

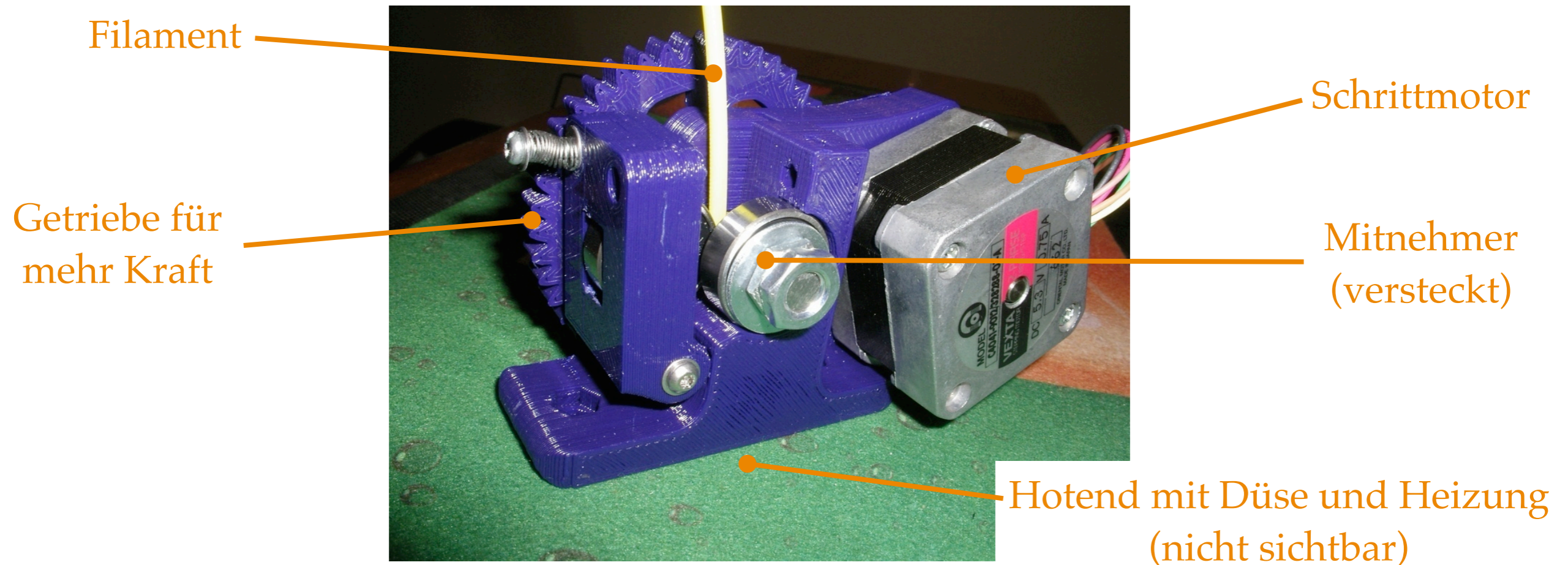
# Granulat-Extruder

Die Befreiung vom (teuren) Filament

Markus "Traumflug" Hitter, Mai 2014

# Das benutzt heute "Jeder"

## Beispiel: Greg's Extruder, ca. 7. Version



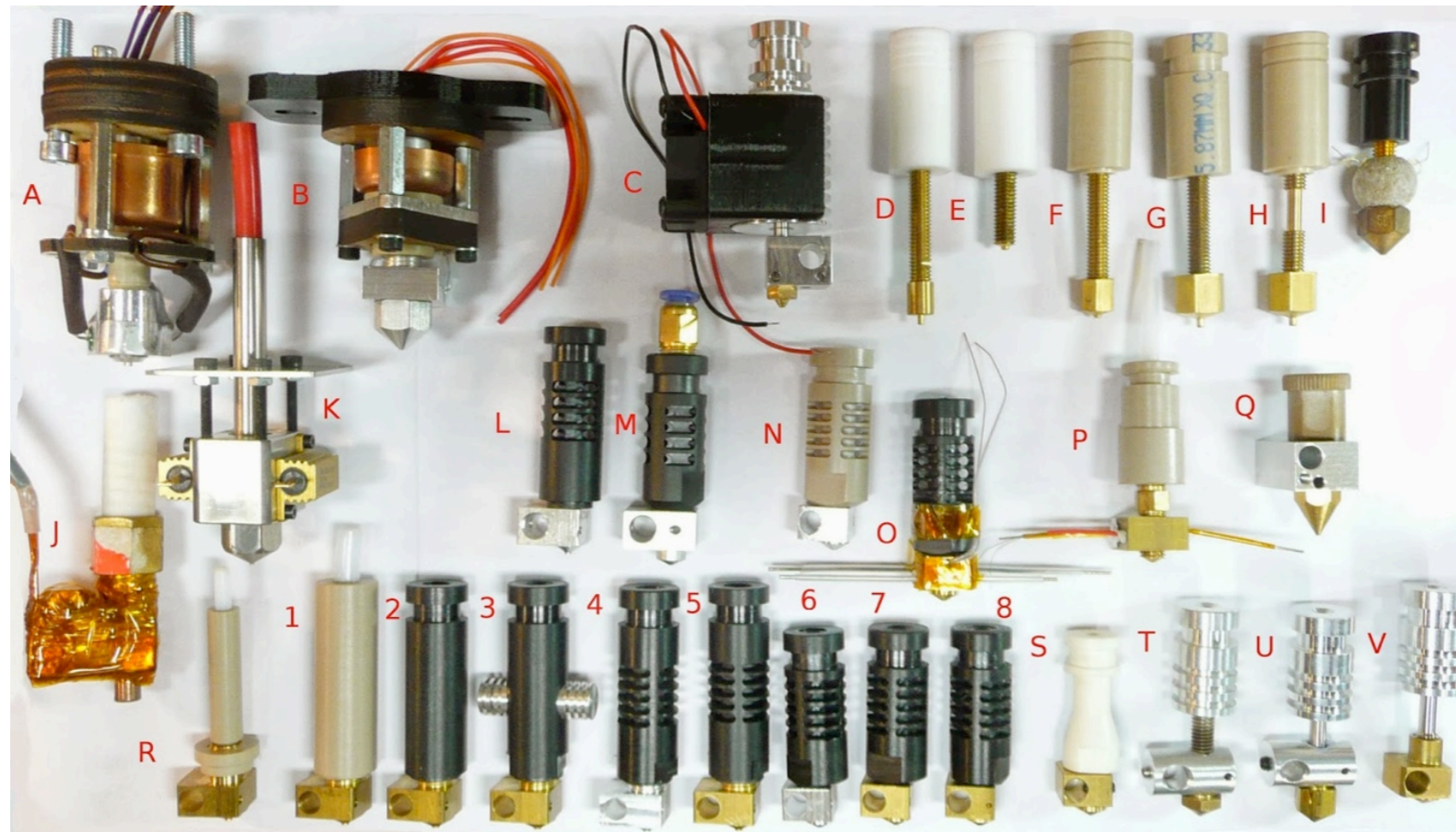
Filament-Extruder schieben einen Kunststofffaden in eine beheizte Düse.

Vorteil: einfaches Prinzip (ähnlich Heissklebepistole).

Nachteil: man kann nur Filament verarbeiten.

# Filament-Extruder

## Die Auswahl ist riesig



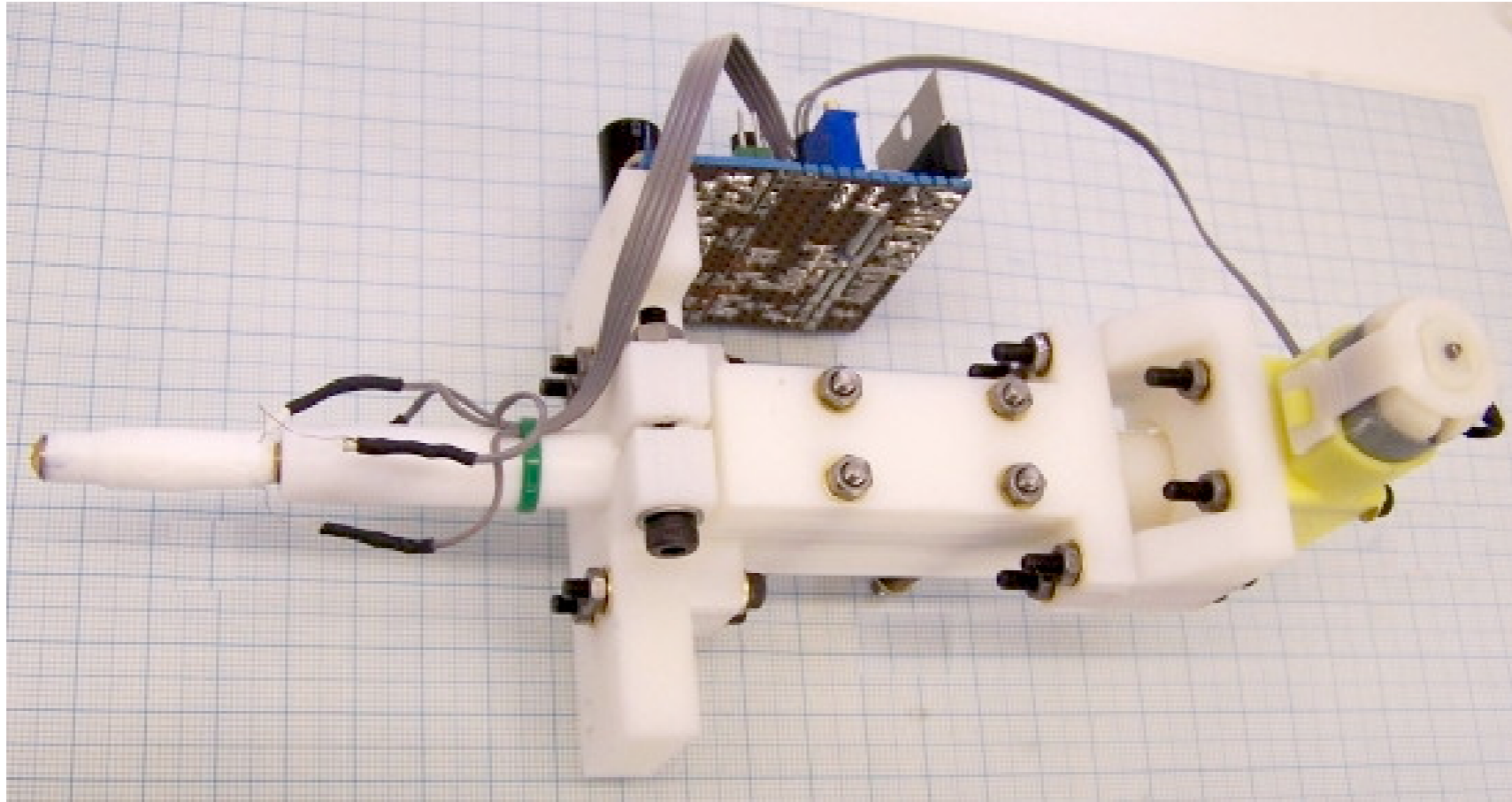
Typisch für RepRap-Konstruktionen: jede(r) hat seine eigenen Ideen, es gibt hunderte Varianten. Hier die Hotend-Kollektion des RepRappers Reifsnyderb.

Anstatt Grundlagen zu erarbeiten wird wild herum probiert. Nach mehreren Jahren funktioniert die Technik inzwischen zuverlässig, doch neue Wirkprinzipien stellen eine SEHR hohe Hürde dar: die Entwicklung würde erneut Jahre dauern.

# Wenn man jetzt vom Filament weg kommen würde ...

Preis PLA- oder ABS-Filament:	€ 15,- bis € 40,- je Kilogramm.
Preis PLA- oder ABS-Granulat:	€ 1,50 bis € 2,50 je Kilogramm.
Preis selbst geschreddertes Granulat:	€ 0,-
Verfügbare Filament-Materialien:	ca. 20
Verfügbare Granulat-Materialien:	ca. 150
Verfügbare Filament-Qualitäten:	Abhängig von der Laune des Herstellers.
Verfügbare Granulat-Qualitäten:	Auch Originalware mit Datenblatt und garantierten Eigenschaften.

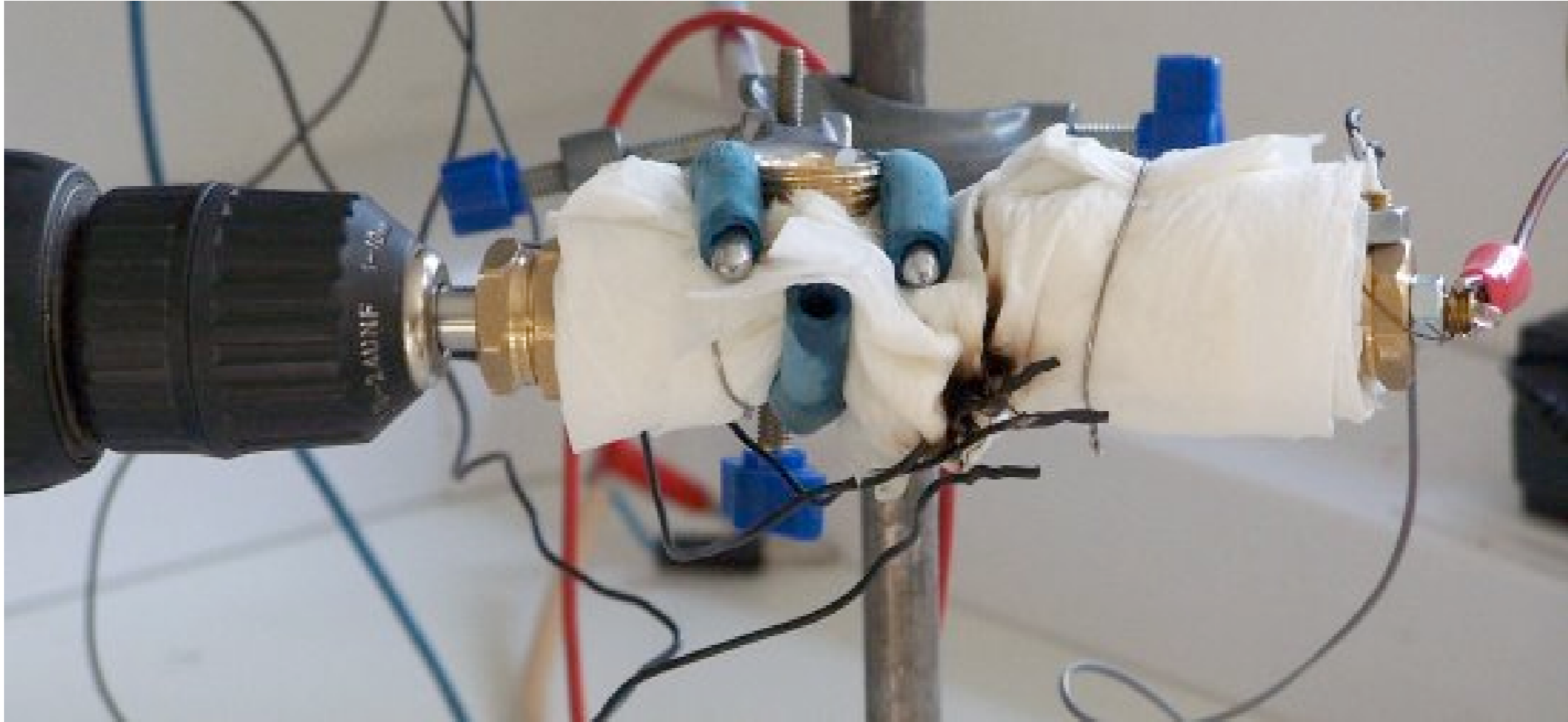
# Zurück in der Zeit, November 2005: ThermoplastExtruder



So fing das mal an: Gleichstrommotor, parallel laufendes Gewinde als Mitnehmer, selbst gewickelter Widerstandsdraht als Heizung.

Siehe <http://reprap.org/wiki/ThermoplastExtruder>

# Kurz darauf erste Versuche mit Granulat: The Twist Drill Extruder, Februar 2006

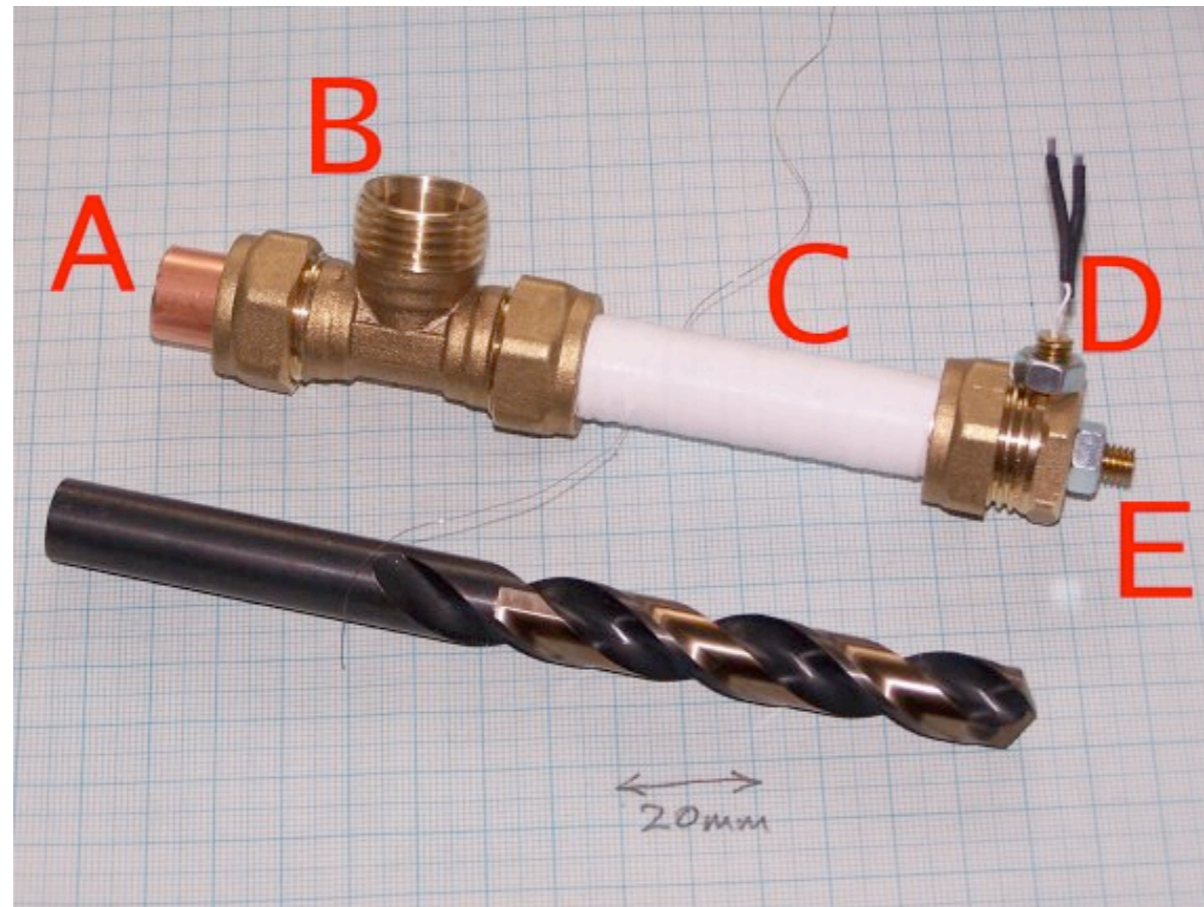


Eine Konstruktion von Adrian Bowyer.

Siehe <http://blog.reprap.org/2006/02/twist-drill-extruder.html>

Laborständer, Handbohrmaschine, Krokodilklemmen, Klebpapier, Papierhandtücher ...

# The Twist Drill Extruder, Februar 2006



... doch auch: ein relativ einfacher Aufbau aus Baumarkt-Materialien:

A: Dort kommt der Bohrer rein.

B: Granulatzulauf

C: Heizbereich

D: Thermistor

E: Extruder- Düse

# The Twist Drill Extruder, Februar 2006



Das Ergebnis: es kommt was raus... man kann Filament selbst herstellen!

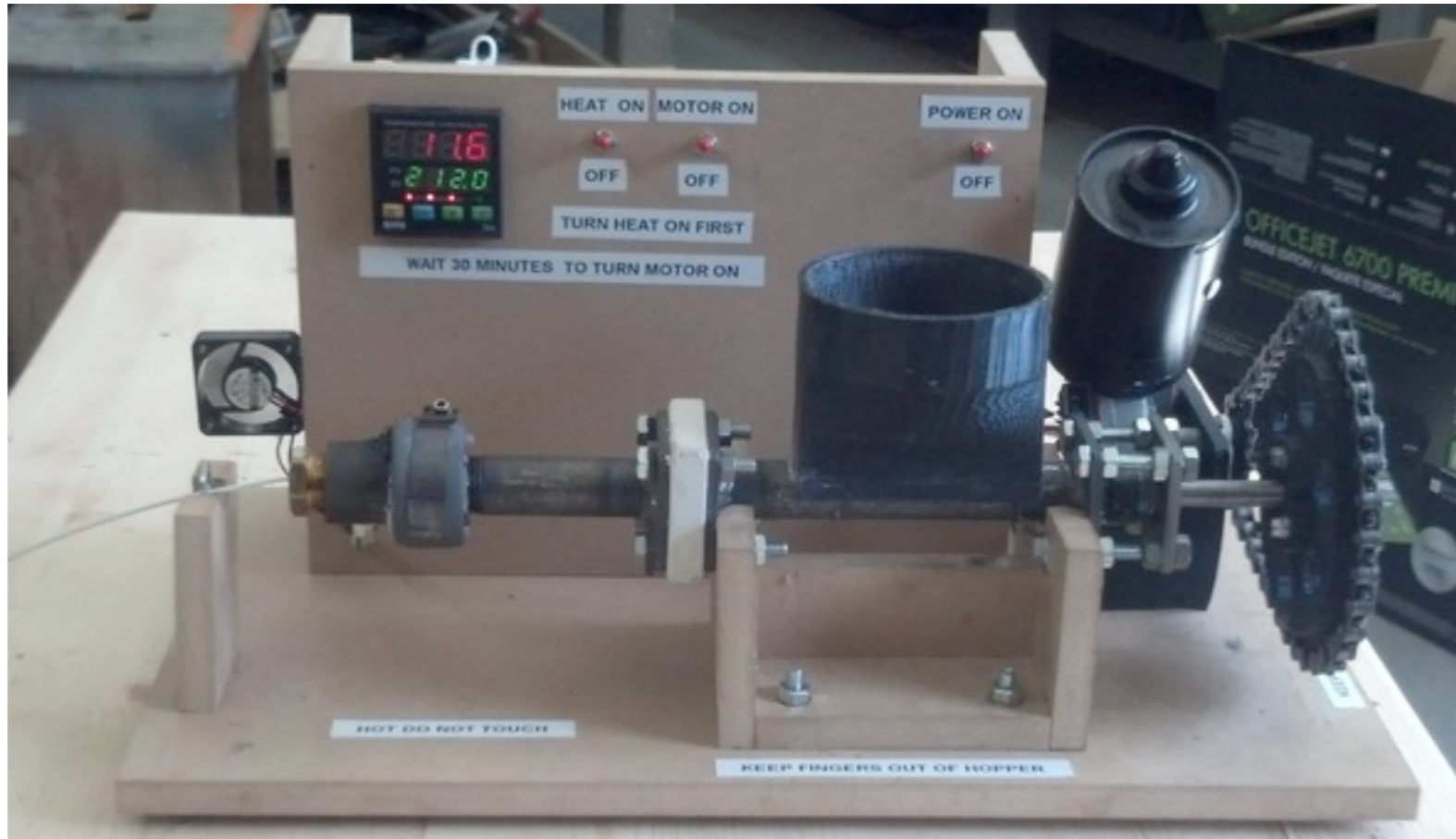
- 30 U/min
- 36 Watt Heizleistung (zu wenig)
- Düsendurchmesser 2,5 mm ergibt 3,15 mm Filament



Dann kam viele Jahre nichts ...

Quellen für Filament wurden erschlossen, dass man Filament selbst herstellen kann geriet in Vergessenheit.

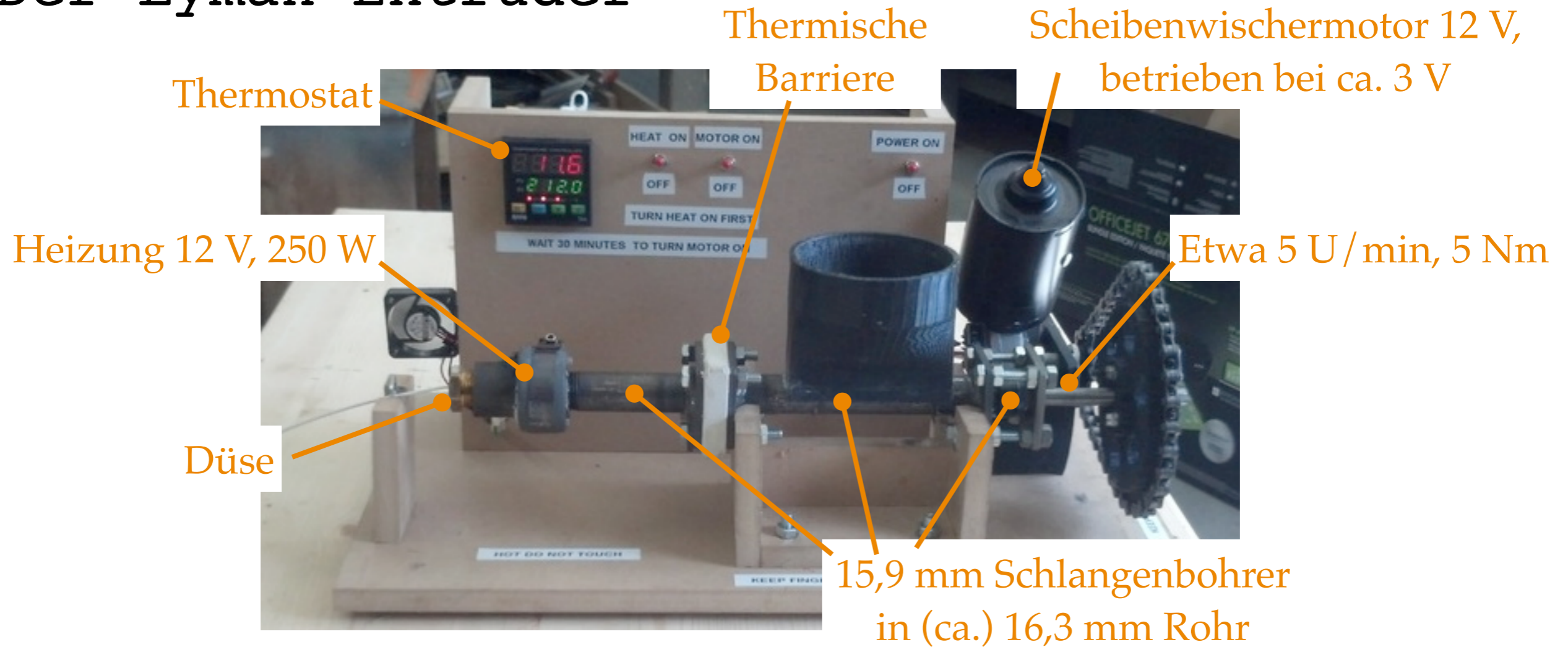
# Endlich, 2013: Der Lyman-Extruder



Hugh Lyman hat einen funktionierenden Extruder für solches Filament entworfen und erstklassig dokumentiert:

<http://www.thingiverse.com/thing:30642>

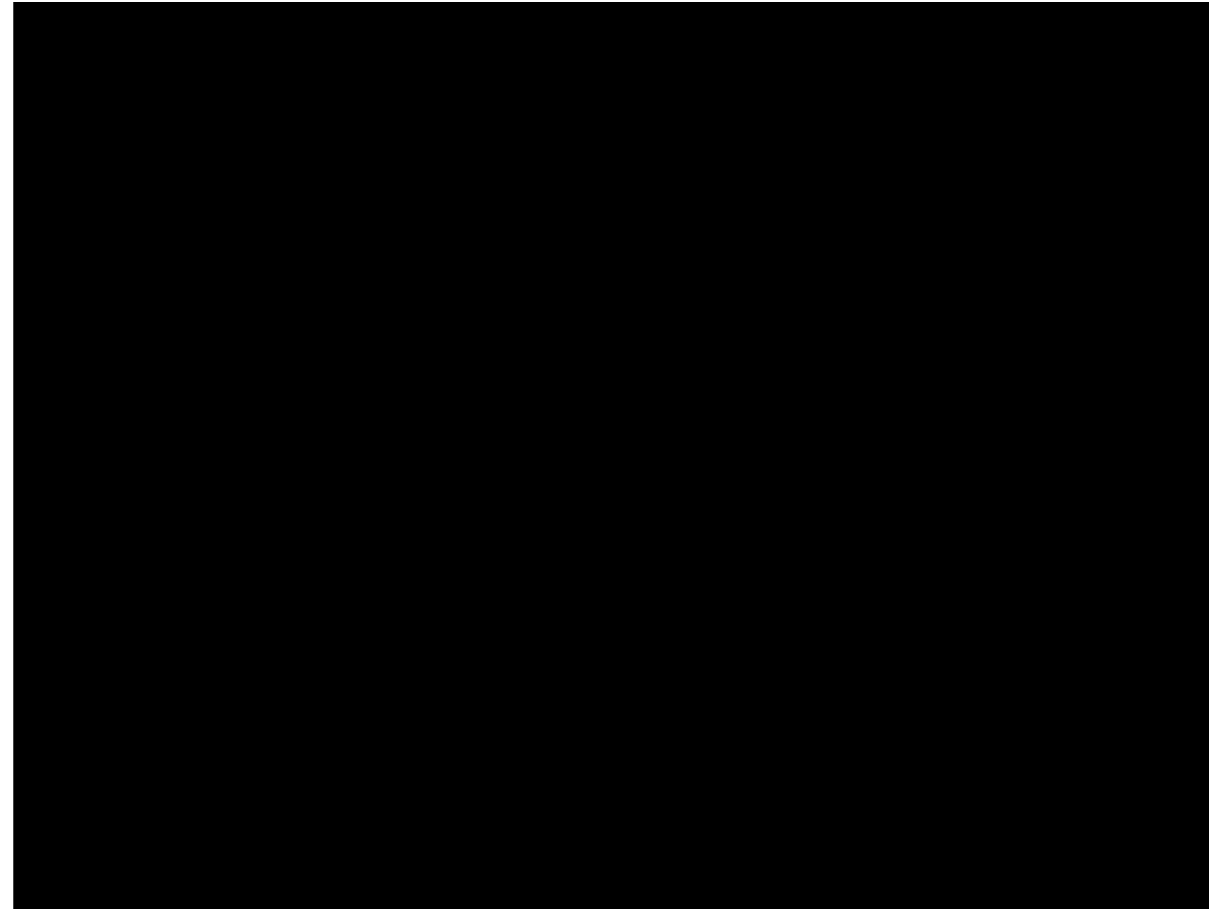
# Der Lyman-Extruder



Alle Teile lassen sich einfach kaufen oder leicht herstellen. Nur die Flansche des Extruderrohrs sind geschweisst. Da lässt sich vermutlich auch eine andere Lösung finden.

Das extrudierte Filament wird zum kühlen leicht angeblasen, dann fällt es auf den Boden. Erreichte  $\emptyset$ -Genauigkeit:  $\pm 0,05$  mm (behaupten die FilaStruder-Leute).

# Der Lyman-Extruder



So läuft der Lyman-Extruder (Video)

<http://www.youtube.com/watch?v=hlZ687sMvZo>

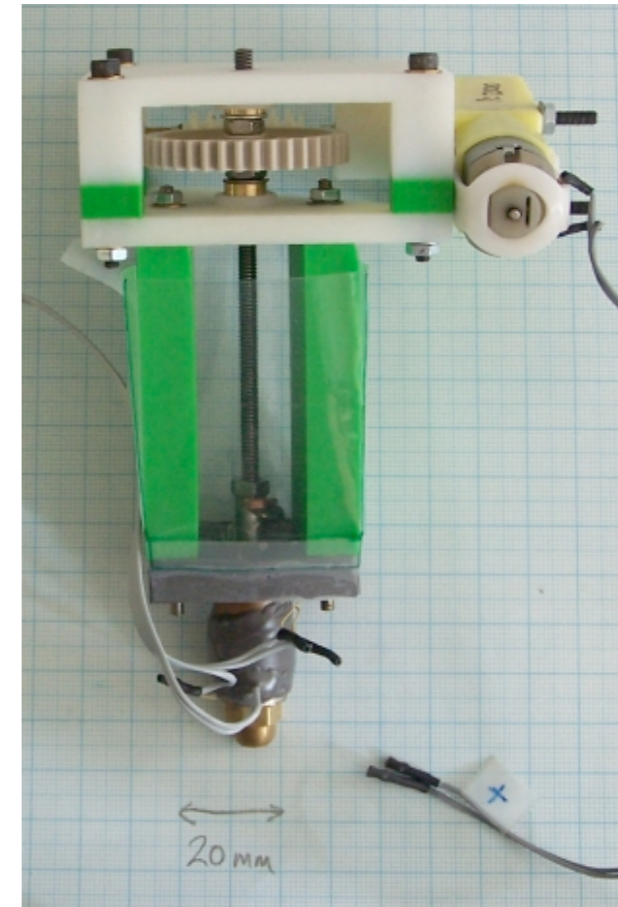
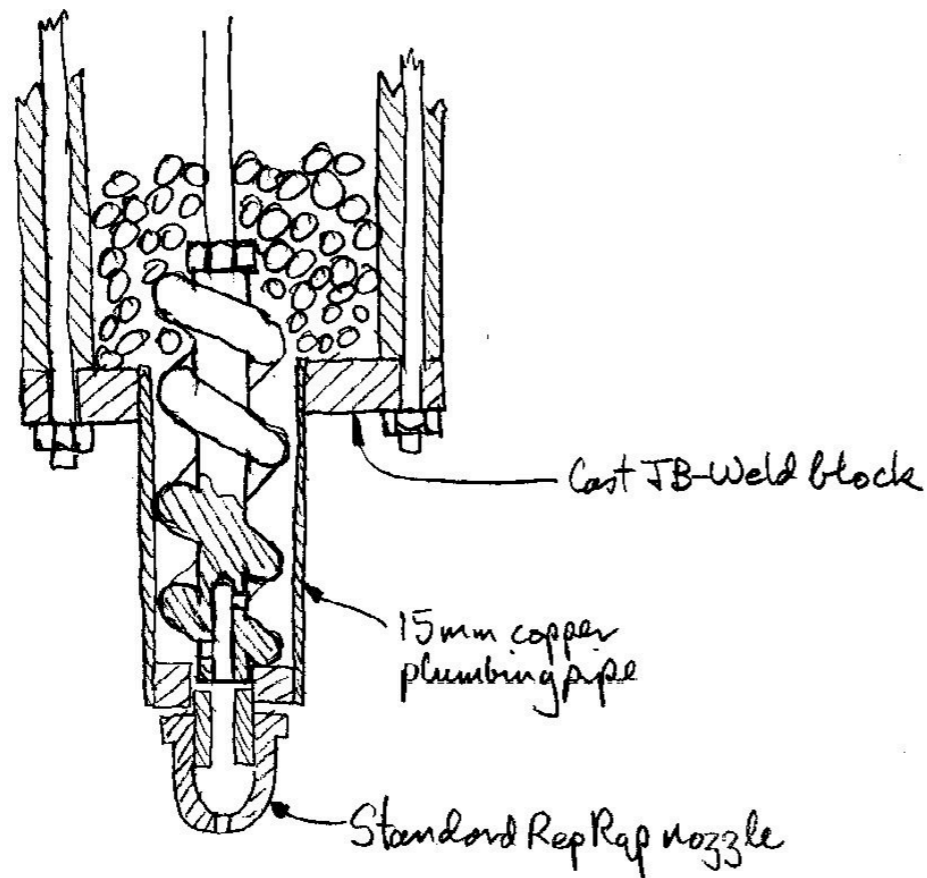
... es geht ziemlich gemütlich zu ...

# Warum eigentlich Filament herstellen?

Die Frage ist schon berechtigt, denn

- es ist recht anspruchsvoll, das Filament sauber und gerade abzulegen,
- Der Kunststoff muss zweimal aufgeschmolzen werden,
- was Energie kostet,
- was Zeit kostet,
- was die Qualität des Kunststoffs nicht gerade verbessert.

# Erneut zurück in der Zeit, September 2007: GranuleXtruder

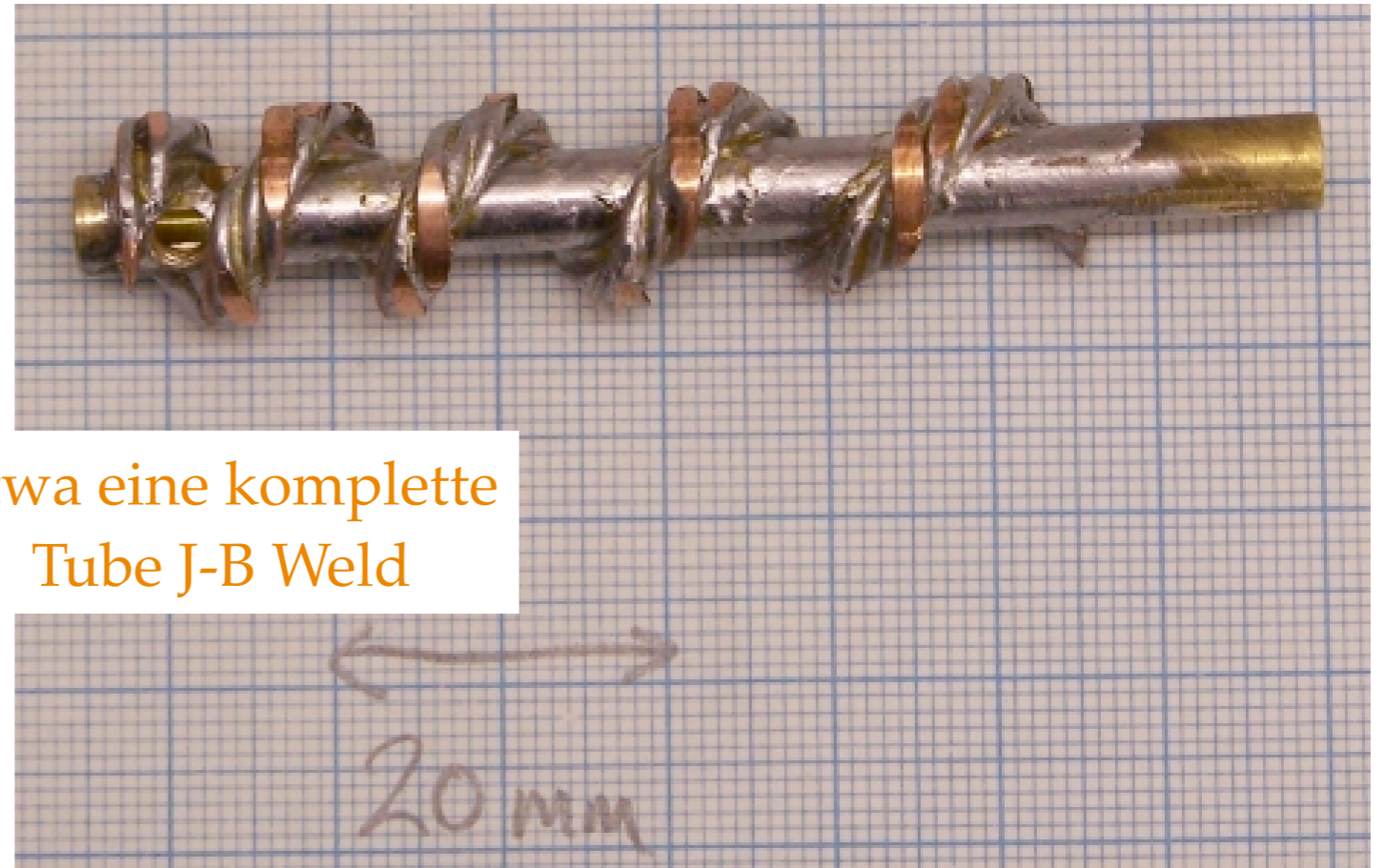
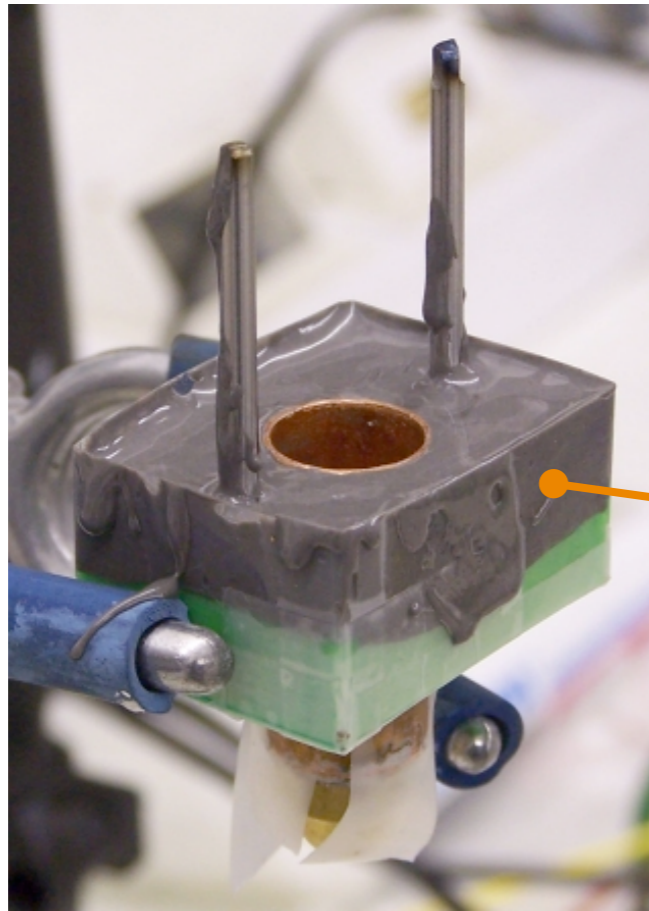


Ebenfalls von Adrian Bowyer.

Siehe <http://reprap.org/wiki/GranuleXtruder>

Gleichstrommotor, Schneckengetriebe, Extruderschnecke, gedrucktes Gehäuse.

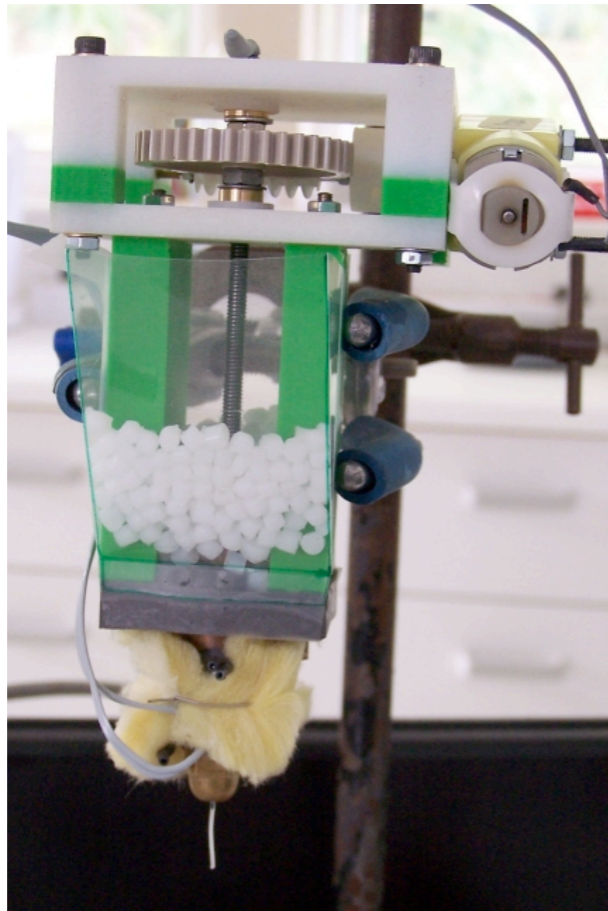
# Granulextruder, September 2007



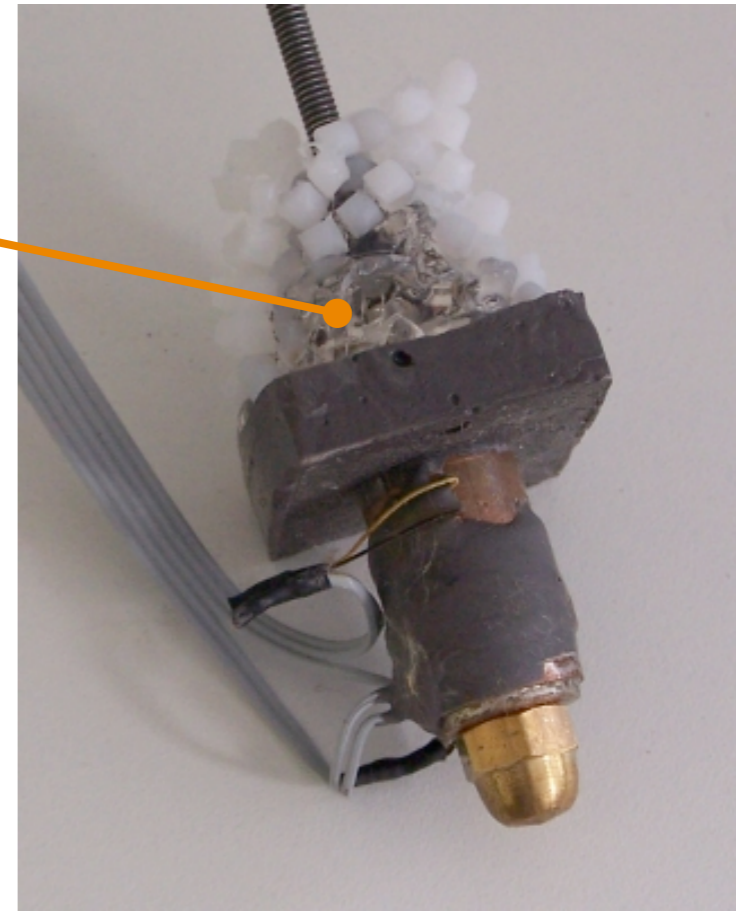
Das Gehäuse ist aus temperaturbeständigem Epoxy gegossen. Die Extruderschnecke ist aus Messingrohr, umwunden mit verzwirbeltem Kupferdraht. Das Kupfer ist aufgelötet, dann überdreht.

Ausgang mittig durch eine seitliche Bohrung. Dadurch kann die Schnecke auch unten gelagert werden.

# Granulextruder, September 2007



Klumpen!



Ergebnis: funktioniert!

Zumindest eine Zeit lang. Dann bildet sich am Schneckeneingang ein Pfropfen.

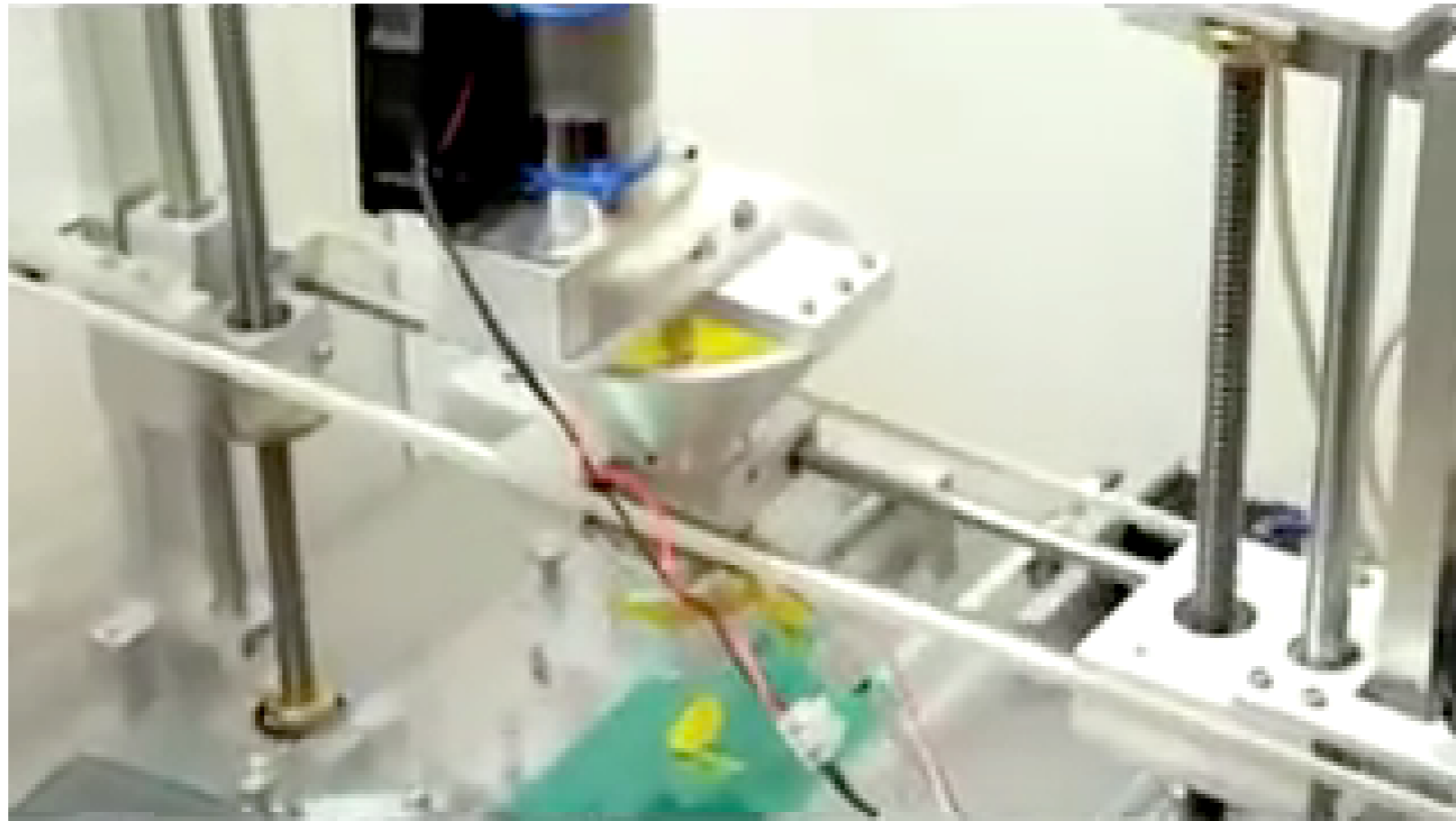
Ein ähnliches Problem ist auch bei Filament-Extrudern bestens bekannt (und inzwischen gelöst).



Dann kam mal wieder viele Jahre nichts ...

Filament-Shops sprossen wie Pilze aus dem Boden, dass es auch anders geht, geriet in Vergessenheit.

... doch, Moment ...

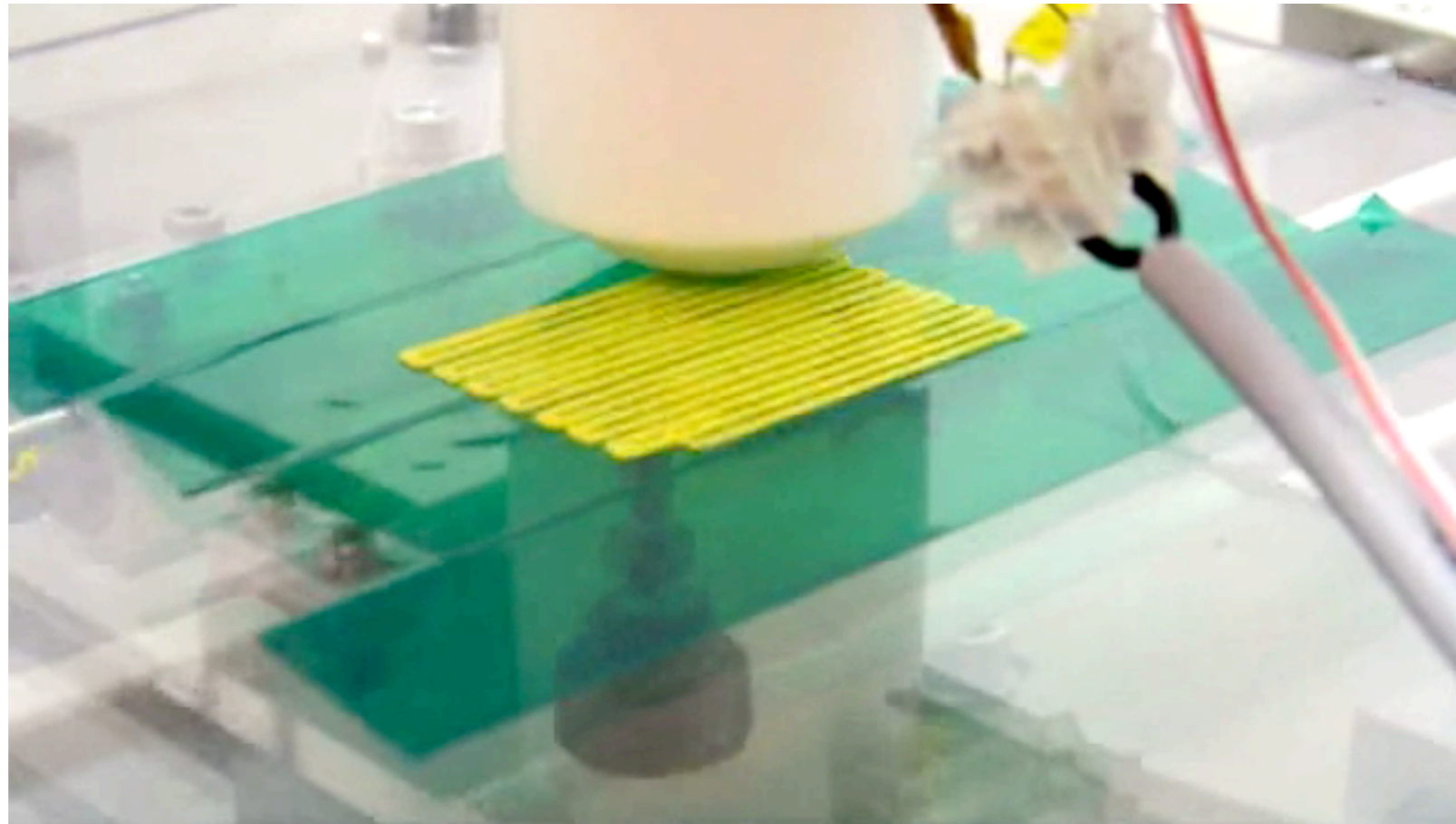


Im Januar 2011 postete ein @repbotatbavaria ein YouTube-Video seines funktionierenden Granulat-Extruders:

[http://www.youtube.com/watch?v=EUG\\_a21JM9A](http://www.youtube.com/watch?v=EUG_a21JM9A)

<http://www.youtube.com/watch?v=0l-8UpCbK2A>

... doch, Moment ...



Der hat funktioniert. Leider konnte sich der Erschaffer nicht zu einem Eintrag ins RepRap-Wiki aufrufen, damit ist seine Entwicklungsarbeit verloren. Trotzdem bleibt:

**Es geht also!**

# Wirkprinzipien der Granulat-Extruder

Neben dem Prinzip der Extruderschnecke, die man von den Spritzgussmaschine übernommen hat, gibt es noch weitere Prinzipien, mit denen vielversprechend experimentiert wird:

- Ein grosser Druckkolben ähnlich einer Medizinspritze, komplett auf Schmelztemperatur.
- Ein kleiner Druckkolben, der sich nach jeder Schicht aus einem Reservoir flüssigen Kunststoff nachfüllt.
- Eine unter Druckluft stehende Schmelzkammer mit verschliessbarer Düse.
- Eine Art Zahnradpumpe, die zumindest im Pumpenbereich auf Schmelztemperatur gehalten wird.

# Vergleich Lyman-Extruder – GranuleExtruder

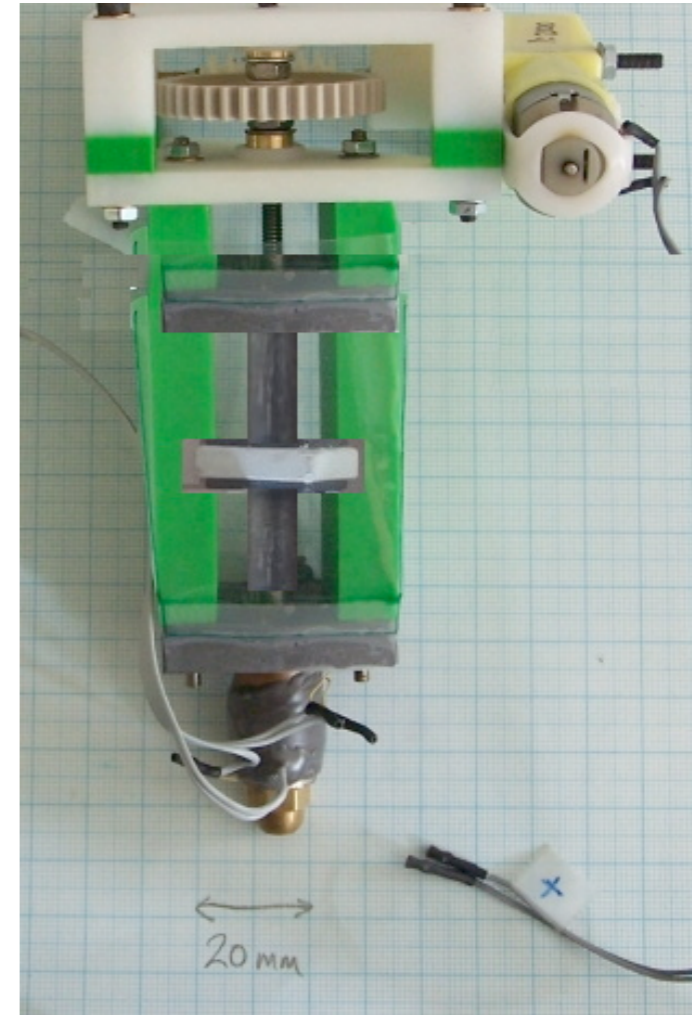
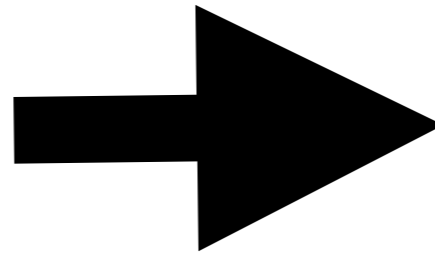
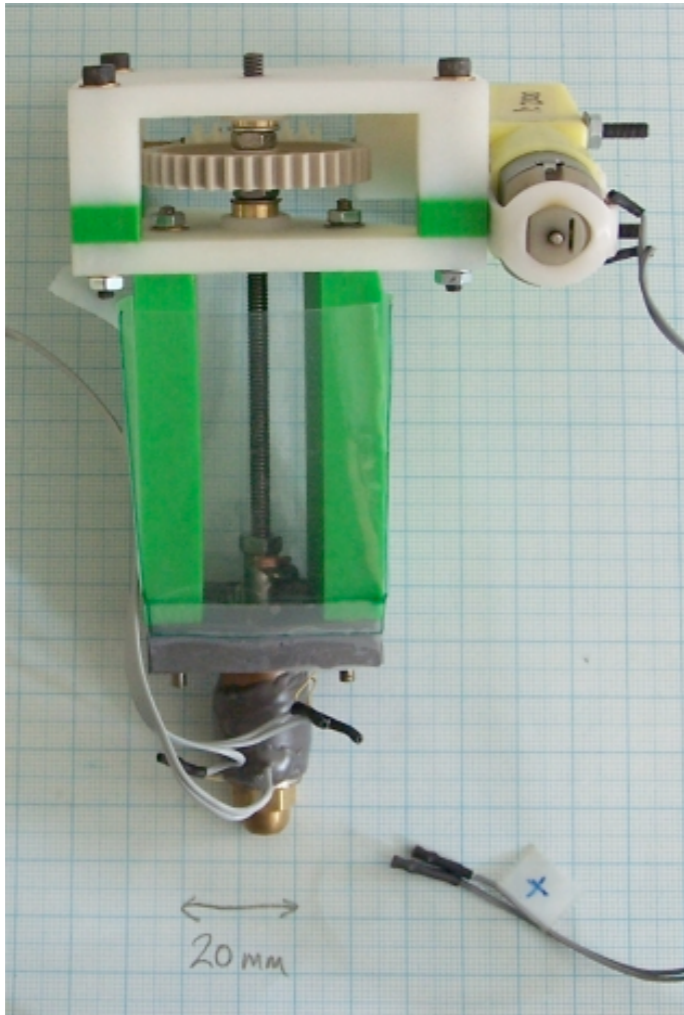


Warum funktioniert der Eine, aber nicht der Andere? Es fällt auf, dass

- der GranuleExtruder auch bei einer Skalierung auf gleiche Durchmesser sehr viel kürzer ist,
- der GranuleExtruder keine thermische Barriere hat.

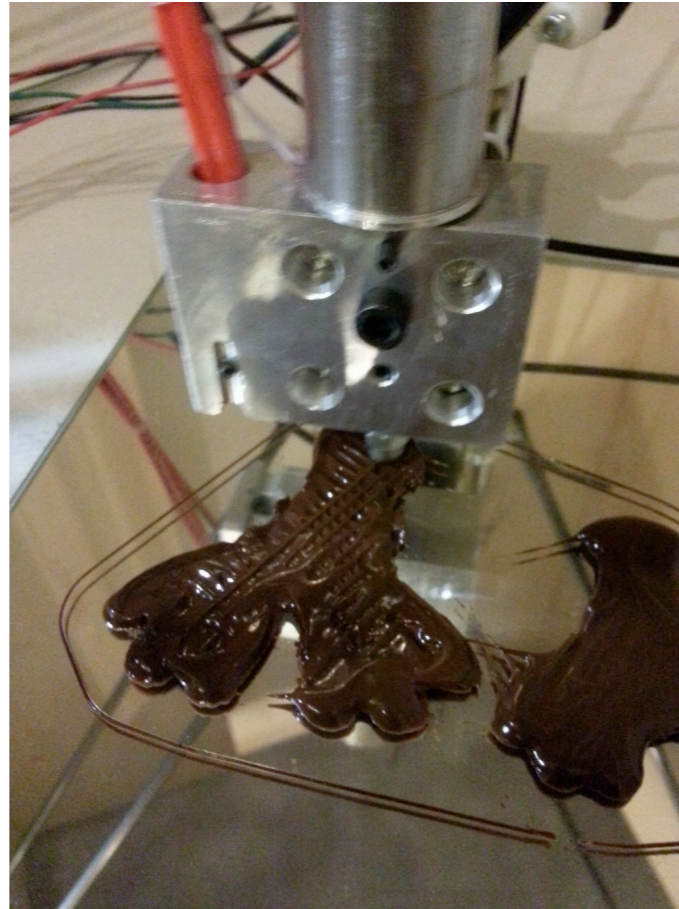
# Lösung

... nun, die geGIMPte Lösung ...



Yupp, in GIMP/Photoshop ist das einfach :-)

# Noch ein Erfolgs-Video: Kolbi's Schokoextruder

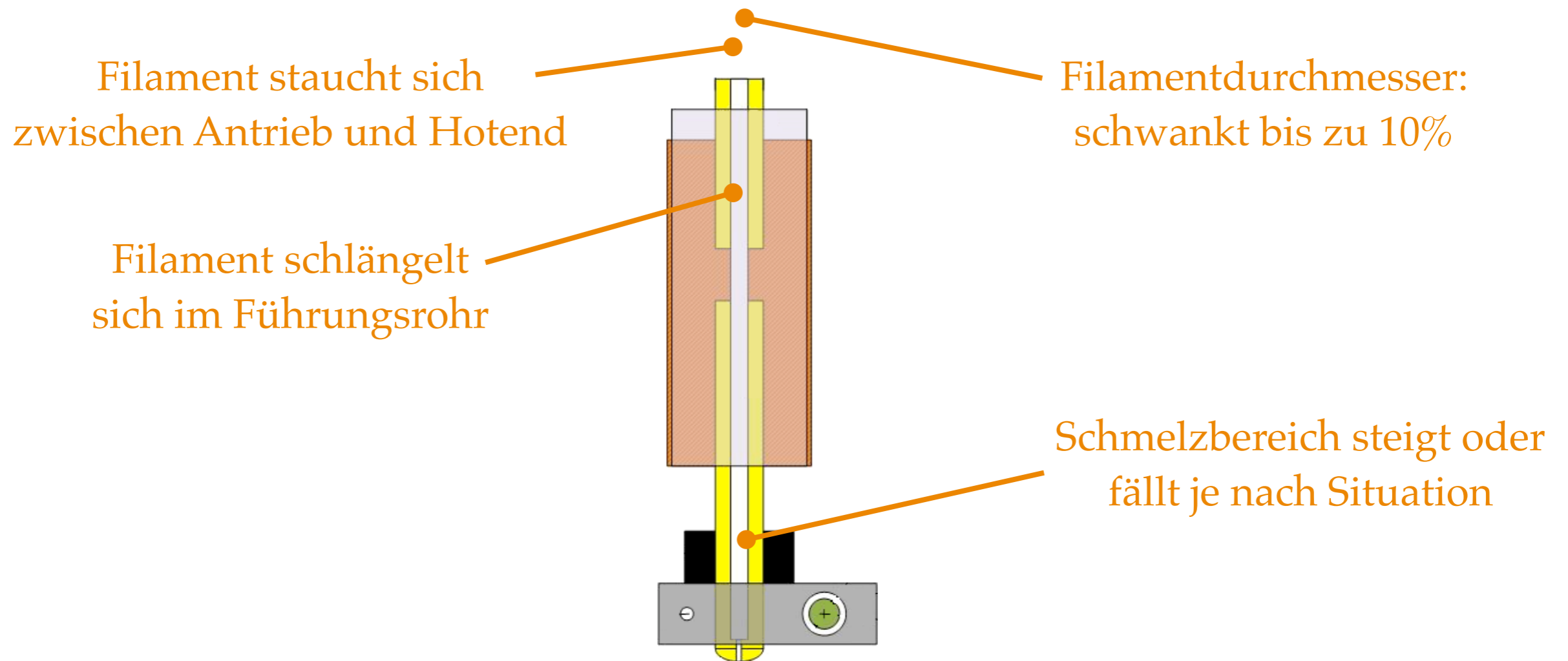


Der Schaffende erklärt ihn im Video selbst.

<http://www.youtube.com/watch?v=zr5cylcq82E>

... diesmal schneller ... zuuu schnell ... Pausen einbauen?

# Warum präziser?



Ein Filament-Extruder hat einige für Ungenauigkeiten bekannte Stellen.

Bei einem Granulat-Extruder fallen all diese Stellen einfach weg: es wird der geschmolzene Kunststoff direkt gefördert, nicht dessen Materialversorgung.



# Vielen Dank für's lauschen

Zum Autor:

seit 1996: Diplom-Ingenieur (FH) des Maschinenbaus

1996 - 2000: Forschungsarbeiten an einer  
3D Systems SLA 250/30 (Stereolithografie)

2000 - heute: Inhaber Ingenieurbüro jump-ING

2009 - heute: Entwicklung und Herstellung der Generation 7 Electronics

Zukunft: Gen7, Granulatextruder, reprap.org flott halten.

<http://reprap-diy.com>

