

Eigenrecycling für den Plastemetz, Teil 1

von gafu

Aus verschiedenen Gründen wollte ich schon länger Plastikabfälle wiederverwerten. Und mit der Verfügbarkeit von 3D-Druckern wurde das Thema erst richtig interessant. Aber bevor das recycelte Material wieder in Filament-Form durch die Extruder-Düse wandern kann, muss es erst einmal aufbereitet werden...

Aufbereiten - ganz einfach?

Bisher war es bei der Wiederverwertung von Plastikteilen so, dass man nur passende Stücke heraus-trennen konnte um daraus was Neues herzustellen, und die Teilstücke durch Kleben oder Verschrauben zusammengefügt hat.

Durch Aufschmelzen im Backofen kann man außerdem aus unregelmäßigen Kleinteilen dickes Plattenmaterial zusammenschmelzen.

Das ist inzwischen überholt.

In der additiven Fertigungstechnik liefen ein paar Patente bei den Oligopolisten aus, und aufgrund der Globalisierung sind elektronische Baugruppen, Elektromechanik und Mechanikteile aus Asien unglaublich billig geworden.

Dadurch wurden 3D-Drucker für den Otto-Normal-Menschen verfügbar.

Doch zurück zum Thema: In Haushalt und Gewerbe fällt eine Menge Verpackungsmaterialien und Reste aus Thermoplaste an.

Mit dem 3D-Drucker ist es erstmals möglich, im Einzelstück-Maßstab aus Thermoplaste ganz neue hochwertige Bauelemente herzustellen.

Doch zunächst muss das Material in eine verwendbare Form aufbereitet werden, und da wird es knifflig.

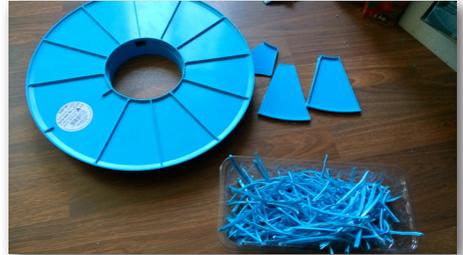
Das Material und seine Vorverarbeitung

Mein Teilprojekt hier beschäftigt sich erst einmal mit plattenförmigen Material.

In meinem Fall handelt es sich um flache, ca. 2mm starke Stücke, die ich aus Seitenteilen von alten Einweg-Kabeltrommeln mit der Blechschere ausschneide.

Die Teile komplett von Hand zu zerkleinern, dauert ja viel zu lange, daher muss das etwas abgekürzt werden. Herauskommen sollen dabei Teilstücke mit 1 bis 3mm Größe, die später in den Recycle-Extruder passen sollen.

Hier eine Umsetzung, die erst mal dazu diente, kleinere Mengen an Material für Weiterverarbeitungsexperimente herzustellen. Das Material schneide ich mit der Blechschere in 2 bis 3mm schmale Streifen. Die Streifen werden gesammelt und dann durch „die MASCHINE“ geleiert.



Kunststoff-Rollenkörper, in Streifen geschnitten

Die Streifenzerkleinerungsmaschine

Jetzt kommt das Teil, wegen dem man die ganzen langweiligen Beschreibungen bis hier her gelesen hat - die Streifenzerkleinerungsmaschine.

Die Idee des Schneidwerkes ist nicht meine eigene, die Umsetzung dagegen dagegen feinstes Gefrickel. Was ist denn angemessener, als eine Konstruktion aus den Hausmitteln des Bastelkellers: Holzlatten, Schrauben, ein Stück Wasserrohr, ein alter Akkuschauber, etwas Lautsprecherleitung und ein Kabelbinder.

Der alte Akkuschauber hat keinen Akku mehr, also wird erst mal ein Bypass angelötet. Da hier ein wenig Strom rein muss, kommt 2,5mm² Leitung zum Einsatz.

Aus China stößt ein 16-mm-Forstnerbohrer zum Projekt dazu.

Der Bohrer muss sich in einem Stück Halbzoll-Wasserrohr drehen. Das Wasserrohr hat innen leider eine Schweißnaht, die im Bereich des Bohrers ausgeschliffen werden muss. Der Stabschleifer mit einem kleinen Schleifstein ist hier behilflich.

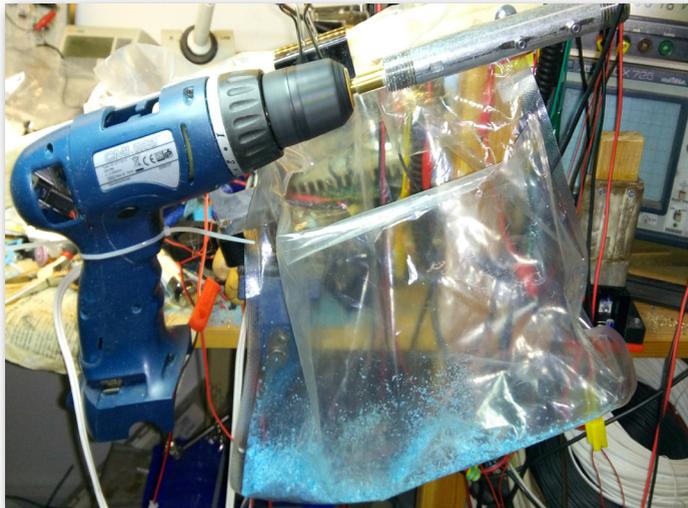
Nach dem groben Anordnen der Teile wird noch das Loch im Rohr angezeichnet, herausgebohrt und viereckig gefeilt.

Das ganze Geräffel muss nun zusammengepfriemelt werden. Also mal den Schrauber zerlegt, und eine Gehäusehälfte an eine Holzlatte gespaxt.

Dann das Rohr so auf Abstand angeschraubt, dass es mit der Längsachse des Bohrers zusammenpasst. Die Funktion ist klar, denke ich. Also ordentlich Strom auf den Schraubermotor!

In das Loch wird dann ein Streifen des Recyclingmaterials eingeschoben und während des Einschlebens schert die Außenschneide Stücke vom Materialstreifen ab.

Durch entsprechendes Schrägstellen der ganzen Apparatur wird das „ablaufen“ des Granulates aus dem Rohr in eine Auffangvorrichtung ermöglicht.



Die Streifenzerkleinerungsmaschine in Aktion

Da der Klapperatismus sich arg schüttelt, ist eine Befestigung mit Gummilagern empfehlenswert, sonst weiß „das ganze Haus“, wann die Maschine gerade läuft.

Anmerkung der Redaktion

Ich verfolge ja dieses Projekt von gafu so ein wenig aus der Ferne und habe ebenfalls angefangen, einen Filament-Extruder zu bauen, wobei meine Intention eher die ist, angefallene Fehldrucke, Filament-Abfälle und sonstige Druckreste wie Rafts usw. wieder aufzubereiten. Das lohnt sich schon, wenn man öfter druckt.

Während sich die kleineren Sachen wie Rafts gut in einem alten Küchenmixer schreddern lassen, ist mein Gartenhäckler mit seinen sechs Schlagmessern an größeren Stücken gescheitert - falsche Schreddertechnik. Derzeit warten wir noch auf das Ergebnis eines Kollegen aus dem FKNW, der einen günstigen Moment abwarten muss, um das Familien-Prunkstück namens „Thermomix“ mit faustgroßen, massiven Fehldrucken zu testen. Ansonsten können wir ja auch Jeremy Clarkson anrufen, ob er uns mal den **V8-Mixer** borgt... 😊.

Ausblick zum Thema Vorverarbeitung

Selbstverständlich habe ich bereits alternative Ideen für die Verarbeitung von Plattenwerkstoffen.

Eine ist: eine Handkreissäge wird von unten an eine Metallplatte geschraubt, ein Seitenanschlag so montiert, das vom Opferteil nur die Sägeblattbreite abgeschnitten wird. In die Handkreissäge ein sehr großes

Blatt einspannen.

Die Sägespäne werden aufgefangen und sind das fertige Granulat.

Einschätzung: Leider zu Laut für die Wohnung, und somit nicht WAF-kompatibel.

Da Plattenwerkstoffe natürlich nur einen kleinen Teil der Rohstoffvorräte ausmachen, ist natürlich für unregelmäßige Teile eine komplett andere Schreddermaschine nötig. Dazu habe ich bereits einen gebrauchten Leisehäckler beschafft, der auf seine Eignung und Umbaufähigkeit überprüft werden muss.

Damit sollte es dann auch möglich sein, Fehldrucke und alte Versionen von Prototypen direkt wieder dem Stoffkreislauf zuzuführen.

Man bräuchte einfach mehr Zeit...



Der V8-Mixer von Jeremy Clarkson
©/Bild: BBC

Aber im Ernst, ansonsten wartet bei mir noch in zweiter Reihe der Hub-Feilomat. Erste Versuche mit einer ganz groben Raspel und geringer Geschwindigkeit sahen nicht so schlecht aus.

Und noch ein Wort zur im Forum aufgetauchten Idee, das Zeug einzuschmelzen. Geht nicht, dabei geht die molekulare Struktur verloren.

Eigenrecycling für den Plastemetz, Teil 2

von gafu

Nach dem Thema „Materialaufbereitung“ geht es nun an die Konstruktion der „Filament-Maschine“. Dafür gibt es zwar weltweit schon einige mehr oder weniger professionelle Eigenbauten, aber so etwas tatsächlich mit den eigenen Mitteln ohne großen finanziellen Aufwand zu bauen, ist etwas Anderes...

Grundlegender Aufbau der Maschine

Eine Förderschnecke fördert Materialgranulat durch ein Rohr zur beheizten Schmelzzone. Auf dem Weg zur Schmelzzone wird es langsam erwärmt, da das Rohrmaterial durch Wärmeleitung bereits vor der Schmelzzone eine gewisse Temperatur erreicht. Dabei kann durch den langsamen Materialdurchlauf auch ein gewisser Trocknungseffekt erreicht werden. Die Förderschnecke reicht bis in die Schmelzzone und sorgt für eine Vermischung des Materials (wichtig, wenn Granulat verschiedenfarbiger Teile gemischt wird).

Mit einem gewissen Abstand von der Förderschnecke mündet die Schmelzzone in der Düse. An der Düsenrückseite ist ein Sieb aus Drahtgewebe, um Fremdkörper und Verunreinigungen aufzufangen, die im FDM-Druckprozeß die Düse verstopfen würden.

Der Prototyp - Frickeltechnische Umsetzung

Ein entsprechender Aufbau musste hergestellt werden, um praktische Versuche durchzuführen und geeignete Parameter zu finden, bei denen das Ausgangsprodukt mit den richtigen Eigenschaften entsteht.

Jetzt kommt also endlich der interessante Teil: Es sollte natürlich ein Low-Cost-Projekt werden.

Diese Zutaten kamen zum Einsatz:

- Ein langer Holzbohrer (Schlangenbohrer),
- Zwei Stück Halbzoll-Wasserrohr (Stahl verzinkt),
- Zwei Rohrflansche mit 1/2" IG Schraubgewinde,
- Ein 1/2" IG Messing-Gewindenippel,
- Ein 1/2" AG Verschlußstopfen,
- Ein Holzbrett,
- Metallwinkel, Gewindestab,
- Ein Scheibenwischermotor,
- China-PWM-Regler,
- Eine Hand voll Holz- und Maschinenschrauben

Erst einmal wurden zur Stromversorgung verschiedene vorhandene Netzteile extern angeschlossen. Zubehörteile wie den Einfülltrichter, Zahnräder und Halter habe ich mit dem 3D-Drucker im FDM-Verfahren (Rapid Prototyping) erstellt.



Überblick über den ersten Aufbau, hier schon mit dem ersten Getriebe für die Drehmoment-Steigerung.

Unten sieht man die Anbringung des Heizbands und das austretende erste ABS-Filament



Dazu kamen ein professionelles Heizband und ein PID-Regler.

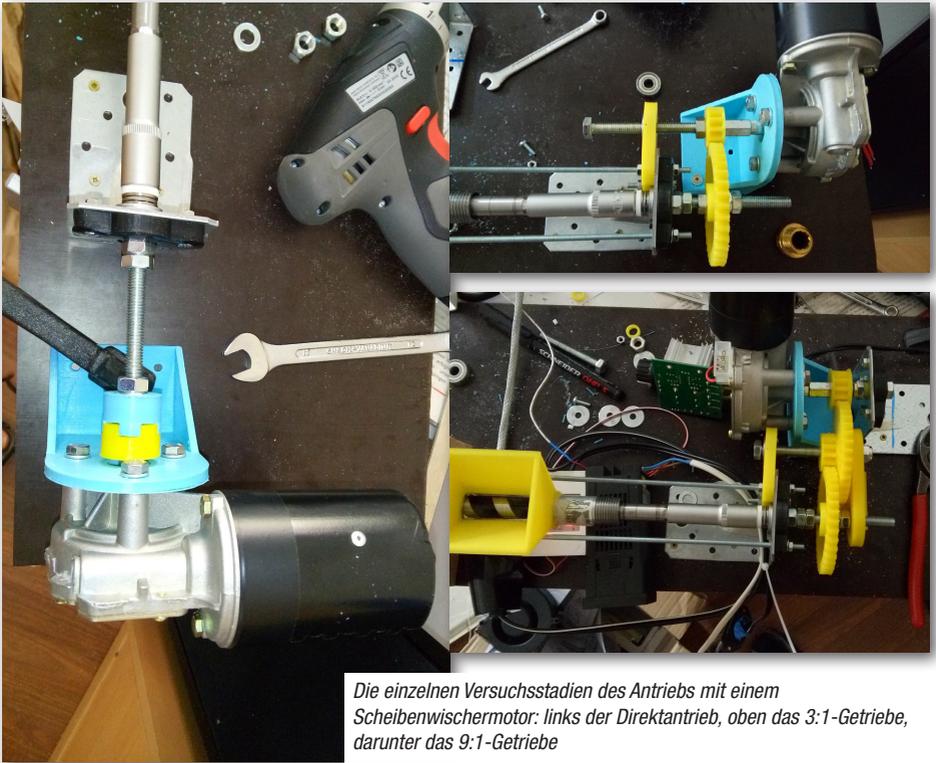
Was am Prototypen nicht funktionierte

Der ganze Klapperatismus wurde aufgebaut und begann zunächst einmal, herrlich zu quietschen. Nach ein paar Stunden Trockenlauf hatten sich die schlimmsten Stellen entsprechend aufeinander eingeschliffen und der ganze Aparillo wurde nochmal gereinigt. Dann begannen die ersten Versuche mit Material

Zu wenig Drehmoment

Zunächst wurde im Versuch erprobt, wie der Antrieb für den Apparat auszusehen hat.

Erste Versuche begannen direkt mit einem Scheibenwischermotor, der mit seinen etwa 4 Nm jedoch sehr schwach auf der Brust ist.



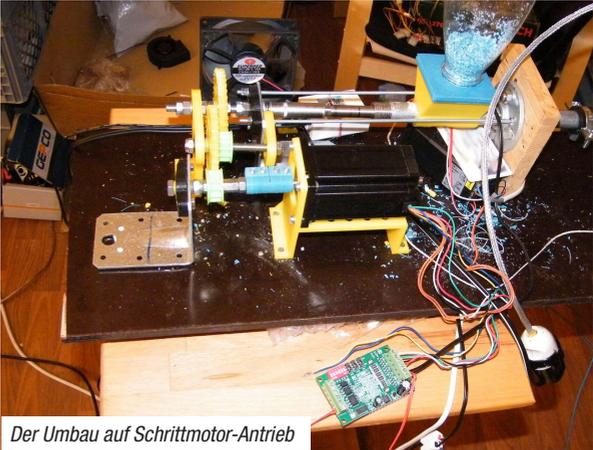
Um das Drehmoment zu steigern, wurde zunächst eine 3:1 Untersetzung mit Zahnrädern zusammengebaut, danach das Übersetzungsverhältnis auf 9:1 erhöht. So konnte ich mich mit einigen Experimenten an die benötigten Werte herantasten.

Schlechte Führung des produzierten Fadens: zickzack.

Bei einem Versuchsaufbau mit einer großen Düse und einem dahinter angeordneten Apparat zum Langziehen des Fadens, der dabei dünner und so auf den Zieldurchmesser langgezogen wird, lief der da-

Zu ungleichmäßige Drehzahl

Da der Scheibenwischermotor stark mit der Drehzahl schwankt, vor allem immer dann, wenn sich im „Einzug“ der Förderschnecke ein Materialstückchen verklemmt und gern von der Bohrerflanke abgeschert werden möchte, habe ich den Antrieb auf einen Schrittmotor umgebaut. Der Schrittmotor machte aus dem Brett in Kombination mit dem improvisierten Getriebe das reinste Musikinstrument, was durch lautes Brummen, Singen und Vibrieren dafür sorgt, dass man nicht vergisst, dass die Maschine noch läuft.



bei erstarrende Materialfaden so in den Raum hinein. Doch bei jeder Bewegung der sich aufhäufenden Schlaufen wurde durch den sich ergebenden Hebel mit dem Kippunkt der Zugwalzen der Faden an der weichen Stelle nach der Düse gestaucht und gedehnt und hin- und herbewegt. Wenn dann die ganzen krummen Stellen zu den Walzen kamen, verstärkte sich der Effekt noch um ein Vielfaches.

So habe ich viele Meter an extrudiertem Material am Anfang gleich wieder zerschnitten für den nächsten Fehlversuch.

Zu geringer Druckgradient in der Düse

Wenn die von der Förderschnecke geförderte Menge an Rohmaterial die Stellgröße ist, wieviel am anderen Ende wieder herauskommt, fährt das ganze total gegen den Baum.

Die Fördermenge ist selbst bei absolut konstanter Ansteuerung mit einem Schrittmotor nicht konstant zu bekommen. So ist jedes erzeugte Produkt sehr weit außerhalb der Toleranz.

Ich hatte also Schwankungen im Fadendurchmesser von 1,5 bis 2,1mm bei gleichmäßigem Lauf der Maschine.

Ein brauchbarer Arbeitspunkt

Nach einigen Versuchen ohne nennenswerte Verbesserungen habe ich dann ein anderes Konzept verfolgt, was auf Antrieb funktioniert hat:

Die Extrusionsmenge mit einer kleinen Düse stark einschränken. Damit wird der Düsenquerschnitt zum limitierenden Faktor. Wenn dann der Druck nur ungefähr konstant ist, kommt eine fast ideal gleichmäßige Menge aus der Düse.

Das hat funktioniert. Dabei wird die Förderschnecke schneller gedreht, es gibt einen Materialrückstau, der für einen ordentlichen Druck in der Heizkammer sorgt, und die Düse ist kleiner als der gewünschte Durchmesser.

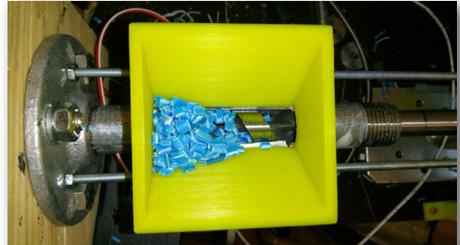
Beim Verlassen der Düse verringert sich der Druck so, dass der Faden auf Nenndurchmesser aufquillt.

Technische Daten für den zuvor genannten Betriebsfall:

Antrieb:3Ampere 4Nm NEMA24 Schrittmotor
 Ansteuerung:TB6560 Schrittmotortreiber
 Drehzahl an der Förderschnecke: 8,5/min
 Drehmoment an der Förderschnecke: 20-30Nm
 Filament Austrittsgeschwindigkeit: 0,4m/min
 Temperatur: 180°C bei ABS
 Düsendurchmesser: 1.35mm.
 Durchmesser des erzeugten Fadens: 1.75mm



Das Heizband wird von einem Temperatursensor überwacht



Die Materialzufuhr erfolgt in dieser Kammer

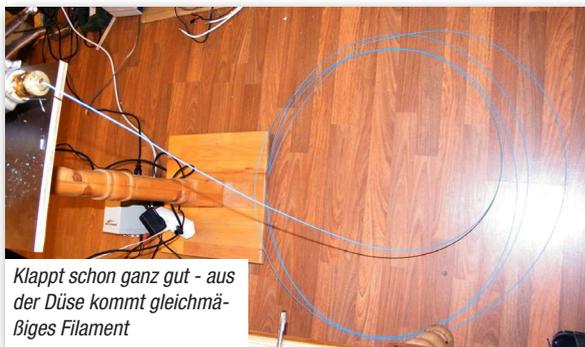
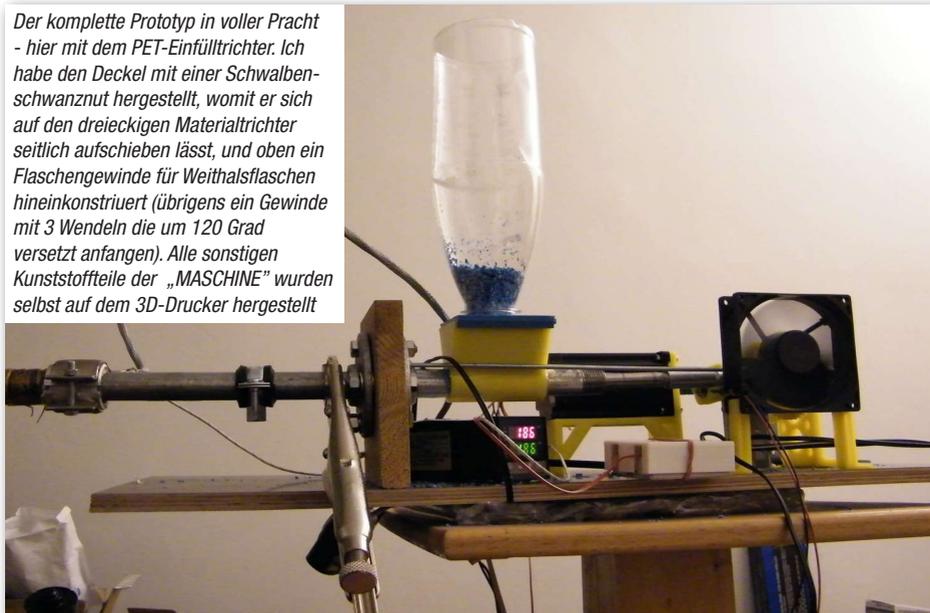


Als Fülltrichter für größere Mengen leistet der PET-Trichter gute Dienste



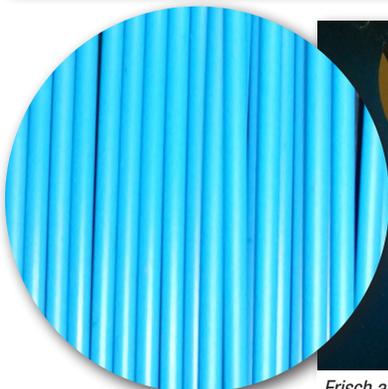
Hier sieht man deutlich das Aufquellen beim Austritt aus der 1,35-mm-Düse

Der komplette Prototyp in voller Pracht - hier mit dem PET-Einfülltrichter. Ich habe den Deckel mit einer Schwalbenschwanznut hergestellt, womit er sich auf den dreieckigen Materialtrichter seitlich aufschieben lässt, und oben ein Flaschengewinde für Weithalsflaschen hineinkonstruiert (übrigens ein Gewinde mit 3 Wendeln die um 120 Grad versetzt anfangen). Alle sonstigen Kunststoffteile der „MACHINE“ wurden selbst auf dem 3D-Drucker hergestellt



Klappt schon ganz gut - aus der Düse kommt gleichmäßiges Filament

Warnung:
Der Aufbau ist hochgradig experimentell und stellt keinen Endzustand dar. Vor dem Nachbau solcher fliegenden Installationen kann nur eindringlich gewarnt werden, wenn man sich nicht vollständig im Klaren ist, was man da tut. Wenn die Apparatur zur ordentlichen Funktion gelangt, erfolgt ein Neuaufbau.



Frisch aus der Düse - das Recycling-Filament sieht schon ganz gut aus

Eigenrecycling für den Plastemetz, Teil 3

von gafu

Im dritten Teil geht es nun um zusätzliche Komponenten für den Filamentextruder und den Ausblick auf weitere Vorhaben zu diesem doch recht umfangreichen Projekt.

Zubehör zum Filamentextruder und Verarbeitung des Recyclingmaterials

Für die Tests entstanden natürlich noch weitere Apparaturen. Wie bereits im Teil 2 beschrieben, waren dicke Düsen und folgendes Langziehen des Fadens auf Nenndurchmesser nicht so von Erfolg gekrönt. So hängt es doch wesentlich von der Gleichmäßigkeit des Fadens ab, wie sauber nachher auf dem Drucker die Ergebnisse werden.

Trotzdem möchte ich hier noch die beiden gebastelten Geräte zeigen, die vielleicht in einer späteren Version wieder zum Einsatz kommen. Voraussetzung ist das Vermessen des ausgestoßenen Fadens, und die Anpassung der Geschwindigkeit des Zugapparates in Echtzeit anhand der Messdaten.

Der Apparat zum Faden-Langziehen

Zunächst mussten gummierte Rollen her, um den Faden zu greifen: Die habe ich ausgedruckt, in den Akkuschrauber gespannt, und dann mit Silikon überzogen. Das hier verwendete Hochtemperatur-silikon ist gar nicht notwendig, das hat sich später herausgestellt, denn nach den Lüftern ist der Faden nicht mehr so heiß.

Der Überzug entsteht durch Verstreichen von Silikon auf dem rotierenden Walzenkörper mit einer Pappkarte.

Ich habe leider die Oberfläche der Rollen aus PLA nicht angeschliffen, weshalb das Silikon schlecht haftet hat. ABS ist hier wegen der besseren Bindung zur Silikonschicht besser.

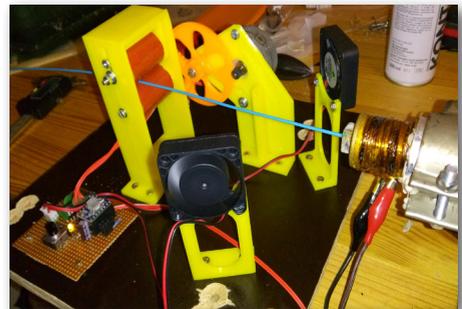


Die mit Silikon überzogenen Transportrollen

Später habe ich eine Rolle nochmal vom Silikon befreit, mit einer kleinen rotierenden Drahtbürste für den Stabschleifer (z.B. „Dremel“) aufgeraut und mit MS-Polymer überzogen. Das klebt besser und ist griffiger, macht aber Probleme, wenn die Walzen länger ohne Bewegung aufeinander liegen. Dann neigen sie an der Kontaktstelle zum Zusammenkleben. Auch ist die Elastomerschicht weniger Verschleißfest wie die aus Silikon.

Nun zum Aufbau: Oben im Aufbau versteckt, drücken zwei kleine Spiralfedern einen Bügel nach unten, in dem die obere Rolle mit zwei Miniaturkugellagern gehalten ist. Die untere Rolle wird über ein Zahnrad-Untersetzungsgetriebe von einem Schrittmotor aus einem sehr alten Tintenstrahldrucker angetrieben. (Die Windows 3.1 Treiberdisketten, die dabei waren, braucht nun keiner mehr.)

Die Zahnräder habe ich mit FreeCAD anhand der Größe des vorhandenen Zahnrades am Motor konstruiert und mit meinem 3D-Drucker (wie auch die anderen Teile) ausgedruckt.



Die Mechanik des Langzieh-Apparates mit Teilen aus dem 3D-Drucker und der Ansteuer Elektronik

An Elektronik werkelt hier ein NE555 als Taktgenerator, der passende Kondensator wurde experimentell ermittelt. Praktischerweise kann mit dem NE555 die Frequenz leicht mit einem Poti an den Bedarf angepasst werden.

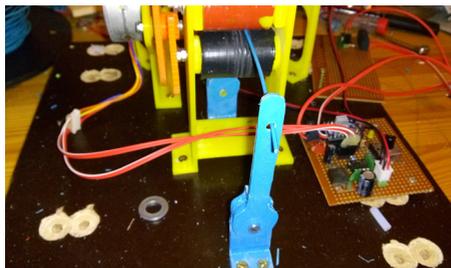
Als Motortreiber ist ein A4988-Treiber eingesteckt wie er üblicherweise in den 3D-Drucker eingesetzt

wird. Dieses Modul gibt es fast für geschenkt zu kaufen.

Da der Motor sehr schwach ist, wird alles mit 24 V angetrieben. Die Konstantstromfunktion des Motortreibers kommt aufgrund der hohen Spulenwiderstände des Motors nicht zum Zug. Die kleinen 12-V-Lüfter sind in Reihe geschaltet und mit einem Elko über „der Mitte“ stabilisiert.

Später habe ich noch zwei Fadenführungen nachgerüstet, eine direkt vor den Walzen, eine ein paar Zentimeter dahinter.

Direkt vor den Walzen ist der Faden bereits komplett erhärtet.



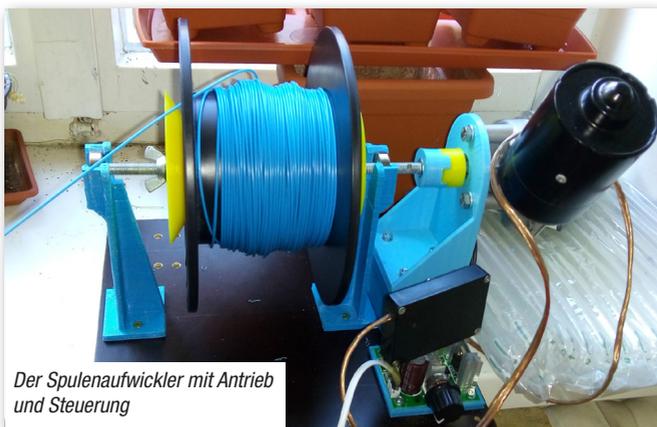
Hier sind die beiden blauen Fadenführungen zu sehen

Der Spulenaufwickler

Wenn der Faden aus dem Fadenzieher kommt, könnte er in einem leicht durchhängenden Bogen zum Spulenwickler laufen.

Auf geordnete Aufwicklung habe ich erst mal verzichtet, denn dieses Problem kann auch später noch gelöst werden, wenn alles andere mal funktioniert.

Zwei Kegel sorgen für zentrisches Spannen einer Filamentspule. Diese Spulen haben je nach Hersteller immer noch völlig verschiedene Abmessungen, was natürlich auch für das Loch in der Mitte gilt. Leider konnten sich die Hersteller nicht auf standardisierte Spulen einigen. Vorschläge dazu gab es ja bereits. Der rechte Kegel ist mit einer festgeklebten Mutter rechts arretiert, der Linke kann mit öffnen der Flügelmutter abgenommen werden. Am rechten Ende ist ebenfalls mit einer aufgeklebten Mutter eine Klauenkupplung befestigt.



Der Spulenaufwickler mit Antrieb und Steuerung

In zwei Haltern mit 608 Kugellagern (kennt man aus Inlineskatern) kann der Gewindestab nach rechts oder links verschoben werden. Die Halter klemmen die Kugellager nur, so das sie nach oben mitsamt der „Welle“ herausnehmbar sind.

So kann die Spule mit zwei Handgriff entnommen werden, Gewindestab nach links schieben und alles nach oben herausziehen.

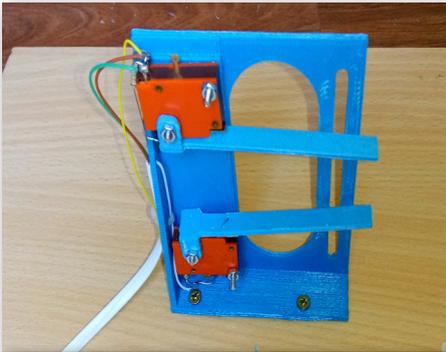
Die Kraftübertragung zwischen den Kegeln und dem Spulenkörper ist begrenzt, was im Fehlerfall dafür sorgt, dass sich der Apparat nicht am Filamentfaden durch die Werkstatt hangelt.

Als Antrieb habe ich den Scheibenwischemotor wiederverwendet, der im Filamentextruder später durch einen Schrittmotor in der Hoffnung ersetzt wurde, die Toleranzen in den Griff zu bekommen (was nicht funktioniert hat).

Elektrisch ist das ganze nicht sehr spannend. Es kommt ein 10-A-PWM-Motorsteller-Modul zum Einsatz, welches einen Zusatzanschluss für ein Externes Poti hat.

Dazu habe ich einen mechanischen „Sensor“ gebaut, der auf den Boden gestellt wird. Wickelt der Aufwickler zu schnell und zieht das im Bogen verlaufende Filament hoch, schaltet ein Mikroschalter einen zusätzlichen Widerstand über das eingebaute Poti des Motorstellers und verlangsamt den Wickelantrieb deutlich. Je nach Voreinstellung am PWM-Motorsteller wird es viel langsamer oder hält an.

Nach unten könnte über einen zweiten Schalter die Wickelgeschwindigkeit auch beschleunigt werden, was aber bei 1.75er Filamentfaden am geringen Fadengewicht scheiterte.



Der mechanische Sensor zur Drehzahlregelung

Die Erfahrung hat auch gezeigt, dass eine Geschwindigkeitsumschaltung ausreichend ist.

Im Betrieb mit dem freifallendem Filamentfaden vom erhöht positioniertem Filamentextruder ist die Aufwicklung leider nicht anwendbar, ohne Unregelmäßigkeiten im Faden zu verursachen.

Mit einem optischen Sensor wird es vielleicht gehen. Bis dahin wickle ich den sich selbst organisierenden Ring unter dem Extruder ab und rolle das mit dem Spulenaufwickler dann zusammen, wenn ich fertig mit Extrudieren bin, was bei dem derzeitigen Stand ja ohnehin einige Stunden dauert.

Weiterer Ausblick

Nachdem nun erste vielversprechende Ergebnisse erreicht wurden, was sich auch beim Druck des Materials im Drucker zeigt, ist natürlich noch einiges an Weiterentwicklung und Optimierung zu tun.

Weitere Fortschritte sind auf jeden Fall sowohl in der Materialvorbereitung als auch im Extruder in der Extrusionsgeschwindigkeit notwendig.

Am Extruder ist neben der Elektrik vor allem das Getriebe als Schwachstelle zu nennen, was sich mit den schmalen 6- und 8-mm-Zahnradchen bei den etwas höheren Drehmomenten als erwartet doch ab und zu zerlegt hat.

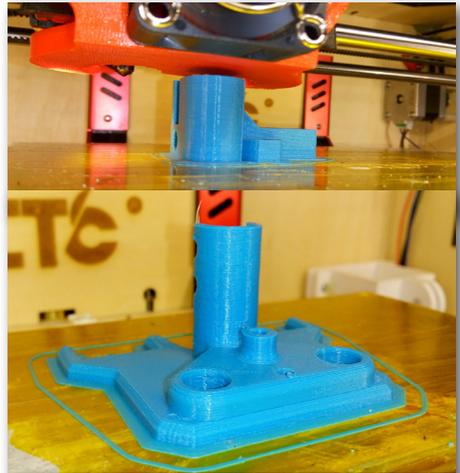
Es ist interessanterweise immer das mittlere kleine Zahnrad kaputt gegangen, welches im Fehlerfall lautstark seine Zähne durch den Raum geschossen hat. Der Fehlerfall lag dabei jeweils irgendwie anders im System, vor allem, wenn sich die gekonterten Muttern auf den Gewindestäben doch angefangen haben, mitzudrehen und das Getriebe sich völlig verspannt hat, oder das Düsensieb vollkommen zugesetzt war und nichts mehr durch ging.

Ich hatte dann das Zahnrad zweiteilig hergestellt, so

das ich das kleine Rädchen einzeln wechseln kann. Das ist schnell gedruckt und kostet nur etwa 14 Cent Material (7 Gramm).

Druck des Materials

Nach den ersten eher schlechten Extrusionen, die sich nur zum Drucken eigneten, wenn man die besten Stücke herausgeschnitten oder die dicken Stellen mit Abschaben von Material manuell angepasst hat, konnte ich mit der inzwischen deutlich verbesserten Qualität gute Resultate beim Drucken erzielen. Zwei Fotos von Konstruktionsteilen beim Druck zeigen das eindrucksvoll.

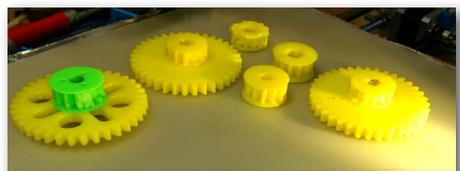


Ganz manierlich - Druckstücke aus dem Recycling

Zusammenfassung

Auch wenn einiges nicht auf Antrieb so lief wie es sollte, ist es mit Hausmitteln dennoch definitiv möglich Recycling im Haushaltsmaßstab durchzuführen. Es ist erst der Anfang gemacht, doch der Fortschritt ist ja bekanntlich nicht aufzuhalten.

Damit verbleibe ich mit einem Foto der in diesen Versuchen zu Schaden gekommenen unschuldigen Zahnradern und wünsche allen Lesern noch gutes Gelingen!



Es gab auch ein paar Tote - zahnlose Zahnräder