecke mit neuem Kunststoff gefüllt ist und die Extrusion gleichmäßig vonstatten geht. Das kann 3 bis 10 Minuten dauern. Der alte Kunststoff kann durch den langsamen Abkühlungsprozess nach dem Ausschalten seine Eigenschaften verändert haben (Degradierung) und etwas dünnflüssiger oder verbrannt sein, als der dann neu nachströmende Kunststoff.

## 11.3 Trichter leeren

Wenn es nötig ist den Trichter zu leeren, entfernen Sie die beiden Zylinderschrauben am Trichter-Ausguss. Halten Sie dann ein Gefäß unter den Ausguss und ziehen den Trichter-Ausguss heraus. Pellets rieseln von selbst heraus. Wenn Sie Mahlgut entleeren wollen, kann es nötig sein mit der Hand oder einem Werkzeug nachzuhelfen, da Mahlgut nicht gut rieselt.



Der Einbau des Trichter-Ausgusses erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.



## 11.4 Materialwechsel

Es gibt mehrere Optionen, um die zu verarbeitende Kunststoffsorte zu wechseln:

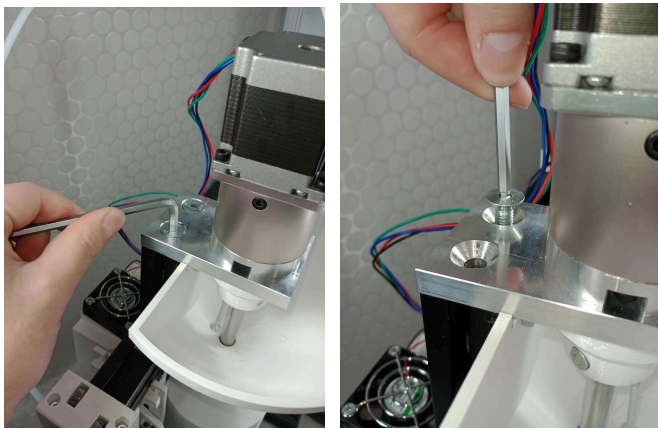
1. Im laufenden Betrieb neues Material einfüllen und den Extruder so lange laufen lassen, bis sich die Schnecke, das Extruder-Rohr und die Düse selbst gereinigt haben. Das kann in Abhängigkeit des Materials und der Temperaturanforderungen des Materials 10 bis 40 Minuten dauern. Das ist nur möglich, wenn die Materialien eine Verarbeitungstemperatur haben, die sich überschneidet, wie z.B. bei PLA, PETG und ABS.
2. Wenn Sie von einem Kunststoff mit hoher Verarbeitungstemperatur zu einem Kunststoff mit niedriger Verarbeitungstemperatur wechseln, kann es sein, dass an verschiedenen Stellen im System Anhaftungen des alten Kunststoffs zurückbleiben. Das ist vor allem im sich verengenden Bereich der Düse der Fall. Daher kann es nötig sein, den Bereich der Düse zu reinigen. [Siehe Kapitel 14](#). Reinigen Sie auch den Bereich des Gewindes im Extruder Rohr, [siehe Kapitel 14.2](#).
3. Es kann aber auch im Einzugsbereich der Extruderschnecke zu Anhaftungen kommen. Dann sollte die Extruderschnecke ausgebaut und gereinigt werden. [Siehe Kapitel 12](#).
4. Wenn die Verarbeitungstemperaturen der zu wechselnden Kunststoffe weit auseinanderliegen, muss man auch mit Reinigungsgranulaten arbeiten. Dies ermöglicht einen Materialwechsel ohne Ausbau der Extruderschnecke. Diese sind allerdings sehr teuer und nur auf bestimmte Kunststoffsorten abgestimmt.

## 12-Extruderschnecke ausbauen und reinigen

---

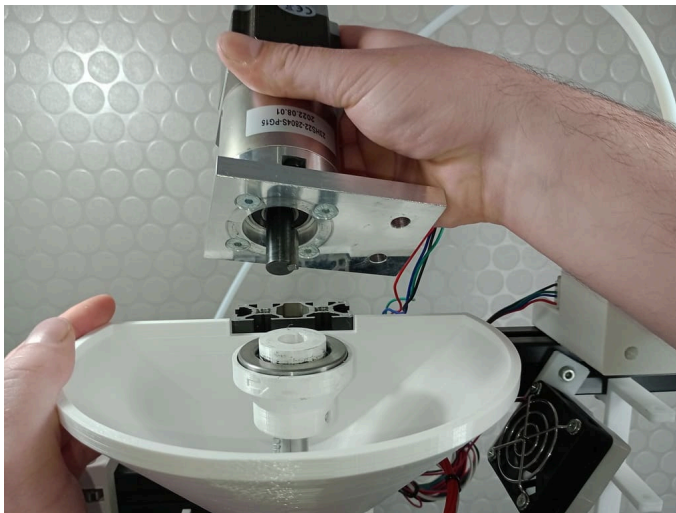
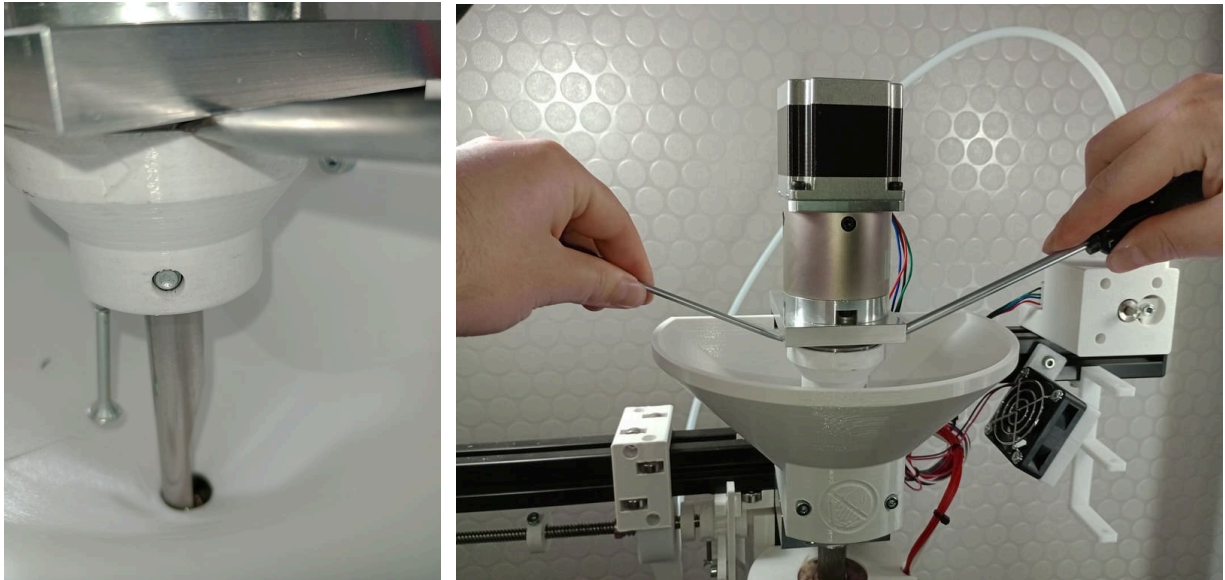
Wenn es Ablagerungen an der Extruderschnecke gibt, kann es nötig werden, die Extruderschnecke im heißen Zustand auszubauen und zu reinigen. Lassen Sie den Extruder zuerst so weit wie möglich im aufgeheizten Zustand leer laufen, dass möglichst wenig Kunststoff in der Extruderschnecke verbleibt. **ACHTUNG:** Verbrennungsgefahr. Verwenden Sie Schutzhandschuhe und Werkzeug, um die heißen Bauteile zu bewegen. Gehen Sie wie folgt vor.

1. Lösen und entfernen Sie dann die beiden Senkkopfschrauben am Motorhalter.

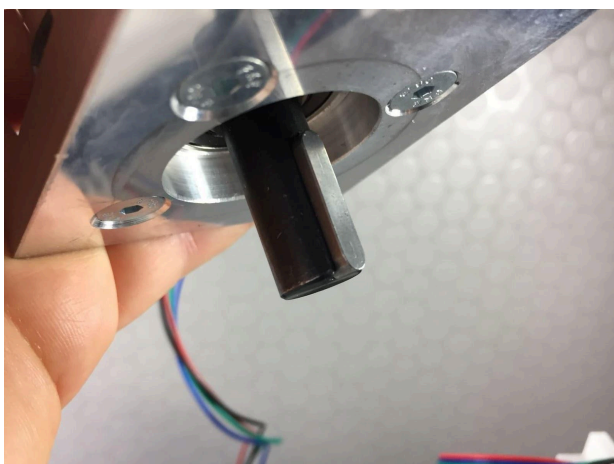


2. Die kleine Holzschraube, welche seitlich in die Kupplung eingedreht ist, hält die Kupplung auf der Antriebswelle des Motors. Daher können Sie den Motor von der Kupplung lösen und nach oben

weg ziehen, indem Sie einen Schlitzschraubendreher in den Bereich des Axiallagers stecken und hebeln/drehen.



4. Achten Sie darauf, die Passfeder auf der Antriebswelle des Motors nicht zu verlieren. Manchmal bleibt die Passfeder auch in der Kupplung stecken.

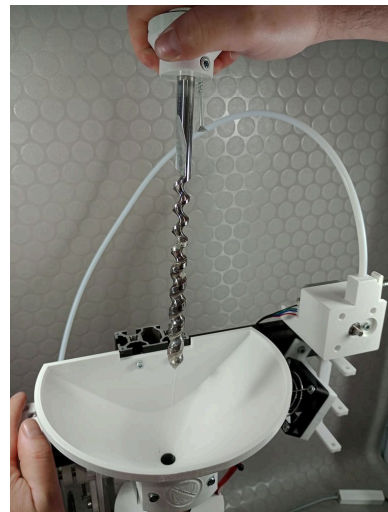




5. Legen Sie den Motor nach hinten ab.



6. Nun kann die Extruderschnecke an der Kupplung gegriffen und nach oben herausgezogen / herausgedreht werden. Im Problemfall, kann dazu etwas Kraft notwendig sein. Heizen Sie im Zweifel den Extruder weiter auf, dass der Kunststoff weicher wird. Achtung bei dem ganzen Vorgang herrscht große Verbrennungsgefahr. Tragen Sie Schutzhandschuhe oder Berühren die Teile nur an den nicht beheizten Stellen.



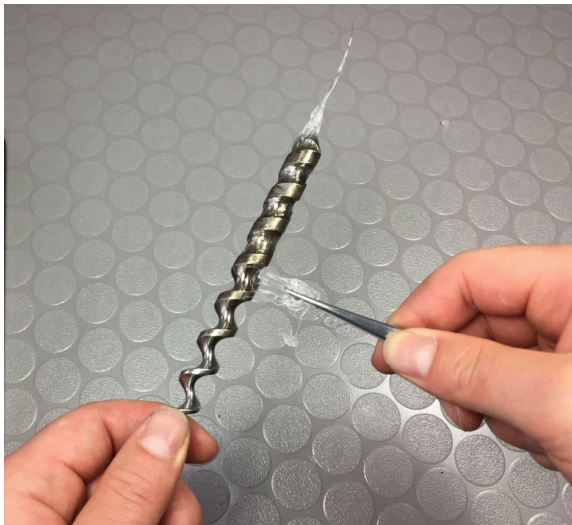
7. Drehen Sie die Kupplung, sodass das Axiallager entnommen werden kann. Legen Sie es auf die Seite. Achten Sie darauf, dass kein Schmutz oder Staub in das Lager gelangt.



8. Die Kupplung von der Extruderschnecke lösen, indem die seitliche Zylinderschraube entnommen wird.



9. Halten Sie die Extruderschnecke am kalten Ende fest. Nun kann der Kunststoff mit einer Pinzette oder Zange abgezogen werden. Warten Sie hierzu eine kurze Zeit ab, bis die Schnecke etwas abkühlt, sodass der Kunststoff zäh wird. Dann können Sie den Kunststoff abziehen. Beginnen Sie am kalten Schaft. An der Spitze der Schnecke kühlt diese zuletzt ab. Es kann hilfreich sein, mit dem Mund etwas Luft auf den Kunststoff zu pusten, dann wird er an den gewollten Stellen schneller zäh. Siehe auch die Bilder auf der nächsten Seite.





10. Vergessen Sie nicht, die Kanten der Flanken zu reinigen.



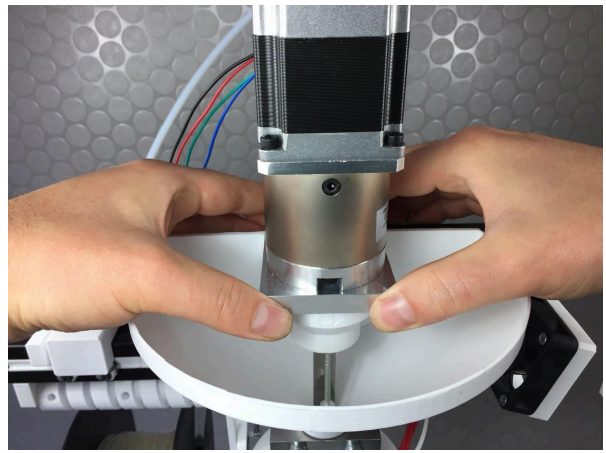
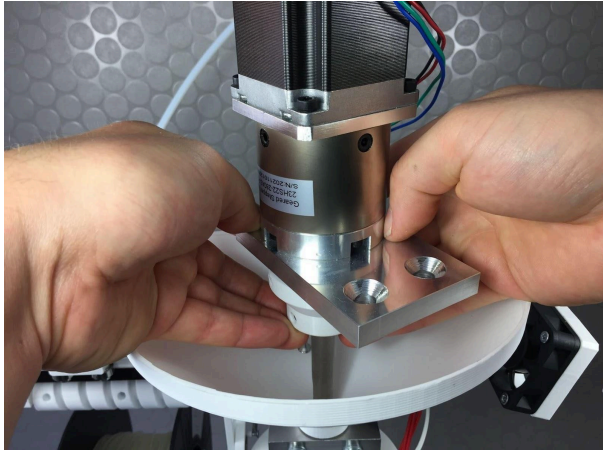
11. Wenn es verkohlte Stellen oder sonstige Anhaftungen gibt, kann es nötig werden die Schnecke abzuschleifen und neu zu polieren.

12. Der Einbau der Extruderschnecke erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Sollte beim Aufstecken des Motors auf die Kupplung auftreten, dass die Kupplung durch ihr Eigengewicht wieder abrutscht, muss ggf. die kleine Holzschraube seitlich in der Kupplung nochmal leicht fest gedreht



werden.





## 13-Schmelzefilter reinigen / erneuern

---

### 13.1 Schmelzefilter reinigen

Der Schmelzefilter hat eine relativ kleine Fläche, daher sollte man den Filter regelmäßig reinigen. Mahlgut aus 3D Druck Abfall enthält oft wesentlich mehr Staub und Partikel, welche den Filter

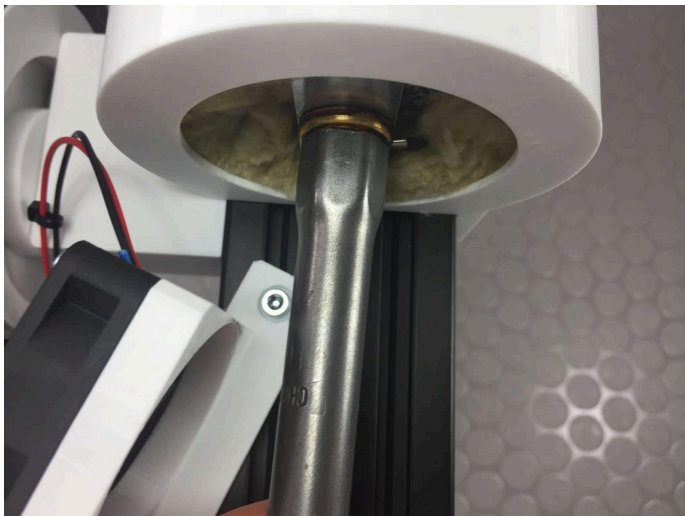
recht schnell zusetzen können. Daher ist es sehr wichtig, dass Sie bei der Sammlung von 3D Druck Abfall sehr auf Sauberkeit achten. Siehe dazu den [Material-Leitfaden](#) in der Dokumentation. **Der Filter stellt lediglich sicher, dass das Material mit einem 3D Drucker mit 0,4mm Düse gedruckt werden kann. Der Filter ist nicht dazu geeignet verschmutztes Material generell zu filtern. Verschmutztes Material soll nicht verarbeitet werden.**

**Wenn Sie neues Filtermaterial nachkaufen wollen, suchen Sie nach folgendem Material:**

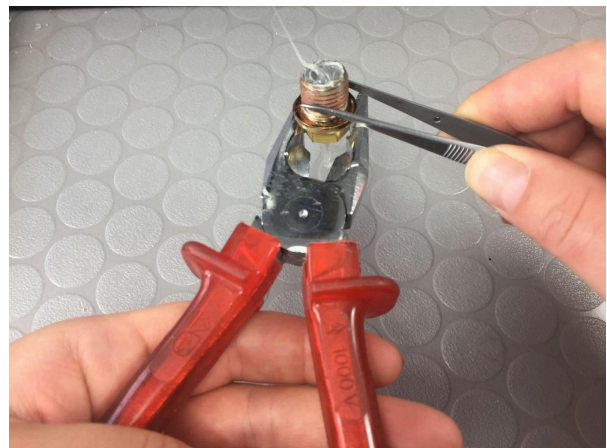
- Drahtgewebe / Filtergewebe aus Edelstahl oder Edelstahlgewebe.
- „Mesh Size 50“ (das entspricht einer Maschenweite (MW) von 0,3mm).
- Ich kann keine Kaufempfehlung aussprechen, das das Material in jedem Land anders bezeichnet und anders Verfügbar ist. Aber eine Internetsuche sollte zu einem Lieferanten führen.

**Bei der Reinigung des Filters herrscht Verbrennungsgefahr, benutzen Sie Handschuhe und/oder Werkzeug, sodass Sie die heißen Teile nicht berühren.** Um den Filter zu reinigen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Heizen Sie den Extruder auf. Dann schrauben Sie die Düse heraus. Der entsprechende 13 mm Steckschlüssel ist im Bausatz enthalten.



2. Nehmen Sie die Düse mit einer Pinzette aus dem Steckschlüssel und setzen ihn in eine Kombizange.

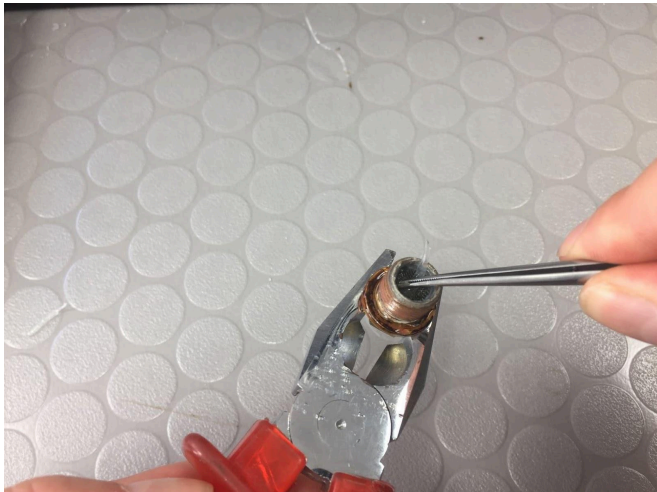




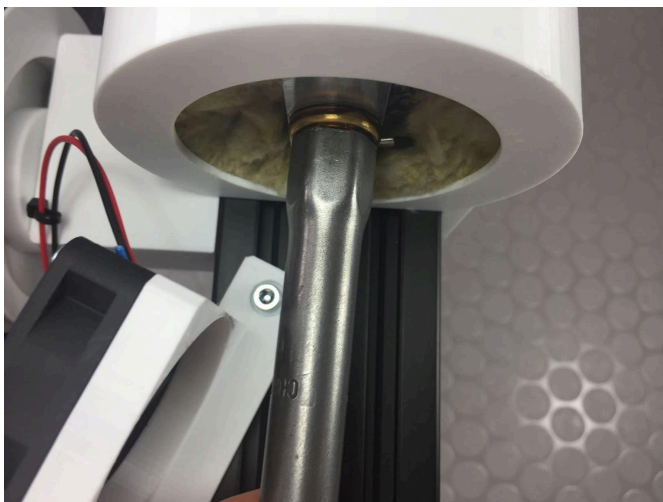
3. Dann ziehen Sie mit der Pinzette den Kunststoff vom Schmelzefilter ab. Schmutzpartikel lösen sich so meist vom Filter und werden mit dem Kunststoff entfernt. Achten Sie darauf, dass sich der Schmelzefilter nicht löst.



4. Drücken Sie den Filter nochmals in die Korrekte position, bevor Sie die Düse wieder einbauen.



5. Drehen Sie die Düse wieder in das Extruder-Rohr. Warten Sie 1 Minute, bevor Sie den Extruder wieder starten, sodass sich der Schmelzefilter wieder aufheizen kann.

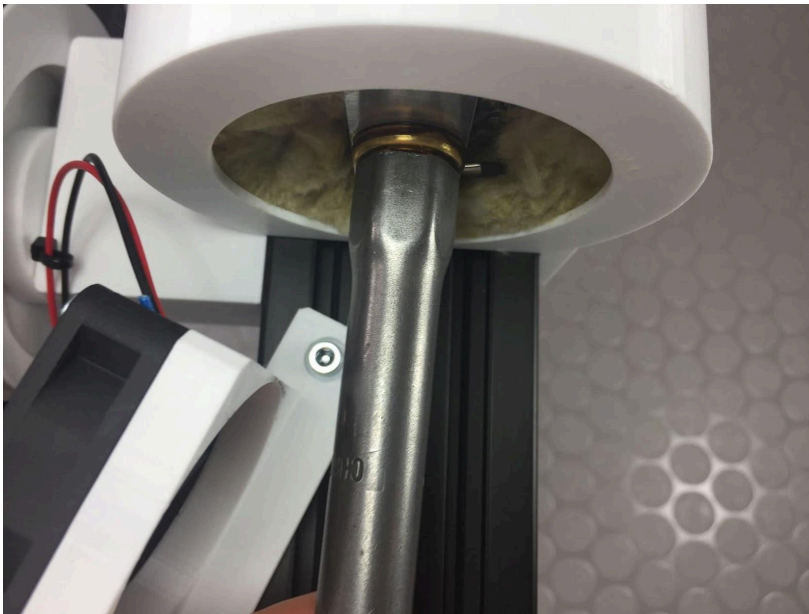


## 13.2 Schmelzefilter erneuern

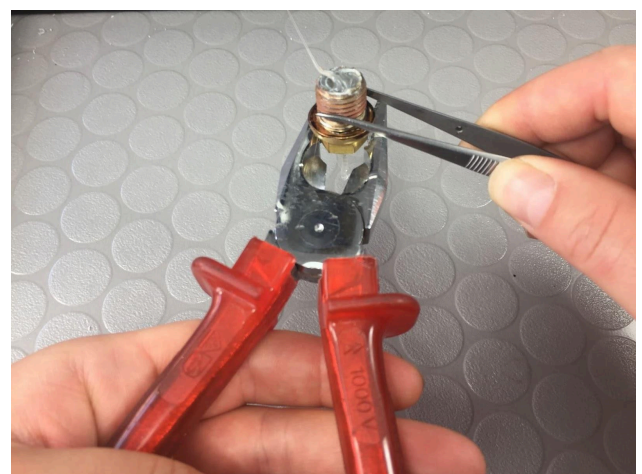
Der Schmelzefilter besteht aus einem Drahtgewebe aus Edelstahl mit einer Maschenweite von 0,3mm (Mesh 50). Das Drahtgewebe können Sie bei Bedarf im Internet nachkaufen.

Wenn der Filter beschädigt ist oder bei einem Materialwechsel entnommen wird, kann es nötig sein, diesen zu ersetzen. Bei der Erneuerung des Filters herrscht Verbrennungsgefahr, benutzen Sie Handschuhe und/oder Werkzeug, sodass Sie die heißen Teile nicht berühren. Gehen Sie wie folgt vor:

1. Heizen Sie den Extruder auf. Dann schrauben Sie die Düse heraus. Der entsprechende 13 mm Steckschlüssel ist im Bausatz enthalten.

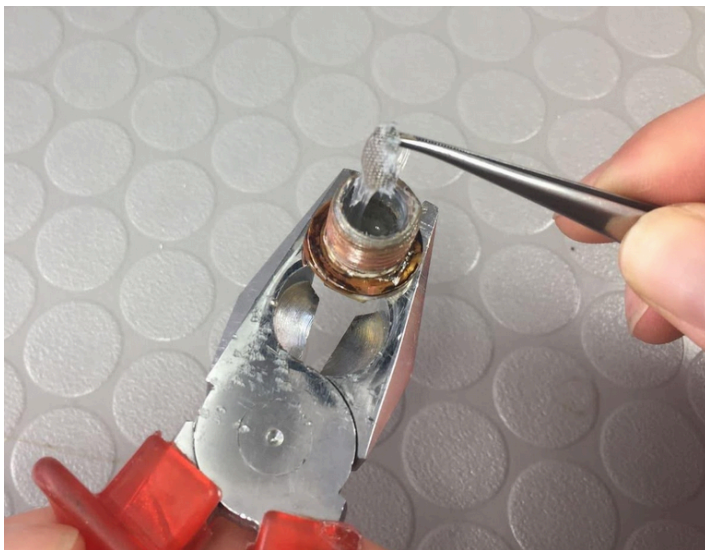
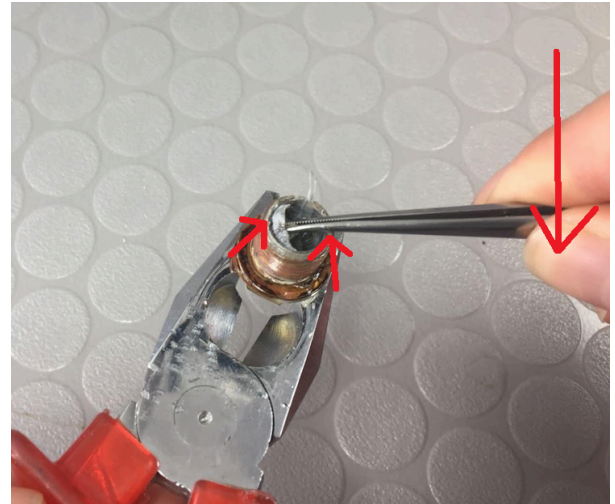
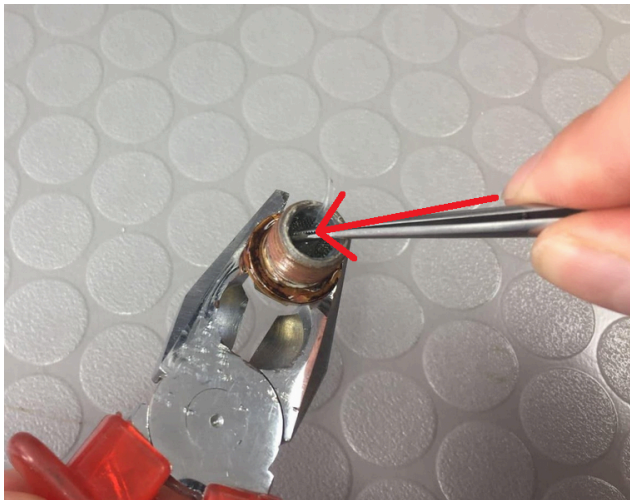


2. Nehmen Sie die Düse mit einer Pinzette aus dem Steckschlüssel und setzen ihn in eine Kombizange.





3. Nun kann der Filtereinsatz entnommen werden. Benutzen Sie dazu eine Pinzette oder eine dickere Nadel und **hebeln** das Drahtgewebe heraus.



4. Lassen Sie dann die Düse wenige Sekunden abkühlen, bis der Kunststoff darin zäh wird. Dann können Sie z.B. mit einer Spitzzange den Kunststoff herausziehen. Wenn der Kunststoff die richtige Temperatur hat, bekommen Sie fast alles an einem Stück heraus. Wichtig ist dabei aber hauptsächlich, dass der obere Rand frei von Kunststoff ist, um einen neuen Filter einsetzen zu können.



5. Nun kann die Düse mit einem neuen Schmelzefilter versehen und wieder eingebaut werden. Siehe [Aufbauanleitung 08-Düse mit Schmelzefilter](#). Wenn Sie die Düse wieder in das aufgeheizte Rohr drehen, warten Sie bitte ca. 1 Minute, bevor der Extrudermotor gestartet wird. Wenn die Düse noch zu kalt ist, kann der Schmelzefilter im inneren der Düse verformt werden.

## 14-Düse und Gewinde reinigen

---

### 14.1 Düse reinigen

Wie in Kapitel 13 angesprochen, kann es bei einem Materialwechsel im Bereich der Düse zu Ablagerungen geben. Das ist vor allem der Fall, wenn Sie von einem Material mit höherer Verarbeitungstemperatur auf ein Material mit niedrigerer Verarbeitungstemperatur umstellen. Z.B. von PETG auf PLA. Da der Kunststoff mit höherer Verarbeitungstemperatur langsamer fließt, als der Kunststoff mit niedrigerer Verarbeitungstemperatur, entstehen Ablagerungen.



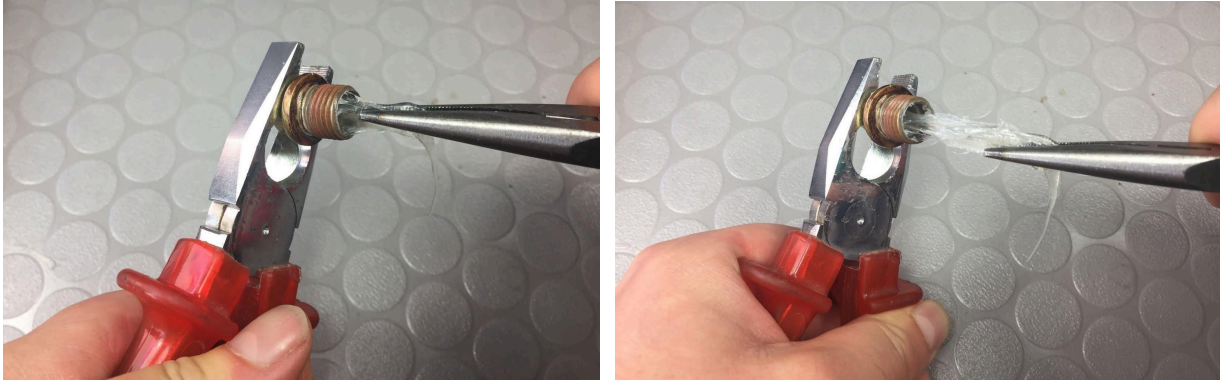
Um die Düse zu reinigen, gehen Sie wie folgt vor. Am Beispiel vom Wechsel von PETG auf PLA:

1. Bauen Sie den Schmelzefilter aus. Siehe dazu Kapitel 15.2. Dann bauen Sie die Düse wieder ein und lassen den Extruder mit der Verarbeitungstemperatur von PETG (oder etwas höher, ca. 215°C) laufen, während PLA im Trichter ist. Wählen Sie eine hohe Drehzahl des Extruders ca. 20 bis 23 RPM.. Dadurch entsteht Druck in der Düse und die Ablagerungen werden herausgedrückt. Lassen Sie den Extruder ein paar Minuten so laufen.
2. Stoppen Sie den Extruder und stellen auf eine recht niedrige Temperatur. Am Beispiel von PLA auf ca. 155°C (als Vorbereitung auf das nächste Kapitel). Dann bauen Sie die Düse wieder aus. Siehe dazu wieder Kapitel 15.2. Mit einer Spitzzange oder ähnlichem drücken Sie den weichen Kunststoff etwas zusammen und lassen die Düse kurz abkühlen. An dieser Stelle können Sie die Zange dann gut ansetzen, wenn der Kunststoff kälter und zäher wird.





3. Ziehen Sie mit der Zange den Kunststoff langsam heraus, während dieser abkühlt. Achten Sie darauf, dass er nicht abreißt und an einem Stück bleibt. Mit etwas Übung bekommen Sie so alles in einem Stück heraus. Sie müssen die richtige Temperatur treffen und beim Ziehen kann etwas Kraft nötig sein. Manchmal hilft es, wenn man mit dem Mund etwas Luft auf den Kunststoff pustet. Dann wird er an den Stellen härter, die beim Herausziehen helfen.



4. Nun sollte die Düse sauber sein. Wenn nicht, können Sie den Vorgang wiederholen. Die Düse wird aber noch nicht eingebaut. Fahren Sie nun mit Kapitel 14.2 fort.



## 14.2 Gewinde im Rohr reinigen

1. Stellen Sie den Extruder auf eine recht niedrige Temperatur. Bei PLA z.B. auf ca. 155°C. Wenn diese Temperatur erreicht ist, starten Sie den Extruder wieder mit einer recht langsamen Drehzahl (ca. 7 RPM).



2. Wenn Sie der Bereich des Gewindes mit Kunststoff gefüllt hat, können Sie z.B. einen kleinen Schraubendreher in das heiße Rohr stecken und in kreisenden Bewegungen an dem Gewinde entlang reiben und den darin befindlichen Kunststoff herausziehen. Die Temperatur darf dabei nicht zu hoch sein. Der Kunststoff sollte eher zäh, als flüssig sein. Achtung, bei drehender Extruderschnecke kann ein Werkzeug, welches in das Rohr eingeführt wird, eingeklemmt werden und die Extruderschnecke und das Rohr beschädigen. Daher das Werkzeug nicht zu tief in das Rohr schieben, sondern nur im Bereich des Gewindes bleiben. Die Ablagerungen im Gewinde bleiben so an dem Kunststoff haften. Stoppen Sie dann wieder den Extruder.

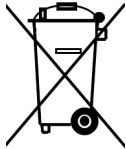


3. Nun kann die Düse mit einem neuen Schmelzefilter versehen und wieder eingebaut werden. [Siehe Aufbauanleitung Kapitel 08](#). Wenn Sie die Düse wieder in das aufgeheizte Rohr drehen, warten Sie bitte ca. 1 Minute, bevor der Extrudermotor gestartet wird. Wenn die Düse noch zu kalt ist, kann der Schmelzefilter im Inneren der Düse verformt werden.

# 15-Entsorgung des Gerätes

---

Defekte Geräte oder Elektronikteile können Sie an uns zurückgeben. Die aktuelle Anschrift finden Sie unter [www.artme.de](http://www.artme.de). Werfen Sie defekte Geräte niemals in den Müll. Elektroschrott kann auch an geeigneten Sammelstellen in Ihrer Region kostenfrei abgegeben werden. Des Weiteren eignen sich alle Bauteile des Extruders für andere verschiedene Aufgaben und können in anderen Projekten oder Geräten verbaut werden.



## 16-Problemlösungen

---

### 16.1 Blockierung der Extruderschnecke

Wenn die Extruderschnecke blockiert, dann verliert der Schrittmotor des Extruderantriebs Schritte und macht ruckartige Bewegungen bei einem auffälligen Geräusch. Das ist zunächst nicht schlimm, sollte aber nicht lange bestehen bleiben. Die Strombegrenzung des Schrittmotors dient hierbei als Überlastschutz. Wenn bei Ihnen die Extruderschnecke blockiert, prüfen Sie zunächst folgende Schritte:

1. Überprüfen Sie, ob der Schmelzefilter in der Düse ggf. verstopft ist oder sich verformt hat und zur Düsenspitze gedrückt wurde. Beides erfordert ein erhöhtes Drehmoment der Extruderschnecke und kann zur Blockierung des Motors führen. Wie man den Filter ausbaut finden Sie in Kapitel 13 der [Bedienungsanleitung](#).
2. Überprüfen Sie die Materialqualität und die verwendeten Einstellungen. Wenn die Drehzahl zu hoch ist und/oder die Temperatur zu niedrig, kann das ebenfalls den Motor blockieren. Orientieren Sie sich an den Erfahrungswerten im [Materialeitfaden](#), wobei es in Ihrem System zu Abweichungen kommen kann, da Sie ggf. andere Kunststoffe verwenden, oder der Temperatursensor leichte Abweichungen anzeigt, etc. Temperaturunterschiede von bis zu  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  und Drehzahlunterschiede von bis zu  $\pm 7$  RPM können vorkommen. Kunststoffe von verschiedenen Herstellern können unterschiedliche Verarbeitungstemperaturen haben, auch wenn sie den gleichen Namen (z.B. PETG) haben. Auch die Form des Mahlgutes kann großen Einfluss auf die Einstellungen haben. Wenn Sie z.B. das gleiche Material einmal in Pulverform und einmal in Granulatform verarbeiten, werden die Einstellungen unterschiedlich sein. Legen Sie sich auf ein Material fest und finden Sie die passenden Einstellungen. Dann notieren sie sich die Einstellungen und notieren Sie auch, wie Sie das Mahlgut hergestellt haben. Es müssen die gleichen Voraussetzungen geschaffen sein, dann geht beim nächsten mal, wenn Sie das Material verarbeiten alles ganz schnell. Dann erst versuchen Sie die Einstellungen für das nächste Material zu finden, welches Sie verarbeiten möchten.

3. Überprüfen Sie die Ausrichtung des Extruder-Rohres. Es muss gerade ausgerichtet sein, wie in Kapitel 02, Schritt 26 der [Aufbauanleitung](#) beschrieben. Wenn das Rohr durch einen Umbau oder Austausch der Teile nicht mehr gerade zur Achse des Motors ausgerichtet ist, wird die Extruderschnecke verkantet. Das kann zum blockieren des Motors im Betrieb führen.
4. Stellen Sie sicher, dass sich die Extruderschnecke weit genug im Rohr befindet. Die flache Fläche der Schnecke im Einzugsbereich muss bis in das Rohr hinein ragen. Wenn die Schnecke nicht weit genug im Rohr ist, wird Material am Eingang zum Rohr festgeklemmt, mitgedreht oder abgeschert.
5. Überprüfen Sie, ob Sie die passende Extruderschnecke verwenden. Die Extruderschnecke (high compression) ist auf die Verarbeitung von geschredderten 3D Druckabfällen aus PLA, ABS und PETG abgestimmt. Darüber hinaus lassen sich damit auch bestimmte Kunststoffe in Pellet-Form wie PLA Sorten (auf 3D Druck optimiert), ABS und PP verarbeiten. Die Extruderschnecke (low compression) ist auf die Verarbeitung von Kunststoffen in Pellet-Form wie PLA, ABS, ASA, PETG, PP abgestimmt. Die Verarbeitung von Nylon, PA, PS oder anderen technischen Kunststoffen kann nicht garantiert werden, ist aber oft möglich. Es kann allerdings sein, dass der Extruder diese Materialien zwar extrudieren kann, die Aufwicklung und Kalibrierung zu maßhaltigem Filament aber nicht funktioniert. Das liegt daran, dass diese Kunststoffe andere Viskositäten haben oder sehr schnell erstarren. Da kommt die Kalibrierung und Aufwicklung dieses Systems an seine Grenzen. Daher kann die Verarbeitung dieser Materialien aktuell nicht garantiert werden.
6. Überprüfen Sie die Position des Filament-Lüfters unter der Düse. Wenn dieser zu nahe an der Düse ist oder zu stark eingestellt ist, kann das die Düse so weit abkühlen, dass der Kunststoff zäher wird und ebenfalls der Motor blockiert.
7. Überprüfen Sie den Motorstrom des Schrittmotors. Der Motorstrom wird am externen Schrittmotortreiber über kleine Dipschalter eingestellt. Dafür ist eine Öffnung im Gehäuse der Elektronik vorgesehen. Es gibt folgende Möglichkeiten:
  - Es sieht so aus, als wäre die richtige Einstellung gewählt aber ein Dipschalter ist nicht ganz nach unten oder oben gedrückt. Dann hat dieser keinen Kontakt und es kann zu Fehlfunktionen kommen. Prüfen Sie die korrekte Schalterstellung.
  - Wenn hier eine falsche (zu niedrige) Einstellung gewählt wäre, kann der Motor blockieren, ohne dass es einen Grund dazu gibt. Überprüfen Sie dazu „Schritt 55“ in Kapitel 03 der [Aufbauanleitung](#). Schalterstellung sollte Dipswitch 1: off, Dipswitch 2: off, Dipswitch 3 on sein.
  - Es kann auch Materialabhängig nötig sein, den Strom erhöhen zu müssen. Gerade bei zähen Materialien wie PETG kann das der Falls sein. Es ist dann aber nötig, den Motor zu kühlen. Wenn Sie den Motorstrom über die Werkseinstellung erhöhen, kann ein Blockieren der Schnecke zur Beschädigungen führen. ARTME 3D übernimmt hierbei keinerlei Haftung.
8. Überprüfen Sie die Rillen im Extruder-Rohr und die Rauheit der Innenfläche des Extruder-Rohres. Wenn der Extruder neu ist, können die Rillen noch recht „scharfkantig“ sein und die Innenfläche des Rohres etwas rau. Das kann bei sehr zähen Materialien wie PETG zu Problemen führen. Das Granulat wird dann „zu stark“ in der Einzugszone gefördert, was zu viel Druck in der Kompressionszone führt. Das kann zum Blockieren der Schnecke führen. Nach längerem Betrieb können sich die Rillen etwas abrunden und die Innenfläche etwas abschleifen, sodass dann das Problem mit PETG verschwindet. Im Zweifel können Sie die Innenfläche des Extruder-Rohres etwas schleifen oder polieren. Aber Achtung, dass kann zu negativen Effekten bei Anderen Materialien führen.
9. Überprüfen Sie, ob die Heizelemente korrekt am Extruderrohr montiert sind. Bei schlechter Wärmeleitung, kann es sein, dass das Rohr im Betrieb zu weit abkühlt, ohne dass man es merkt.



10. Wenn diese Punkte nicht zum Erfolg führen, ist nicht auszuschließen, dass die Elektronik zu Schrittwertverlust des Motors führt. Das können Sie überprüfen, indem Sie den Motor ausbauen und ohne Extruderschnecke drehen lassen. Wenn der Motor dann auch stockt, ist die Elektronik das Problem. In diesem Fall [kontaktieren](#) Sie mich bitte.
11. Wenn diese Hilfestellungen nicht zum Erfolg führen, [kontaktieren](#) Sie mich bitte.

## 16.2. Extrusion nicht gleichmäßig oder keine Extrusion, obwohl Motor läuft

Wenn die Extrusionsleistung stark schwankt oder der Motor läuft aber kein Material aus der Düse kommt, prüfen Sie bitte folgende Schritte:

1. Die Korngröße ist das häufigste Problem. Vor allem bei Mahlgut. Wenn man 3D Druckobjekte schreddert entstehen manchmal dünne, flache und längliche Teilchen. Die rutschen zwar durch ein Sieb, da sie so schmal sind. Dadurch, dass diese aber deutlich länger als 5mm sind, können diese die Einzugszone kurzzeitig oder vollständig blockieren, da die an dieser Stelle im Kreis drehen und nicht direkt in die Extruderschnecke fallen. Ich vermute, dass diese Teilchen weniger entstehen, wenn das Druckteil sehr stabil gedruckt ist, mit viel Wandlinien und dichter Waben-Form des Infills. Aber nicht nur bei Mahlgut, sondern auch bei Pellets kann die Korngröße Probleme bereiten. Daher müssen auch Pellets gesiebt werden, wenn ein zu großes Korn vorhanden ist, wird die Einzugszone blockiert. Siehe [Material Leitfaden](#).
2. Die Extruderschnecke hat in der Einzugszone Anhaftungen. Das kann nach langem Gebrauch oder bei häufigem Materialwechsel vorkommen. Dann muss die Extruderschnecke gereinigt werden. Siehe [Bedienungsanleitung](#).
3. Es gibt Materialien die sehr runde, glatte und spröde Granulatkörner haben. Diese gleiten sehr gut über die Rillen im Extruder-Rohr und werden daher langsamer gefördert. Das kann auch dazu führen, dass Anhaftungen in der Einzugszone des Rohres entstehen und der Materialfluss blockiert wird. In diesem Fall müssen die Rillen im Rohr ggf. nachbearbeitet werden oder größer gefeilt werden. (Aber Achtung, das kann zu negativen Effekten bei der Verarbeitung von anderen Materialien führen).
4. Schmelzefilter prüfen, ob verstopft oder verformt.

## 16.3. Sehr häufige Verstopfung des Schmelzefilters.

Der verwendete Schmelzefilter stellt sicher, dass das produzierte Filament auf einem Drucker mit einer 0,4mm Düse gedruckt werden kann. Er ist **nicht** dazu gedacht verschmutzte Kunststoff-Mahlgüter generell zu reinigen, wie das bei Insudtrie-Extrudern der Fall ist. Das verwendete Material **muss sauber sein**. Falls doch ein Schmutzpartikel in der Schmelze ist, wird es vom Schmelzefilter aufgefangen. Sollte bei Ihnen der Schmelzefilter oft oder sehr schnell verstopfen prüfen Sie bitte folgende Möglichkeiten:

1. Lagern Sie Mahlgut sehr sorgfältig. Verwenden Sie Behälter mit Deckel, sodass kein Staub oder andere Partikel in das Mahlgut gelangen können.

2. Vermutetes Mahlgut muss vor der Verwendung gewaschen und getrocknet werden. Klebereste müssen vollständig entfernt werden.
3. Das Mahlgut muss Sortenrein sein. Wenn Sie zum Beispiel Mahlgut aus PLA verarbeiten, ist die Verarbeitungstemperatur so niedrig, dass kleine Partikel aus Beispielsweise PETG, ASA oder ABS den Filter zusetzen können. Wenn sich zwei bis drei Körner einer anderen Kunststoffsorte im Mahlgut befinden, kann das schon zu Problemen führen.
4. Es kann vorkommen, dass der verwendete Shredder kleine Metallspäne oder anderen Abrieb erzeugt, welcher dann im Mahlgut landet. Das setzt den Filter auch schnell zu. Daher stellen Sie die Messer-Spaltmaße ggf. genau ein oder verwenden Sie ein feines Sieb. Alle Partikel die kleiner sein, als Beispielsweise 1 bis 0,5mm sollten dann nicht in den Extruder gegeben werden.
5. Wenn Sie Mahlgut in einem Behälter aufbewahren und aus diesem Behälter Material in den Extruder füllen, sollten Sie den letzten Rest, welcher sich am Boden des Behälters sammelt nicht in den Extruder füllen. Darin sind meist viel Staub und Verschmutzungen enthalten, welchen den Filter dann schnell zusetzen.

Wenn Sie Filtermaterial Nachkaufen möchten, suchen Sie im Internet nach:

- Drahtgewebe aus Edelstahl mit einer Maschenweite von 0,3mm und einer Drahtstärke von 0,2mm oder
- Drahtgewebe aus Edelstahl Mesh50 mit einer Drahtstärke von 0,2mm.

Die Maschenweite wird oft in der Einheit „Mesh“ angegeben. Die Maschenweite von 0,3mm entspricht Mesh 50. Sie können bei Ebay, Amazon oder lokalen Metallbetrieben fündig werden. Geben Sie die genannten Begriffe aber am Besten zuerst in eine Suchmaschine Ihrer Wahl ein. Wenn Sie einen Filter mit größerer Maschenweite verwenden, ist der Schutz vor dem Verstopfen einer 0,4mm Drucker-Düse nicht mehr gegeben. Wenn Sie einen mit kleinerer Maschenweite verwenden, ist der Filter nicht stabil genug und wird verbogen und zur Düsenspitze gedrückt, was Probleme machen wird.

## 16.4. Display Probleme

### 1. Display friert ein und lässt sich nicht mehr Bedienen:

- Wackelkontakt an Leitung von Zugmotor und/oder Spulenantrieb. Klemmenverbindungen überprüfen.

### 2. Display ist schlecht lesbar oder reagiert langsam:

- Kontrast muss eingestellt werden. Dies ist über eine Dreh-Potentiometer auf der Rückseite des Displays möglich.