

Ein Leitfaden für den 3D-Druck mit Ton

Von Jonathan Keep (November 2020)

Ein Leitfaden für den 3D-Druck mit Ton	1
Lehm 3D-Druck	5
Beschränkungen	5
Drucker	6
Das Rigg	6
Druckkopf	6
Lieferung	7
Druckluftzufuhr oder mechanische Stößelzufuhr	7
Scheibe Schicht	8
Düsen	8
Visualisierung von Düsengröße, Wandstärke und Schichthöhe	9
Einstellung der Start-Z-Höhe	10
Bretter und Fledermäuse	10
Druckgrundlagen	10
Infill	10
Unterstützung	11
Trocknen	11
3DFiles für den Tondruck	12
Generierung von 3D-Inhalten	12
3D-Zeichnung	12
Scannen	13
Datei-Download	13
Codierung	14
Erweiterte Realität	14
Hinweise und Tipps zum Vorbereiten von 3D-Dateien	15
Dicke	15
Größe der Datei	15
Wasserdichter Ordner	15
Normen für die Oberfläche	15
Zusätzliche Unterstützung	15
Datei-Typen	15
Schneiden von	16
Lehm für den 3D-Druck	17
Lehmtypen	17
Zusatzstoffe	18
Lehm-Konsistenz	18
Harter oder weicher Lehm	19
Mix aus Nass oder Trocken	19
Färbende Knete	19
Schwinden des Tons	20
Erweichen eines Beutels Wurf-/Modelliermasse von Hand	20
Mechanische Tonaufbereitung	20
Tonerden, die sich gut für den 3D-Druck eignen	21
Porzellan	21
Empfehlungen für Steingut-Ton	21

	2
Rezept für 3D-Druck-Ton	22
JK Print Mix	22
Konvertieren einer AnyCubic Kessel für den 3D-Druck mit Ton	23
Rig - Die AnyCubic Kessel	24
Lehm-Druckkopf	26
Lehm Lieferung	27
Selbstbau-Tondruckkopf	31
Der Druckkopf	31
Teile	31
Zuleitung	33
Düsen	34
Schrauben	34
Cura für Clay 3D-Druck	36
Einführung	36
Layout	36
Druckerprofil einrichten	37
Druckkopf-Einstellungen	38
Extruder-Einstellungen	38
Einrichten des Materialprofils	39
Druckprofil einrichten	39
Qualität	39
Shell	40
Infill	40
Material	40
Geschwindigkeit	41
Reisen	41
Plattenhaftung aufbauen	41
Mesh-Fixes	41
Besondere Modi	41
Experimentelle	42
Importieren Exportieren Drucken von Profilen	42
Cura Arbeitsablauf	43
Modellbearbeitungswerkzeuge	43
Rechtsklickmenü Modell	43
Slice-Taste	43
Slice Vorschau	43
gcode speichern	44
Anhang - Detaillierte Forschungsdokumentation	44
1 - Prüfung des Verhältnisses zwischen Düsengröße, Schichthöhe, Druckgeschwindigkeit und Materialkonsistenz beim 3D-Druck mit Lehm-Extrusion	44
Einführung	44
Benchmark Druck	44
Tests zwischen Düse und Schichthöhe	45
Verfahren	46
Vertikaler Kantentest	47
Test von Flachreliefmustern	48
Überhang-Test	49
Geschwindigkeitstest	50
Test von steifem bis hartem Lehm	51
Schlussfolgerungen	53
Verhältnis zwischen Düse und Schichthöhe	54

	3
Druckgeschwindigkeit	54
Steifer bis harter Lehm	54
2 - Prüfung von sechs Tonen für den 3D-Extrusionsdruck	55
Einführung	55
Getestete Tone	56
Konsistenz der Lehmpaste	56
Testverfahren und Ausrüstung	56
Wasseranteil	57
Lehmkonsistenz - Drop Spike	57
Spritzen-Druck-Extrusion	57
Rohrdruck und Durchflussmenge	57
3D-Druckqualität	58
Test Ergebnisse	58
Schwinden des Tons	61
3 - Formulierung und Prüfung eines Tonkörpers für den 3D-Druck mit Extrusionston	64
Einführung	64
Das Lehmrezept	64
Testmischung 1	64
Verhältnis von Wasser zu trockenen Zutaten	65
Messungen der Lehmkonsistenz	65
Druck-Tests	66
Zylinder	66
Kante, Textur, Überhang Testform	67
Zusatzstoffe zur Verbesserung der Plastizität und Elastizität	68
Ausflockung	68
Papierfaser	68
Bentonit-Weichmacher	69
Reformulierte Quittung: Testmischung 2	69
Testmischung 2	69
Vergleiche von Testtonmischungen	70
4 - Prüfung von Feinporzellan-Extrusionsdruck	70
Einführung	70
Lehmproben und Lehmbearbeitung	71
Werkzeug zur Messung der spezifischen Schwerkraft	72
Ausrüstung	73
Prozess	75
Schlussfolgerung	78
5 - JK Drop Spike - Werkzeug zur Messung der Tonkonsistenz	78

Lehm 3D-Druck



Ich werde oft von Leuten, die sich für Keramik interessieren, gefragt, ob ich glaube, dass der 3D-Druck die Zukunft sein wird. Meine Antwort lautet: Nein, er ist ein Zusatz. Ich bin ein Traditionalist, ich habe einen traditionellen keramischen Hintergrund, aber ich sehe Tradition als ein Kontinuum. Mit der Zeit wird der 3D-Druck einfach als Teil der keramischen Tradition betrachtet werden. Es ist ein Formgebungsverfahren, das zu all den anderen Möglichkeiten, mit Ton zu arbeiten, hinzukommen wird.

Die Lernkurve beim keramischen 3D-Druck ist steil. Es müssen nicht nur alle Computerkenntnisse und das technische Wissen über die Maschinen erlernt werden, sondern auch das gesamte Wissen über Keramik. Es ist ein Feld für die Zusammenarbeit und den Austausch von Fähigkeiten. Es gibt verschiedene Herangehensweisen: diejenigen, die eher technisch orientiert sind und sich für die Technik interessieren, und diejenigen, die kreativer sind und wahrscheinlich alle Regeln brechen, um zu sehen, was mit dem Verfahren möglich ist.

Dies verdeutlicht, dass es im keramischen 3D-Druck keine einheitliche Arbeitsweise gibt. Das gilt sowohl für die verwendete Ausrüstung als auch für den Arbeitsstil. Für eher architektonische Formen eignet sich eine bestimmte Art von Maschine am besten, für organische Formen eine andere. Manche Leute interessieren sich für die Muster, die beim Strangpressen des Tons entstehen, während andere nur an der Form interessiert sind. Ich glaube fest daran, dass man die Dinge so einfach wie möglich halten und sich mit dem zufrieden geben sollte, was für einen selbst funktioniert. Dies ist ein Leitfaden und stellt keineswegs die einzige Möglichkeit dar, mit dem 3D-Druck mit Ton zu arbeiten.

Beschränkungen

Eines ist sicher: Der Extrusions-Tondruck hat seine Grenzen. Er ist vertikal ausgerichtet, das heißt, er ist sehr gut im Aufsichten, aber nicht gut im Herstellen von flachen, gebogenen Dingen. Er ist relativ langsam und nicht sehr präzise. Die Maschine mag zwar präzise sein, aber der Ton bewegt sich sehr viel. Wenn man viele Exemplare desselben Gegenstands herstellen will, sind traditionelle Arbeitsmethoden wie das Gießen immer noch am besten. Der 3D-Druck eignet sich für die Herstellung individueller oder maßgeschneiderter Objekte. Es entbehrt nicht einer gewissen Ironie,

dass Mechanisierung oft als Massenproduktion angesehen wird, aber hier haben wir einen Prozess, bei dem jedes Mal, wenn man die

Maschine können Sie ebenso gut eine andere Datei verwenden. Der Druck bietet die Möglichkeit, eine Vielzahl von einzigartigen und unverwechselbaren Objekten herzustellen, die so oft mit der Handarbeit in Verbindung gebracht werden.

Drucker

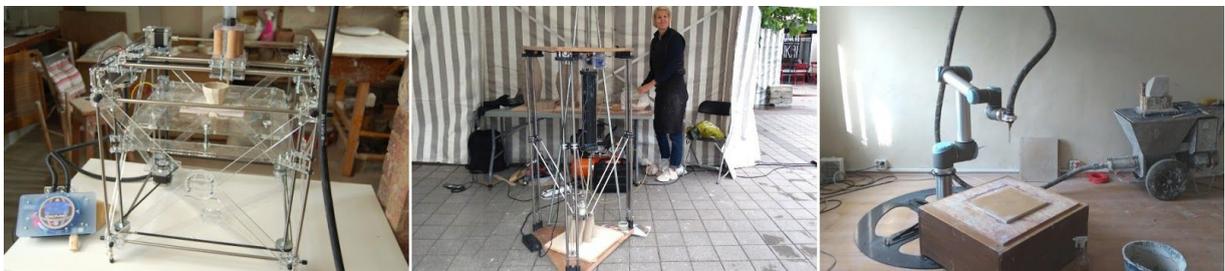
Bei der Betrachtung von Extrusionsdruckern für Ton unterteile ich sie gerne in Rig, Druckkopf und Tonzufuhr. Mit "Rig" meine ich die computergesteuerte Maschine, die den Druckkopf im 3D-Raum bewegen wird. Der Druckkopf ist der Mechanismus, der den Ton Schicht für Schicht aufträgt, und die Zuführung ist der Prozess, bei dem das Tonmaterial zum Druckkopf gelangt.

Das Rigg

Es gibt keine perfekte Maschine, und unterschiedliche Arbeitsweisen eignen sich für unterschiedliche Konfigurationen. Auch das Budget spielt eine Rolle, denn ein sechsachsiger Roboterarm kann als Druckvorrichtung verwendet werden, passt aber nicht unbedingt ins Budget. Beim herkömmlichen 3D-Druck geht es darum, zweidimensionale, geschnittene Profile zu stapeln. Wenn Sie also nicht alle Achsen eines Roboterarms verwenden, gibt es billigere Optionen.

Wenn man von der Verwendung von Roboterarmen für den 3D-Druck absieht, handelt es sich höchstwahrscheinlich um die Standardkonfiguration eines kartesischen Kastens oder einer Delta-Anlage. Mein erster Drucker war ein RapMan, der vom belgischen Designstudio Unfold kopiert wurde, und das war ein kartesisches Standarddesign. Als 3D Systems dann die Produktion des RapMan einstellte und ich mir eine eigene Maschine bauen wollte, entschied ich mich für einen Delta-Drucker. Da ich kein Ingenieur bin, schien der Delta einfacher zu bauen zu sein, und ich mochte es, dass die Basis und der Druck an einem Ort blieben. Ich stelle organische Formen her, die während des Druckens umfallen können, daher möchte ich keine sich bewegende Bauplatte haben. Ich mochte auch die Art und Weise, wie sich die Delta-Arme bewegen, und die Bewegung ist sehr sanft.

Im Vergleich dazu und ganz allgemein kann das kartesische Design mehr Gewicht haben. Der Tonbehälter (Auslage) kann näher am Druckkopf liegen oder Teil des Druckkopfes sein. Diese Konfiguration ist auch besser, wenn Sie Breite und Tiefe, also mehr horizontalen Abstand, benötigen. Bei einigen Motiven ist es jedoch nicht ungewöhnlich, dass sich das Druckbett während des Drucks bewegt; vergewissern Sie sich also, dass Ihr Arbeitsstil für diese Aktion geeignet ist. Wenn Sie vorhaben, komplizierte Formen mit hoher Geschwindigkeit zu drucken, sollten Sie sich außerdem vergewissern, dass das Druckbett damit zurechtkommt und sich nicht selbst aus dem Gleichgewicht bringt.



Druckkopf

Mein ursprünglicher JK Self Build Delta hatte einen Druckkopf mit kontinuierlichem Fluss. Man schaltete den Durchfluss manuell ein, und der Ton lief weiter, bis man ihn ausschaltete. Der Durchfluss wurde durch Luftdruck reguliert, und die Tonkonsistenz musste gleichmäßig sein, um

einen gleichmäßigen Druck zu gewährleisten. Die Entwicklung des Schneckendruckkopfs, der die Extrusion stoppt und startet und durch den G-Code der Slicing-Software gesteuert wird, war ein großer Schritt nach vorn. Er bot die Möglichkeit, viel komplexere Formen herzustellen und gleichzeitig den Materialfluss viel besser zu regulieren.

Ein Schraub-/Schneckendruckkopf ist relativ einfach zu implementieren, da er die für den 3D-Kunststoffdruck üblichen Einstellungen für die Vorschubgeschwindigkeit im G-Code verwendet. Bei einem Kunststoffdrucker wird ein Motor gesteuert, der das Kunststofffilament mit einer bestimmten Geschwindigkeit in den Druckkopf drückt. Bei einem Clay-Drucker dreht der Motor eine Schraube, die den Clay mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorschiebt. Die Motoren sind identisch, aber die Durchflussrate ist unterschiedlich, und diese Einstellungen werden in der Schneidesoftware vorgenommen. Die Schraube oder Schnecke ist nichts Besonderes und kann mit Teilen aus dem Baumarkt angepasst werden. Schwieriger ist es, einen Weg zu finden, um einen konstanten Fluss von Ton zum Druckkopf zu erhalten, und deshalb betrachte ich die "Lieferung" als ein separates Thema.



Lieferung

Um zu meinem ersten Delt-Entwurf zurückzukehren: Die Tonabgabe erfolgte über eine Klebepistolenpatrone, die auf dem Druckkopf getragen wurde. Das war einfach und funktionierte gut, aber es gibt eine Grenze für die Größe und das Gewicht, das auf einem beweglichen Druckkopf getragen werden kann. Der Arbeitsablauf ist mir wichtig, und das ständige Wechseln und Befüllen kleiner Tonkartuschen war für mich nicht attraktiv. Der Wechsel zu einem großen Tonbehälter mit 3 Litern Fassungsvermögen, der neben dem Drucker steht und Ton für ein oder zwei Drucktage liefert, war im Vergleich dazu eine wahre Freude.

Wenn Sie die Lieferung von Ton in Erwägung ziehen, sollten Sie bedenken, dass die benötigte Materialmenge exponentiell ansteigt, wenn Sie die Größe eines dreidimensionalen Objekts vergrößern. Wenn Sie die Größe eines 10 cm großen Objekts verdoppeln, muss die Wand dicker werden und das Volumen und damit die Oberfläche nehmen zu. Für ein 20 cm großes Objekt mit denselben Proportionen wird achtmal so viel Material benötigt! Tipp: Vergewissern Sie sich, dass Sie ein gutes Volumen für Ihre Tonlieferung haben.

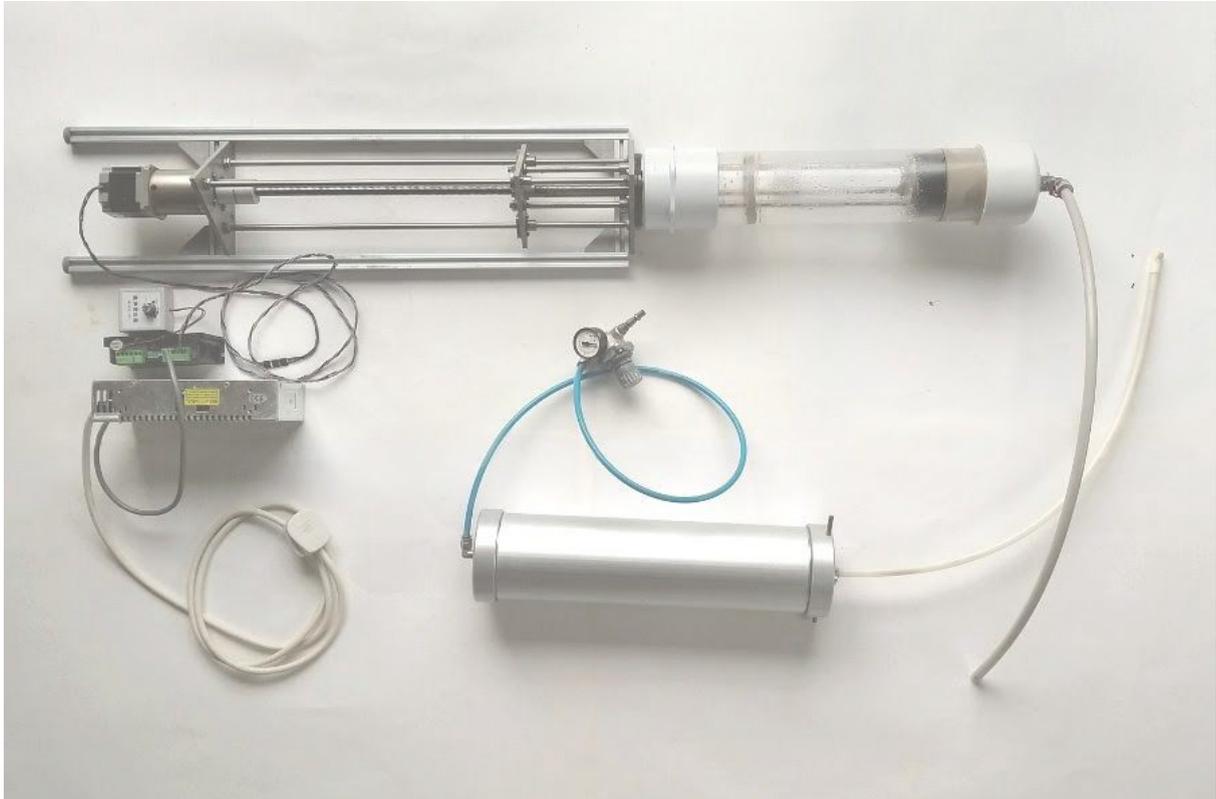
Druckluftzufuhr oder mechanische Stößelzufuhr

Ich persönlich bevorzuge Druckluft. Ich habe beide Systeme und beide funktionieren gleich gut. Was ich an der Druckluft mag, ist, dass man den Lehm, sobald er fließt, bei mir zwischen 4 und 6 bar Druck, einfach stehen lassen kann. Wenn es eine Verstopfung gibt, hält der Druck einfach an und nichts geht kaputt. Wenn es ein Problem mit dem Lehmfluss gibt und man den Luftdruck erhöht, ist es sofort da. Mit Druckluft gibt es auch nicht mehr Einstellungen zum Schneiden zu beachten. Vor allem aber ist ein Druckluftsystem einfach und leichter zu reinigen und zu warten. Ich mache mir immer Sorgen, dass etwas an der mechanischen Ramme kaputt geht. Der einzige Nachteil ist, dass man einen Luftkompressor braucht, aber den habe ich, da ich ihn zum Sprühen von Glasur verwende.

Es gibt Argumente dafür, dass mechanische Stößel einen steiferen Ton drücken können. Dies könnte auf den persönlichen Arbeitsstil und das Design des Druckers zurückzuführen sein. Ich habe keinen Vorteil darin gesehen, einen Ton zu verwenden, der steifer ist als ein 70 cm langer Nylonschlauch mit einem Innendurchmesser von 10 mm, den ich mit 4 bis 5 bar Luftdruck herunterdrücken kann. Unter

Druck trocknet der Ton aus, und je höher der Druck ist, ob mit einem Stempel oder mit Luft, desto mehr Wasser wird zuerst herausgedrückt. Der höhere Druck, der erforderlich ist, um härteren Ton zu pressen, führt lediglich zu einer stärkeren Verdichtung des Tons in Ihrem Stempel zum Ende des Behälters hin. Außerdem habe ich festgestellt, dass die Verwendung von härterem Ton bei gebogenen Formen zu

zu einer Verzögerung oder Rissbildung führen. Ich entscheide mich für weichen Ton und verwende Wärmelampen oder warme Luft, um den Ton während des Drucks zu versteifen.



Oben, mechanischer Stempel mit elektronischer Steuerung, links. Unten rechts Druckluft-Tonförderung. Diese beiden Geräte bieten die gleiche Menge bzw. das gleiche Volumen an Tonförderung.

Scheibe Schicht

Die Scheiben- oder Schichthöhe ist abhängig von der Wandbreite und der persönlichen Vorliebe. Als allgemeiner Richtwert gilt, dass die Schichthöhe ein Drittel der Wandbreite beträgt. Je flacher die Schichthöhe im Verhältnis zur Wandbreite ist, desto stabiler ist der Druck, insbesondere wenn die Wand beginnt, sich nach außen oder innen zu wölben. Wenn Sie ein runderes Aussehen der Druckschichten bevorzugen, ist das Verhältnis von Höhe zu Breite eher ein Vorschlag von eins zu zwei. Achten Sie jedoch darauf, dass die Schichten gut zusammengepresst sind, sonst kann es beim Trocknen zu Verzögerungen kommen.

Die Wandbreite ist abhängig von der Düsengröße. Der Ton extrudiert ein wenig breiter als die Düse. Um das mal zu beziffern. Bei einer 1,6 mm Düse spreizt sich die Wand auf 1,8 mm / 2 mm und ich stelle die Schnitthöhe im Schneideprogramm auf 0,6 mm. Mit einer 2 mm-Düse ergibt sich eine Wandbreite von etwa 2,2 bis 2,5 mm und die Schnitthöhe wird auf 0,8 mm eingestellt. Auf einer größeren Maschine mit einer 3,5 mm Düse ist die Druckwand etwa 5 mm / 6 mm breit und ich verwende eine Schichthöhe von 1,2 mm. Hier beträgt die Schichthöhe also eher ein Viertel der Wandbreite.

Düsen

Die Düsengröße ändert sich mit dem Maßstab des Drucks. Die Größe der Düse bestimmt auch die Menge an Details, die erzielt werden können. Eine Ecke oder Kante kann nur so scharf sein, wie der Durchmesser der Ton-Extrusion. Wie bereits erwähnt, beeinflusst die Düse auch die Schichthöhe. Wenn Sie also eine feine Schichthöhe wünschen, werden Sie wahrscheinlich eine kleine Düse verwenden.

Wenn ich Details in einem 20 bis 30 cm hohen Druck suche, werde ich eine kleine Düse von 1,6 mm verwenden, aber ich werde mein Modell so schneiden, dass es eine doppelte Wandstärke hat. Die Schichthöhe beträgt dann 0,6 mm. Der Druck wird langsam sein, aber er verleiht der Wand Stärke, Stabilität und feine Details.

Eine 2 mm-Düse ist wahrscheinlich eine gute Ausgangsgröße für den Druck von 10 bis 20 cm hohen Objekten mit einer einzigen Wand. Sie können natürlich jede beliebige Düsengröße verwenden, aber wenn Sie eine große Extrusion anstreben, müssen Sie erstens sicherstellen, dass Ihre Maschine genug Ton für die Größe der Düse durchdrücken kann. Zweitens, wie ich schon bei der Tonabgabe angedeutet habe, steigt die Menge des verbrauchten Materials enorm, wenn Sie die Größe der Düse erhöhen.

Viele weitere Informationen zu Düsengröße und Schichthöhe finden Sie im Anhang [1 - Prüfung des Zusammenhangs zwischen Düsengröße, Schichthöhe, Druckgeschwindigkeit und Materialkonsistenz beim 3D-Tonextrusionsdruck](#).

Visualisierung von Düsengröße, Wandstärke und Schichthöhe

Nachfolgend finden Sie eine kurze Skizze, die in etwa die Proportionen zwischen der Größe der Düse (blau-grau) und der Breite und Höhe der Extrusion veranschaulicht. (Sechs-Schicht-Extrusion) Natürlich gibt es hier kein Ideal, und dies stellt meine Interessen dar, kann aber als ein Ansatz präsentiert werden. Dabei wird nach dem am wenigsten offensichtlichen Schichtmuster mit der größten horizontalen Reichweite gesucht, so dass stabile, auskragende oder gekrümmte einschichtige Wände gedruckt werden können. Meine Beobachtung ist, dass sich die Extrusion mit zunehmender Größe der Düse immer weiter ausbreitet, so dass die Wand viel breiter ist als die Düse. Daher sollte man das Verhältnis von Schichthöhe zu Wanddicke und nicht von Schichthöhe zu Düsengröße betrachten.

Düse Größe mm	0.6	1	1.6	2	4
Extrusionsbreite oder Wandstärke	0.6	1.1	1.8	3	6
Höhe der Schicht	0.4	0.5	0.6	0.7	1.2
Verhältnis von Schichthöhe zu Wanddicke	2:3	1:2	1:3	1:4	1:5
Alle Maße in mm Verhältnisse gerundet					

Einstellung der Start-Z-Höhe

Die Z-Starthöhe oder das, was im Kunststoffdruck oft als Nivellierung bezeichnet wird, ist von Maschine zu Maschine unterschiedlich. Bei den einfachsten Druckern wie dem JK Self Build delta wird die z-Höhe in der Firmware des Druckers eingestellt. Jedes Mal, wenn Sie den Drucker starten, beginnt er mit der gleichen Höhe zu drucken. Der einfachste Weg, die Höhe zu ändern, wenn Sie z. B. die Länge der Düse ändern, besteht darin, die Dicke der Platten unterhalb des Startpunkts zu ändern.

Andere Geräte verfügen über einen Hözensensor, der jedes Mal, wenn Sie die Starthöhe von der Standard-Firmware-Einstellung zurücksetzen wollen, am Druckkopf angebracht wird. Die neue Starthöhe wird beibehalten, bis Sie entweder zu den Standard-Firmwareeinstellungen zurückkehren oder die Höhe mit dem Sensor zurücksetzen. Bei anderen Geräten kann die Starthöhe in den Einstellungen auf dem LCD-Bildschirm des Bedienfelds eingestellt oder geändert werden. Wenn dies der Fall ist, finden Sie unter der Option "Vorbereiten" auf dem LCD-Bildschirm etwas, das mit der Einstellung der Z-Höhe zu tun hat. Unabhängig vom System ist es wichtig, dass die Düse des Druckkopfs einen gewissen Abstand zum Druckbett hat, damit sich die erste Schicht des Drucks an das zu bedruckende Material anschmiegt und dort haftet. Ein guter Abstand ist etwas weniger als die Hälfte der Höhe der Schicht oder des Slice.

Bretter und Fledermäuse

Es ist vorzuziehen, auf eine Platte oder einen Stab zu drucken, damit die fertigen Drucke leicht aus dem Gerät entfernt werden können. Da es wichtig ist, dass die Höhe der ersten Schicht bei jedem Druck korrekt ist, ist es sinnvoll, die Dicke aller Platten zu standardisieren.

Bretter oder Fledermäuse werden am besten aus einem porösen, möglichst glatten Material hergestellt, damit der nasse Ton von der Platte abtrocknet. Gipskartonplatten oder unversiegelte Holzplatten sind gut geeignet. Befeuchten Sie die Platte oder den Gips kurz vor dem Druck mit einem feuchten Schwamm, damit der Tonstrang zunächst auf der abnehmbaren Oberfläche haften bleibt.

Druckgrundlagen

Wenn Sie ein Objekt haben, das eine Tonbasis benötigt, kann diese gedruckt werden. Sie zeichnen die Dicke des Sockels nicht in Ihr 3D-Modell ein, sondern stellen sie im Schneideprogramm ein. Es gibt eine Einstellung für die obere und untere Dicke. In der Cura-Software können Sie nur eine untere Dicke auswählen. Die Dicke wird in Schichten gedruckt, und ich würde empfehlen, mindestens drei Schichten zu drucken. Die Dicke, die Sie eingeben sollten, ist also das Dreifache der Höhe Ihrer Scheibe oder Schicht. Beachten Sie jedoch, dass gedruckte Böden, insbesondere wenn sie größer werden, zu Rissen neigen können. Dieses Problem lässt sich verringern, indem man auf eine poröse Gipsplatte druckt, damit der nasse Ton beim Trocknen nicht klebt.

Wenn ich Objekte mit einer großen Grundfläche drucken möchte, rolle ich am liebsten eine Tonplatte aus und drucke auf den Ton. Die Tonplatte kann recht steif sein und die z-Höheneinstellung muss nicht so hoch sein, da es kein Problem ist, wenn die Düse ein wenig in die Tonplatte schneidet. Im Slicing-Programm bereiten Sie Ihr Modell so vor, dass es nur eine Wand ist. Nach dem Druck wird der überschüssige Ton von der Basis weggeschnitten, sobald er steif genug ist, um ihn ohne Verformung zu verarbeiten.

Infill

Die in Slicing-Programmen verfügbaren Einstellungen für die Füllung können für den Clay-Druck

verwendet werden, sind aber oft recht unübersichtlich, bis Sie alle Einstellungen verfeinert haben.
Die Slicing-Programme bieten viele Einstellungen, die

experimentieren. Wenn Sie Infill in Betracht ziehen, ist es ratsam, zwei oder mehr Wände zu drucken, so dass die Außenwand sauber gedruckt wird und nur die Innenwand durch das Infill-Muster unterbrochen wird.

Unterstützung

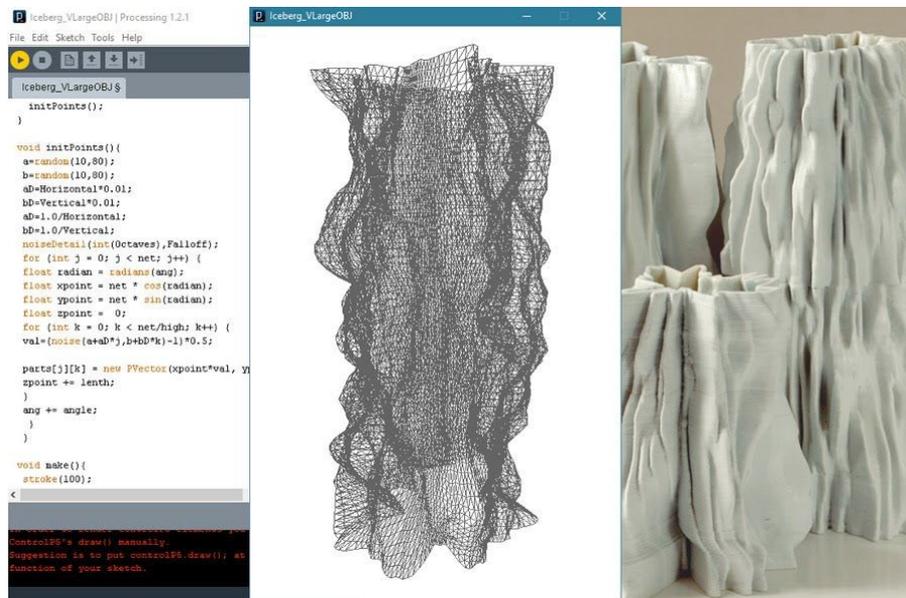
Die meisten von Slicing-Software angebotenen Stützen sind zu schwach, um in Softclay gebaut zu werden. Die Lösung besteht darin, in der Zeichnungsphase vor dem Schneiden eine solide, druckbare Stütze in Ihr Modell einzubauen. Alternativ können Sie während des Druckens und mit der Hand eine Stütze in Ton formen und sie dem Druck nach Bedarf anbieten. Kurze Längen von feinem, starrem Draht können nützlich sein, um sie über den Druck zu legen, während er sich aufbaut, um schwierige Bereiche zu stützen. Eine Drahtverstrebung, die über eine Form gelegt wird, kann dazu beitragen, einer Form während des Drucks Steifigkeit zu verleihen. Diese Drahtabschnitte werden nach dem Druck und sobald die Form steif ist, aber bevor sie knochentrocken wird, herausgezogen. Das kleine Loch in der Oberfläche kann mit ein wenig Ton ausgebessert werden.

Trocknen

Wenn Ton trocknet, schrumpft er, daher sollte ein ungleichmäßiges Trocknen vermieden werden, da dies zu Verformungen und Spannungen führen kann, die im schlimmsten Fall Risse verursachen können. Die Objekte sollten gleichmäßig trocknen. Die meisten Abdrücke können in einem Raum auf natürliche Weise trocknen, aber wenn sie ausgefüllt sind oder innere Strukturen aufweisen, kann man etwas Plastik darüber werfen, um sie langsamer trocknen zu lassen. Tonobjekte müssen knochentrocken sein, bevor sie in einem Brennofen gebrannt werden.

Drucke können während des Druckens getrocknet werden, um sich zu versteifen und selbsttragend zu werden, damit sie nicht zusammenfallen. Wenn Ihre Form selbsttragend ist, ist es am besten, eine forcierte Trocknung zu vermeiden. Wenn Sie trocknen, sollten Sie nicht zu stark trocknen. Trocknen Sie vorzugsweise rund um den Druck, und wenn Sie einmal mit dem Trocknen begonnen haben, ist es am besten, weiter zu trocknen. Das ist nicht unbedingt notwendig, aber das Trocknen verändert den Charakter der Oberfläche, und bei einer reinen Form wird jedes Nachlassen der Trocknung als Verzerrung der Oberfläche sichtbar. Wärmelampen (wie zum Heizen von Amphibien) oder Fotolampen sind gut geeignet, da die Strahlungswärme nicht zu stark ist, aber um die Form herum bewegt werden muss. Warme Luft ist gut zum Trocknen, aber die Luftbewegung darf nicht so stark sein, dass sie die Druckwand bewegt.

3DFiles für den Tondruck



Es sind Ihre 3D-Dateien, die Sie für den Keramikdruck vorbereiten, die Sie von der Masse abheben werden. Jeder in der Menge wird wahrscheinlich in der Lage sein, einen Ton-Drucker zu bedienen, aber es werden Ihre Kreativität und Individualität sein, die das, was Sie drucken, zu etwas Besonderem machen. Gut gemachte Dateien lassen sich besser drucken, und es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten und Kombinationen von Techniken, um digitale 3D-Inhalte zu erstellen.

Generierung von 3D-Inhalten

3D-Zeichnung

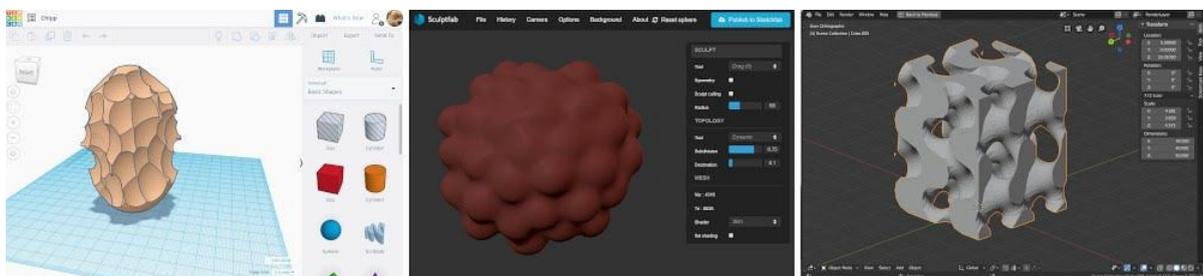
Für den Anfang müssen Sie sich nicht von hochspezialisierter 3D-Modellierungssoftware abschrecken lassen. Es gibt zwei einfach zu bedienende, kostenlose webbasierte Lösungen, die erstens in das Bauen mit primitiven Formen einführen und zweitens ein Bildhauerprogramm, das wie das Arbeiten mit virtuellem Ton ist.

Tinkercad <https://www.tinkercad.com/> mag wie ein Kinderspielzeug aussehen, aber mit etwas Zeit sind die Möglichkeiten endlos. Das Prinzip besteht darin, Formen zusammenzukleben oder boolesche Formen zu subtrahieren oder wegzuschneiden. Vergewissern Sie sich, dass Sie vor dem Herunterladen einer .stl-Datei zum Drucken alle Formen, positive und negative, zu einer wasserdichten Form gruppiert haben. So stellen Sie sicher, dass es keine ungruppierten Schnittflächen oder Elemente gibt, die sich in Ihrem Modell befinden, da diese beim Schneiden oder bei der Vorbereitung des .gcodes für Ihren Drucker Probleme verursachen können. Beachten Sie, dass 3D-Dateien in Tinkercad importiert werden können, so dass dieses Programm zum Bearbeiten, Verzerren, Zerschneiden und Zusammenfügen von gefundenen oder aus anderen Quellen generierten 3D-Formen verwendet werden kann.

Sculptfab <https://labs.sketchfab.com/sculptfab/> ist ein viel organischeres Zeichenwerkzeug. Mit einer Auswahl an virtuellen Pinseln modellieren Sie auf einer Kugel. Dateien können importiert werden in und

aus Sculptfab exportiert, so dass es auch hier in Verbindung mit anderer Software verwendet werden kann. Sculpted 3D Meshes können sehr detailliert sein, was zu großen Dateigrößen führt. Wenn Sie also auf diese Weise arbeiten möchten, sollten Sie sich mit den Topologie-Einstellungen vertraut machen, wo die Mesh-Details mit dem Schieberegler für die Verkleinerung reduziert werden können.

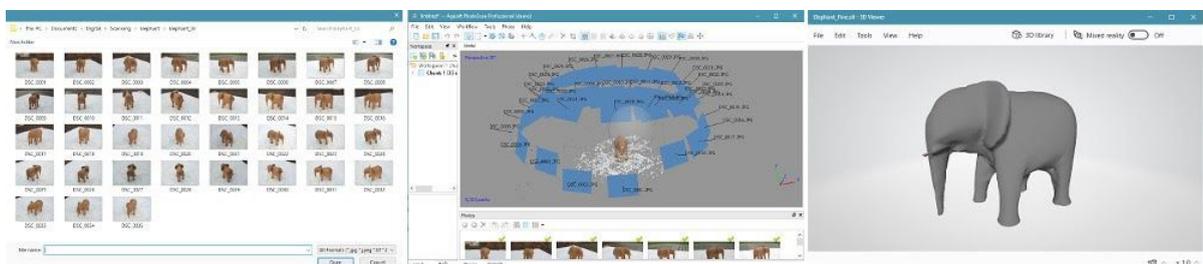
Blender <https://www.blender.org/> ist mein 3D-Zeichenprogramm der Wahl, wenn Sie bereit für eine High-End-Modellierungssoftware sind. Es wurde eher für die Animation als für die Technik entwickelt und ist nicht jedermanns erste Wahl, aber da es Open Source ist und kostenlos heruntergeladen und verwendet werden kann, erstaunt mich diese unglaublich leistungsstarke Software immer wieder. Es gibt keine Abkürzungen, um zu lernen, wie man sie benutzt, man muss nur die Stunden investieren. Mit einer riesigen Fangemeinde wird es Ihnen nie an Online-Tutorials mangeln, die Ihnen weiterhelfen. Blender bietet Mesh-Modelling wie Tinkercad, aber auch Sculpting wie Sculptfab in einer einzigen Plattform und vieles, vieles mehr. Auch als Videobearbeitungsprogramm ist es nicht schlecht, falls Sie eines brauchen, und das alles ist kostenlos.



Scannen

Beim 3D-Scannen erhalten Sie eine druckbare digitale Datei von physischen Objekten. Ich beobachte seit einigen Jahren das zugängliche 3D-Scannen, wobei die Techniken der Photogrammetrie einige der interessantesten Ergebnisse liefern. Dabei wird eine Reihe von 30 bis 60 Fotos aus verschiedenen Winkeln des zu kopierenden Objekts aufgenommen, und anschließend fügt das Programm diese 2D-Informationen zu einem 3D-Netz zusammen.

Agisoft <https://www.agisoft.com/> ist eine Software, die ich verwendet habe und die gute Ergebnisse liefert. Es handelt sich um eine proprietäre Software, aber wenn Sie nach einer 30-tägigen Testversion suchen, können Sie ihre Fähigkeiten ausprobieren.



Datei-Download

Das Kopieren, Ausschneiden und Einfügen oder das Mash-up bietet Möglichkeiten, die die heutigen digitalen Arbeitsweisen widerspiegeln. Im Internet gibt es massenhaft 3D-Dateien zum Herunterladen, aber ich hoffe, dass Ihr Interesse am 3D-Druck darin besteht, Ihre

eigenen Originalwerke zu erstellen. Wie bei Musik-Remixen oder Grafik-Collagen bieten Dateidownloads eine Möglichkeit, fertige 3D-Dateien zu erhalten, die Sie für Ihre eigene Arbeit wiederverwenden können.

MyMiniFactory, Scan The World <https://www.myminifactory.com/scantheworld/> ist ein Beispiel für eine Ressource, die unglaubliches Material bietet. Diese Website bietet gescannte 3D-Dateien von Objekten in Museen auf der ganzen Welt, wie dem V&A London, dem Louvre Paris und dem Metropolitan Museum, New York.

Codierung

3D-Zeichenprogramme bieten eine visuelle Schnittstelle, aber hinter dem Bildschirm besteht eine 3D-Datei aus Computercode. Es ist natürlich durchaus möglich, 3D-Dateien direkt in Code zu erzeugen. Entweder wird ein 3D-Netz generiert, das dann in einem Slicing-Programm zu .gcode zerlegt wird. Gcode ist die Code-Sprache, die 3D-Drucker verstehen. Dieser Code kann direkt aus einer Computerprogrammiersplattform erzeugt werden.

Processing <https://processing.org/> ist die Programmiersplattform, die ich verwende. Diese Open-Source-Plattform wurde speziell für bildende Künstler entwickelt und nutzt die Computersprache Java. Sie verfügt über eine große und hilfsbereite Online-Community. Der YouTube-Kanal von Dan Shiffman, Coding Train, ist eine unschätzbare Bildungsquelle <https://www.youtube.com/user/shiffman/featured>.

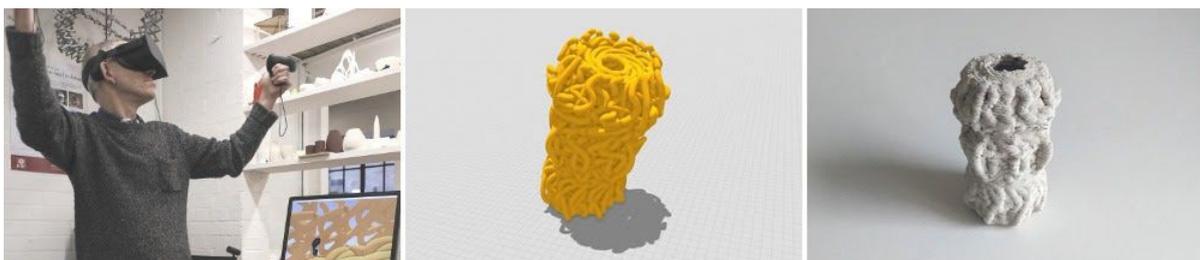
Erweiterte Realität

Virtual-Reality-Headsets wie die Oculus Rift bieten 3D-Zeichenfunktionen. In dem Maße, wie sich diese simulierte 3D-Technologie weiterentwickelt, wird sie mehr und interessantere Ganzkörpererfahrungen für die Arbeit im virtuellen Raum bieten. Was ich bisher gemacht habe, betrachte ich lieber als erweiterte Realität als als virtuelle Realität, da ich die Technologie genutzt habe, um 3D-Objekte zu zeichnen, die als physische Objekte realisiert sind.

Das Vive VR <https://www.vive.com/uk/> System bietet **Tilt Brush**

<https://www.tiltbrush.com/> an, das zum Zeitpunkt des Schreibens eher ein Malprogramm ist, aber 3D-Dateien erzeugt, aber eher einfach ist. Es speichert als .fbx-Dateityp, der in die Blender-Software zur Bearbeitung und Vorbereitung für den 3D-Druck geöffnet/importiert werden kann.

Gravity Sketch <https://www.gravitysketch.com/> ist eine kommerzielle Software für VR 3D-Modellierung und ist eine interessante Software und 3D-Dateien können als **.obj** Dateityp exportiert werden. Die **Oculus Rift** VR-Ausrüstung verfügt über ein eigenes 3D-Modellierungsprogramm namens *Medium*, eine voxelbasierte (eine Art 3D-Pixel) Software, mit der sich Dateien einfacher bearbeiten lassen als mit Gravity Sketch oder Tilt Brush. *Medium* ist meiner Meinung nach derzeit die interessanteste VR-Software.



Hinweise und Tipps zum Vorbereiten von 3D-Dateien

Dicke

Die Dicke einer Druckwand wird durch die Dicke des Strangpressprofils bestimmt. Für den Clay-Extrusionsdruck sollten Sie Ihrem Modell keine Wandstärke vorgeben. Wenn Sie dies tun, wird der Drucker möglicherweise versuchen, die Innen- und Außenwand zu drucken, je nach den Einstellungen in Ihrer Slicing-Software. Wenn Sie für diese Maschinen modellieren, müssen Sie nur einen einzelnen Wandpfad definieren. Wenn Sie eine doppelte, dreifache oder dickere Wand wünschen, wird dies in der Slicing-Software eingestellt. Standardmäßig wird der Pfad, den Sie zeichnen, als Mittelpunkt der Extrusion oder einer Kombination/eines Vielfachen von Extrusionen definiert.

Größe der Datei

Es ist sinnvoll, dass die Qualität der Details in Ihrer 3D-Datei mit der Genauigkeit Ihres Druckers übereinstimmt. Die Größe der Düse in Verbindung mit der Schichthöhe bestimmt die Detailgenauigkeit des endgültigen Drucks. Es macht keinen Sinn, eine qualitativ hochwertige Datei mit einer großen Speichergröße zu haben, die Ihrem Gerät Probleme bei der Verarbeitung bereiten könnte, wenn die endgültige Tonausgabe ziemlich grob sein wird. Blender bietet einen Decimate Modifier, der die Dateigröße reduziert.

Wasserdichter Ordner

Wie ich bereits sagte, ergibt eine gut gezeichnete Datei einen besseren Druck. Denken Sie an den *Weg*, dem der Druckkopf folgen wird, und je kontinuierlicher diese Bewegung ist, desto sauberer wird Ihr Clay-Druck sein. Es ist besser, eine sogenannte *wasserdichte* 3D-Datei zu haben. Damit ist gemeint, dass Ihre Form keine Löcher aufweist und dass alle Oberflächen eine durchgehende Hülle bilden. Slicing-Programme werden immer besser im Umgang mit problematischen Dateien, aber nicht alle 3D-Dateien lassen sich perfekt slicen.

Normen für die Oberfläche

Jede am Computer gezeichnete Fläche hat eine Vorder- und Rückseite, die so genannten *Normalen*. Normalen können beim Schneiden von Dateien zu Problemen führen. Alle Normalen sollten in dieselbe Richtung zeigen, entweder nach innen oder nach außen. Im Bearbeitungsmodus von Blender gibt es eine Einstellung, um Normalen auf eine Richtung zu korrigieren.

Zusätzliche Unterstützung

Wie bereits erwähnt, ist es oft nicht möglich, Überhänge, die in Schneideprogrammen erstellt wurden, in Clay zu drucken. Die Lösung besteht darin, beim Zeichnen des Modells in Ihrem 3D-Modell Stützformen hinzuzufügen oder das Modell so zu verändern, dass Überhänge möglichst vermieden werden. Wenn Sie zum Beispiel ein Porträt drucken, ist der Überhang unter dem Kinn oft zu groß, als dass sich die Schichten ausbilden könnten. Bauen Sie in Ihr Modellierprogramm einen schmalen 45-Grad-Keil unter dem Kinn ein, der gedruckt werden kann, und sobald der Ton steif wird, kann dieser weggeschnitten und bereinigt werden.

Datei-Typen

So wie das *.jpg-Format* zum Standard für 2D-Fotos geworden ist, hat sich der *.stl-Dateityp* zum Standard für zu druckende 3D-Modelle entwickelt. Höchstwahrscheinlich werden Sie eine *.stl-Datei* aus dem Programm *exportieren* wollen, das Sie zur Erstellung Ihrer 3D-Datei verwendet haben. Dieses Programm hat seine

Der Dateityp `.obj` ist sehr beliebt und kann wie `.stl` von den meisten *Slicing-Programmen* gelesen werden. Der 3D-Dateityp `.obj` ist ebenfalls sehr beliebt und kann wie der Dateityp `.stl` von den meisten Slicing-Programmen gelesen werden.

Slicing-Programme erzeugen eine `.gcode`-Datei. Gcode ist die Computersprache, die von vielen computergesteuerten Maschinen wie CNC-Maschinen und 3D-Druckern verwendet wird. Im Grunde ist sie nicht allzu kompliziert und eine `.gcode`-Datei kann in einem Texteditor geöffnet werden. Es ist nicht allzu schwierig, sie zu lesen und zu verstehen. Wie beim Autofahren sollten Sie nicht unter die Motorhaube schauen müssen, um die Maschine zu bedienen, aber wenn Sie sich dafür interessieren, wie die Dinge funktionieren, ist `.gcode` nicht kompliziert. Jede Codezeile sendet einen Befehl an das Gerät. Der Befehl `G1` bewirkt, dass sich der Druckkopf von einer xyz-Position im dreidimensionalen grafischen Raum, der durch den Druckbereich definiert ist, zur nächsten xyz-Position bewegt. `F` steht für die Geschwindigkeit, mit der sich die Maschine bewegt, und `E` für die Materialmenge, die der Druckkopf bei jeder Bewegung ausstößt.

Schneiden von

Sobald Sie Ihr 3D-Modell haben, muss es in Schichten oder Scheiben geschnitten werden, damit der 3D-Drucker die Form erstellen kann. Es gibt eine Reihe von Slicing-Programmen, die sowohl kostenlos als auch proprietär sind. Jeder wird seine eigenen Vorlieben haben, aber für den Anfang ist **Cura** <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura> von Ultimaker gut geeignet. Slicing-Programme werden hauptsächlich für Kunststoffdrucker entwickelt, daher gibt es keine voreingestellten oder Standardeinstellungen für Ton. Sie müssen Ihre eigenen Profile einrichten, die mit Clay funktionieren.

Hinweis: Siehe Abschnitt zur Einrichtung von [Curra für den Clay-Druck](#).

Lehm für den 3D-Druck



Alle Knete kann für den 3D-Druck verwendet werden, aber manche Knete lässt sich besser drucken als andere. Für den Anfang brauchen Sie einen Ton, der nicht zu klebrig ist, eine feine Textur hat und schnell trocknet. Wenn Sie sich mit dem Verfahren vertraut gemacht haben, können Sie auf Tonerden mit anderen Eigenschaften umsteigen, um Ihren speziellen Anforderungen gerecht zu werden, z. B. auf Tonerden, die langsam trocknen, wenn Sie lange Drucke machen. Wenn Sie einen Drucker mit einem Schraubendruckkopf verwenden, sollten Sie keine zu raue Tonerde verwenden, da Sie sonst die Schraube im Druckkopf abnutzen.

Die Verwendung von Ton für den 3D-Extrusionsdruck unterscheidet sich vom Verfahren her nicht wesentlich von der traditionellen Arbeit mit Ton. Im Drucker wird weicher und formbarer Ton durch den Aufbau von Schichten in Form gebracht, ähnlich wie bei einer der ältesten und grundlegendsten keramischen Techniken, dem Spulenbau.

Computergesteuertes Coil-Building wäre fast eine bessere Beschreibung als 3D-Druck. Anschließend wird das Objekt, wie bei der Arbeit mit Ton üblich, gründlich getrocknet und in einem Ofen hart gebrannt. Wenn eine Glasur gewünscht wird, ist es üblich, die Glasur nach diesem ersten Brand aufzutragen und das Objekt einem zweiten Glasurbrand zu unterziehen.

Lehmtypen

Reine **rote Tonerde** ist oft klebrig, und wenn Sie einen Drucker haben, bei dem die Tonerde durch ein langes, dünnes Rohr geleitet wird, fließt sie nicht sehr gut. Wenn Sie einen Druck haben, der häufig stoppt und beginnt, wird klebriger Ton auch sehr unordentlich. Feine rote Tonerden trocknen im Allgemeinen langsam. Sandiger roter Ton oder roter Ton, der mit anderen Tönen gemischt ist, fließt besser durch das Druckersystem und trocknet schneller.

Crementone mit einem guten Anteil von 0,2 mm Grog/Schamotte (15 - 30 %) scheinen gut zu funktionieren. (Grog/Schamotte ist ein bereits gebranntes und zerkleinertes keramisches Pulver/Mehl) Der Grog macht die

Lehm weniger klebrig und wie der Sand im roten Lehm bewegt sich die Mischung besser durch das System. Er verleiht der Mischung etwas mehr Struktur, so dass gedruckte Formen aufrecht stehen bleiben. Gegorgter Lehm trocknet auch gleichmäßiger und schneller. Viele Anbieter geben auf dem Packungsetikett an, wie hoch der Anteil an Grog im Ton ist. Ein feinkörniger Steingut-Ton ist ein guter Ausgangspunkt.

Ich habe viel in **Porzellan** gedruckt, weil ich die Glasurqualität von Porzellan haben wollte. Porzellan hat jedoch eine sehr hohe Schrumpfung, so dass es nicht der lohnendste Ton ist, um damit zu drucken.

Porzellan ist nicht sehr plastisch oder klebrig, so dass es sich gut extrudieren lässt und schnell trocknet.

Hinweis: Im Anhang finden Sie ein sehr umfassendes und detailliertes Dokument zum Testen von sechs Tonen - [Testing 2of Six Clays for Extrusion 3D Printing](#).

Zusatzstoffe

Ich lasse mich nicht auf Tonzusätze wie Entflockungsmittel, Trockenmittel wie Alkohol oder Versteifungsmaterialien, zum Beispiel Papierfasern, ein. Es mag durchaus Vorteile geben und ich würde nicht vorschlagen, sie nicht auszuprobieren, aber ich komme gut ohne sie aus und arbeite nach dem Prinzip, die Dinge einfach zu halten. Basic Clay ist einfach ein so schönes Material, dass ich nicht glaube, dass man zu viel daran herumfuschen sollte.

Eine zu starke Entflockung ist sicherlich nicht gut. Die Entflockung, wie sie beim keramischen Schlickerguss verwendet wird, lässt den Ton thixotrop werden. Wenn der Ton aufgewühlt wird, wird er flüssiger und kann nicht in einem Schneckendruckkopf verarbeitet werden. Auch bei der Verwendung eines direkten Fließpressens schichtet sich der Ton nicht gut auf. Durch die Verwendung von weichem (alkalischem) Wasser kann es unerwartet zur Ausflockung kommen, insbesondere bei Porzellanerde. Die Lösung besteht darin, dem Ton eine kleine Menge Essig beizumischen (5 ml pro 10 kg Ton). Es ist logisch, den für das Schlickergießen vorbereiteten Ton für den 3D-Druck zu verwenden, da dieser Ton weniger Wasser enthält, aber dann tritt dieses thixotrope Problem auf. Vermeiden Sie Schlickerguss-Ton.

In Italien haben wir bei der Arbeit mit WASP Versuche mit Bioethanol durchgeführt, das 50/50 mit dem Wasser gemischt wurde, das zum Aufweichen von Ton aus einem Beutel verwendet wird. Ich denke, dass dies Vorteile in Bezug auf die Geschwindigkeit des Trocknens des Tons haben könnte, aber da ich im Vereinigten Königreich in einem geschlossenen Raum arbeite, wären die Dämpfe zu stark, so dass ich dies nicht weiterverfolgt habe. Ich verwende lieber Fotolampen, Wärmelampen oder Warmluftgebläse, um die Arbeit während des Druckens zu trocknen.

Ich habe einige Experimente mit [Zusatzstoffen](#) durchgeführt und die Ergebnisse sind im [Anhang zu](#) finden.

Lehm-Konsistenz

Die Knetmasse für den 3D-Extrusionsdruck muss weich genug sein, um durch die

Maschine geführt werden zu können, darf aber nicht so weich sein, dass sie sich beim Aufbau nicht selbst trägt. Es gibt kein einfaches Maß für diese Konsistenz, aber etwas, das wie Zahnpasta aussieht, ist ein guter Richtwert. Die Tonoberfläche sollte gerade noch feucht, aber nicht satt nass aussehen.

Verschiedene Tone haben unterschiedliche Eigenschaften und nehmen unterschiedlich viel Wasser auf, um weich zu werden, so dass es schwierig ist, genaue Zahlen anzugeben. Es kommt darauf an, ein Gefühl dafür zu bekommen, und ich liege immer noch falsch. Entschuldigen Sie die erdige Analogie, aber wenn Sie eine Handvoll Ihres vorbereiteten Lehms auf den Boden klatschen, soll er wie ein gesunder Kuhfladen aussehen. Wenn der Haufen zusammensackt wie die Kuhfladen von Kühen, die auf frischem Gras gegrast haben, ist er zu weich. Wenn Sie eine Handvoll Lehm hinunterklatschen und es zwischen den Schichten kein Nachgeben" gibt, ist der Lehm wahrscheinlich zu hart. Wie gesagt, Sie wollen eine gute, gesunde Kuhfladenqualität. Siehe [JK Drop Spike](#) zur Messung der Tonkonsistenz.

Harter oder weicher Lehm

Mit Hilfe von Druckluft oder einer mechanischen Ramme wird der Ton durch das System gepresst. Unter Druck wird Wasser aus einer Tonmischung herausgepresst, und je höher der Druck ist, desto mehr geschieht dies. Es ist zwar logisch, harten Ton zu verwenden, damit der Druck nicht zusammenfällt, doch ist mehr Druck erforderlich, um ihn durch das System zu drücken, und der Ton im Behälter wird noch härter. Ein härterer Ton kann auch dazu führen, dass die gedruckten Schichten nicht aneinander haften und es zu Verzögerungen oder Rissen kommt. Ich tendiere zu weichem Ton, der einen Druck von 4 bis 5 bar benötigt, um ihn durch das System zu befördern. Im [Anhang](#) finden Sie einige Tests, die ich zu diesem Thema durchgeführt habe.

Mix aus Nass oder Trocken

Ton kann aus Beuteln mit feuchtem Ton für die Verwendung auf der Töpferscheibe oder aus trockenem, pulverisiertem Ton hergestellt werden. Die Tonteilchen werden als Plättchen beschrieben, und das Wasser wirkt als Schmiermittel zwischen den Plättchen. Diese Struktur verleiht dem Ton seine Plastizität, und die verschiedenen Tonarten haben unterschiedliche Plättchengrößen. Sehr feine Tone, wie z. B. rote Tone, sind klebriger und eignen sich nicht so gut für den Extrusionsdruck wie Tone mit größeren Plättchen, z. B. Porzellanerde.

Während man Ton mit Wasser schnell aufweichen kann, dauert es bis zu einem Tag oder länger, bis das Wasser in die feinsten Partikel eindringt. So wird Ton, der heute gemischt wird, morgen ein wenig härter sein, selbst wenn er in Plastik aufbewahrt wird, nicht weil das Wasser verdunstet ist, sondern weil es weiter in die Mischung aufgenommen wurde. Für den sofortigen Gebrauch ist es daher besser, fertig angefeuchteten Ton zu erweichen, als ihn aus Pulver zu mischen. Frisch gemischter Ton aus trockenem Pulver hat oft eine leicht körnige Textur und ist nicht sehr plastisch, was zu besseren Druckergebnissen führt. Wenn Sie aus trockenem Pulver mischen, lassen Sie den Ton so lange wie möglich reifen, bevor Sie ihn verwenden, am besten Tage, Wochen oder sogar Monate.

Färbende Knete

Es ist kein Problem, mit [gefärbtem](#) oder farbigem Ton zu drucken. Bei hellen Tönen, bei denen die Farbe durchscheint, ist es am besten, auch keramische Farben hinzuzufügen und einen Ton zu wählen, der sich von vornherein gut bedrucken lässt. Es ist wichtig, dass sich die Farbe gründlich vermischt, daher ist es wahrscheinlich gut, den Ton so weit

aufzuweichen, dass Sie die Mischung durch ein Sieb geben können, und ihn dann wieder trocknen zu lassen.

Verschiedene natürlich gefärbte Tone können gemischt werden, um erdigere Farben zu erhalten.

Wenn Sie Ton in einem Tonbehälter zum Drucken schichten, werden Sie feststellen, dass es nach dem Extrudieren keinen klaren Unterschied zwischen den einzelnen Schichten gibt, sondern eine Mischung. Das liegt daran, dass sich das Material in der Mitte des Extrudierens schneller bewegt und an der Außenfläche schleift. Für einen klaren Zwei- oder Mehrfarbendruck benötigen Sie einen Tonbehälter und einen Druckkopf für jede Farbe. [Siehe](#) das Projekt von Tom Lauerman.

Schwinden des Tons

Unterschiedlicher Ton schrumpft unterschiedlich stark. Wenn der Ton trocknet und das Wasser verdunstet, schrumpft er, aber im Ofen, wenn er gebrannt wird, schrumpft er weiter. Je höher die Temperatur, desto mehr schrumpft der Ton. Normalerweise schrumpft Ton in alle Richtungen gleichermaßen, aber bei 3D-gedruckten Formen ist die Schrumpfung in der Vertikalen größer als in der Horizontalen. Ich vermute, das hat etwas damit zu tun, dass die Schichten zusammengedrückt werden. Als Richtwert gilt, dass Steinzeugton in der Vertikalen etwa 13 % und in der Horizontalen 8 % schrumpft. Porzellan schrumpft bis zu 20% oder mehr in der Vertikalen und 16% in der Horizontalen. Dies gilt, wenn es bei 1220 Grad Celsius gebrannt wird.

Die Ergebnisse der Schrumpfungstests finden Sie im [Anhang](#).

Erweichen eines Beutels Wurf-/Modelliermasse von Hand

Nehmen Sie einen Töpferdrahtschneider und schneiden Sie den Tonblock in dünne (1 cm) Scheiben. Ritzen Sie mit einer Küchengabel so viel von der Oberfläche jeder Scheibe ein, wie Sie können, und tauchen Sie die Scheiben dann in einen Eimer mit Wasser und stapeln Sie sie auf. Dabei setzen Sie so viel Oberfläche wie möglich dem Wasser aus. Wenn du vorausschauend geplant hast und den Scheibenstapel über Nacht stehen lassen kannst (mit Plastikfolie abgedeckt), sollte der Ton recht gut aufweichen. Wenn Sie sofort loslegen wollen, müssen Sie sich die Hände schmutzig machen und eine Handvoll Ton zusammenpressen und mit der Hand weiter mischen. Wahrscheinlich müssen Sie den Ton verteilen und mit der Gabel wieder zerreißen und mehr Wasser hinzufügen.

Ich arbeite auf einem nicht porösen Brett, z. B. einem alten Küchenregal, und benutze einen Schwamm, um mehr Wasser aufzudrücken. Das Mischen mit der Hand geht so lange weiter, bis die richtige Konsistenz erreicht ist (wie Zahnpasta) und der gesamte Tonhaufen die gleiche ist. Durch das Mischen mit der Hand können Sie eventuelle Klumpen ertasten. Für gute Abdrücke sollte die Tonmasse vollkommen glatt sein. Jede Unregelmäßigkeit in der Textur zeigt sich als dicke/dünne Ausstülpungen auf dem Abdruck. Beim Anmischen der Knete sollten Sie vermeiden, dass Luftblasen in der Paste eingeschlossen werden. Es scheint ganz gut zu funktionieren, wenn Sie die Paste mit der flachen Hand abkratzen und zu einem Haufen zusammenklatschen.

[Hier](#) gibt es ein einfaches Video über die Zubereitung einer Tonmischung von Hand.

Mechanische Tonaufbereitung

Jeder, der eine Tonmischmaschine besitzt, hat Glück, denn diese teuren Tonstudio-Geräte leisten gute Arbeit. Diese Maschinen mischen aus Pulver oder Sie können zerkleinerten Ton hinzufügen.

Wurf-/Modelliermasse. Ich habe schon Säcke mit zerkleinerter Wurf-/Modelliermasse gesehen, die in einer Nudelmaschine (mit zusätzlichem Wasser) zu einer steifen Paste gemischt wurden. Sie brauchen eine Mischmaschine mit viel Kraft. Meiner Meinung nach lohnt sich das maschinelle Mischen nur bei großen Mengen, da der Zeitaufwand für die anschließende Reinigung der Maschine größer ist als die Zeit, die man für das Mischen von Hand benötigt hätte.

Zum Mischen von Pulver in loser Schüttung verwende ich einen Doppelwellenmischer, wie er für Gips verwendet wird, aber er mischt nur bis zu einer Konsistenz, die viel weicher ist als die, die ich für den Druck benötige. Ich lasse diese Mischung offen liegen, damit sie langsam austrocknen kann, bis sie die gewünschte Konsistenz hat. So hat die Mischung auch Zeit, gründlich durchzufeuerten und zu reifen. Diese Technik wende ich bei großen Mengen an Ton an. Die Paste wird in Plastikbeuteln aufbewahrt, und ich mische jede Charge vor der Verwendung von Hand.

Tonerden, die sich gut für den 3D-Druck eignen

Porzellan

Im Vereinigten Königreich habe ich sowohl mit den Royal- als auch mit den Special-Porzellanmassen von Valentine Clays erfolgreich gedruckt. Ich habe den Parian Body von Valentine ausprobiert, der für seine Transluzenz bekannt ist, fand aber, dass die unglasierten, gebrannten Ergebnisse eher wie bedrucktes weißes Plastik aussehen. Noch schlimmer war jedoch, dass die Formen eine Weile nach dem Verlassen des Ofens rissig wurden, was normalerweise ein Zeichen für Spannungen im Tonkörper ist. Ich habe die Verwendung von Parian aufgegeben.

In Frankreich habe ich Limoges-Porzellan mit gleichem Erfolg wie die britischen Porzellane verwendet. Bei Limoges-Porzellan füge ich der Mischung ein wenig Essig hinzu, um zu verhindern, dass es thixotrop wird.

Empfehlungen für Steingut-Ton



(UK) Scarva Earthstone Professional White Porcelain Stoneware PF700 - erhältlich bei einer Reihe von Anbietern.



(Frankreich) Ceradel White Stoneware CG811 - dieses Material hat einen hohen Anteil an 0-0,2 mm Grog/Schamotte.



(Spanien) Sio-2 Artemis White Stoneware 164-ARTE - erhältlich im Vereinigten Königreich bei Potclays.



(Schweden/Dänemark) Red 1122 - erhältlich bei cerama.dk und cebex.se Hinweis: Charlie Stern hat diesen Ton sehr erfolgreich verwendet.

Rezept für 3D-Druck-Ton

Wenn Sie sich die Details auf den oben abgebildeten Beuteln mit Ton ansehen, können Sie erahnen, worauf es bei einer guten Ton-Druckquittung ankommt. Sie suchen nach einer Reihe von Partikelgrößen in Form von Ton und Grog.

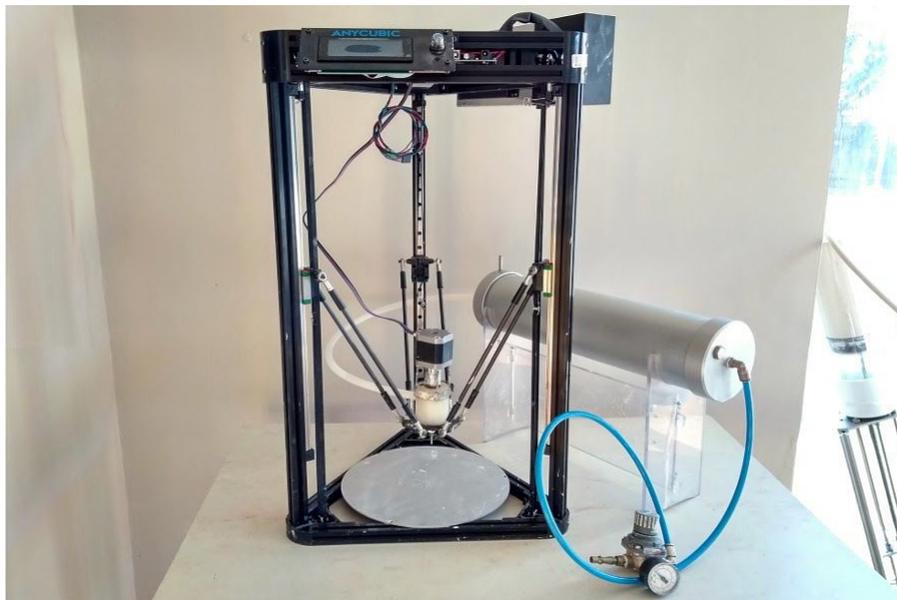
JK Print Mix

Hyplas 71 Ball Clay	35
Grolleg Porzellan-Ton	20

FFF Feldspat	15
Feiner Molochit (0 - 0,2 mm)	30
Bentonit	2

Hinweis: Für den Druck größerer Werke wird die Hälfte des Molochits von mittlerer Qualität sein (0,5 mm). Im [Anhang](#) habe ich mehr über die Formulierung eines 3D-Druck-Tonkörpers geschrieben.

Konvertieren einer AnyCubic Kossel für den 3D-Druck mit Ton



Im Jahr 2013 veröffentlichte ich das Design des Make Your Own JK Delta Clay-Druckers. Damals gab es noch nicht die billigen Tisch-3D-Drucker, die es heute gibt. Jetzt ist es wahrscheinlich billiger, einen Bausatz als die Kosten für nur die Teile zu kaufen, um einen JK Delta Self Build zu machen. Die Technologie des 3D-Drucks mit Ton hat sich seit 2013 ebenfalls weiterentwickelt. In diesem Leitfaden wird erklärt, wie man sich selbst einen preiswerten 3D-Drucker mit Ton zusammenstellen kann, indem man einen Kunststoff-Extrusionsdrucker umbaut.

Im Jahr 2017 dokumentierte Dries Verbruggen die Umrüstung eines AnyCubic Delta-Druckers für den Betrieb mit einem Druckkopf vom Typ Glue Gun, wie er beim JK Delta Self Build verwendet wird. siehe <https://wikifactory.com/+Ceramic3DPrinting/forum/thread/MzE2OTg?categoryId=Mg>. In dieser Dokumentation beschreibe ich die Umrüstung eines ähnlichen AnyCubic Kossel Delta Druckers für den Betrieb mit einem Tonbehälter und einem Druckkopf mit Stopp-Start-Schraube. Der Lauf der Zeit hat uns eingeholt und AnyCubic stellt diesen Drucker nicht mehr her, sondern einen größeren Delta 3D-Plastikdrucker namens Predator. Mit einem Bauvolumen von 37 cm Durchmesser und 45 cm Höhe ist dies ein besser dimensioniertes

Gerät als die alte Kessel. Obwohl ich keine persönlichen Erfahrungen habe, habe ich von anderen gehört, die den Predator umbauen, wie in meiner Dokumentation unten. Ich hoffe, dass diese Informationen auch für die Umrüstung eines anderen Kunststoffdruckers für den Druck mit Ton relevant und nützlich sind.

Wie Sie wahrscheinlich wissen, unterteile ich das Konzept der 3D-Drucker für Ton in Rig, Druckkopf und Tonabgabe. Das Rig ist die computergesteuerte Maschine, die den Druckkopf bewegt. Der Druckkopf ist der Mechanismus, der den Ton aufträgt und relativ einfach herzustellen und zu installieren ist. Die Tonabgabe ist dann der Prozess, bei dem das Tonmaterial zum Druckkopf gelangt.

Rig - Die AnyCubic Kessel

Wenn Sie Ihre AnyCubic Kessel bekommen, stellen Sie sicher, dass Sie die Version mit linearen Lagern bekommen, die auf und ab dem vertikalen Rahmen laufen, und nicht die Version mit Rädern. Ich glaube, die Version mit Rädern ist nicht mehr erhältlich, aber die Räder waren nicht sehr stabil. Die Baufläche wird mit 23 cm Durchmesser und 30 cm Höhe beschrieben.

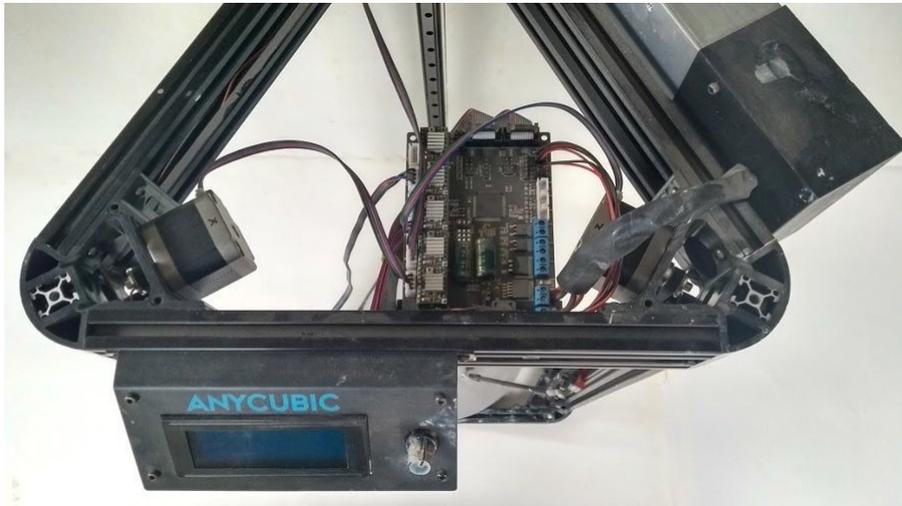
Ihr Drucker wird als teilweise zusammengebauter Bausatz geliefert. Ich werde nicht ins Detail des Builds gehen, wie das Benutzerhandbuch ist sehr gut. Was ich gemacht habe, ist eine fotografische Dokumentation meines Aufbaus, da ich das Gerät auf den Kopf gestellt habe. Bei der konventionellen Bauweise befinden sich die gesamte Elektrik und die Steuerelemente an der Unterseite. Wenn man in nassem und staubigem Lehm arbeitet, ist das keine gute Idee, daher habe ich die gesamte Elektrik nach oben verlegt.

Das Verschieben des oberen Rahmens nach unten ist einfach. Die Grundplatte hatte eine Heizung unter, dass ich riss aus. Sie werden feststellen, dass es Grundplattenhalterungen am unteren Rahmen gibt (die oben angebracht werden) und ich habe diese einfach entfernt.

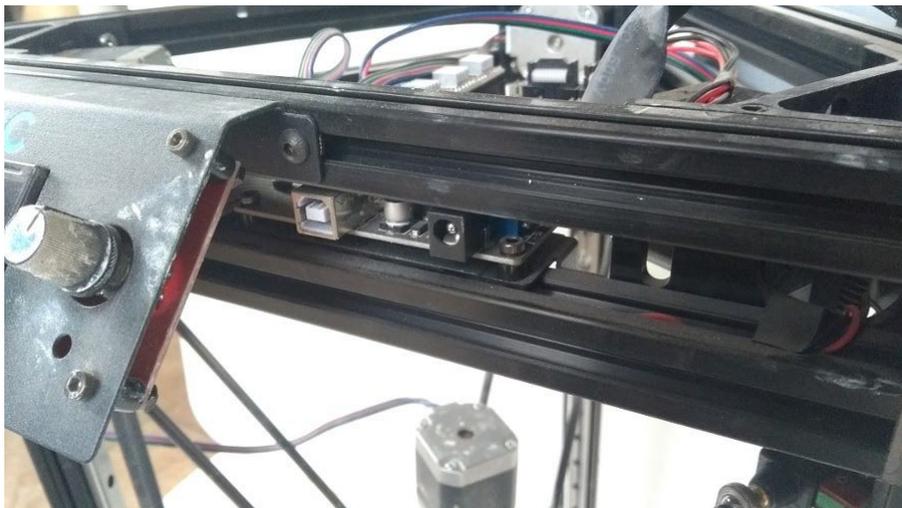


Wenn Sie den vormontierten unteren Rahmen oben anbringen, ist zu beachten, dass der Abstand der vertikalen Balken in den oberen und unteren Rahmen gleitet. Beim Anbringen der Linear-Schiebestangen an den vertikalen Aluminium-Rahmenstangen muss der Positionierungsabstand oben nun größer sein. Auch für die Halterung des oberen Endanschlags muss Platz gelassen werden. Dies ist sinnvoll, wenn Sie die Teile haben. Wenn man oben alle Elektrik hat, muss die Verkabelung der Endanschläge nicht mehr durch die Aluträger geschoben werden. Der untere Rahmen

der nach oben verschoben ist, wird nicht umgedreht, sondern nur nach oben verschoben. Wie Sie sehen werden, habe ich den Bildschirm auf der gleichen Seite wie die Elektronik-Hauptplatine, so dass die Drähte ordentlich gehalten werden können.



Ich habe die Hauptplatine verschoben, damit ich auf den USB-Eingang neben dem Bildschirm zugreifen kann. Der Bildschirm ist links von der Mitte montiert.



Das Netzteil habe ich waagrecht und oben montiert, weit weg von jeglichem Wasser. Die Drähte erreichen gerade das Mainboard.



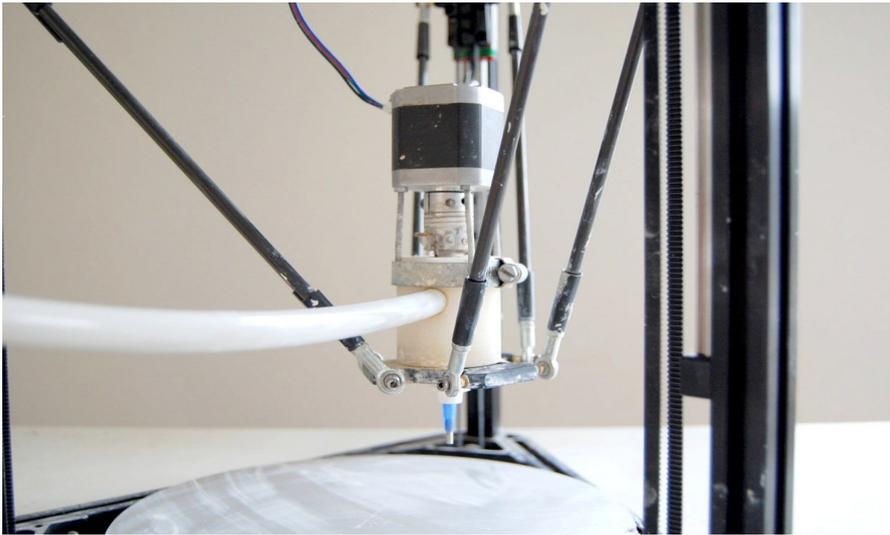
Folgen Sie den Bauanweisungen, bis Sie zum Filamenthalter und zum Extrudermotor gelangen. Der Filamenthalter ist nicht angebracht und der Extrudermotor ohne die Halterung wird zur Herstellung des Ton-Druckkopfs verwendet - siehe nächster Abschnitt. Der Anycubic-Kunststoffdruckkopf wird von der Druckkopfhalterung entfernt und der Ton-Druckkopf wird später an dieser Platte befestigt. Der Kunststoffdruckkopf wird nicht verwendet und ist auf der Druckkopfplatte vormontiert, die an den diagonalen Stangen befestigt ist.

Der Schaltplan in der Gebrauchsanweisung ist sehr gut. Offensichtlich sind das Heizbett, die beheizte Düse (für Kunststoff) und die Ventilatoren unbenutzt.

Ich habe die Z-Ebene in der Arduino-Firmware meines Geräts so eingestellt, dass der Drucker jedes Mal auf denselben Punkt abgesenkt wird. Anycubic bietet einen z-Leveling-Sensor an und hat eine ausführliche Dokumentation darüber, wie man den z-Level einstellt. Das kann man machen, sobald man seinen Ton-Druckkopf sortiert hat und weiß, welche Länge die Düse haben wird. Ich halte die Z-Ebene auf einer Höhe und ändere die Dicke der darunter liegenden Bretter, wenn es eine Änderung gibt.

Lehm-Druckkopf

Ich habe in einem anderen [Abschnitt unten](#) und hier dokumentiert, wie man seinen eigenen Druckkopf herstellt - <https://wikifactory.com/@jonathankeep/self-build-clay-printhead>



Sie können auch nachsehen -

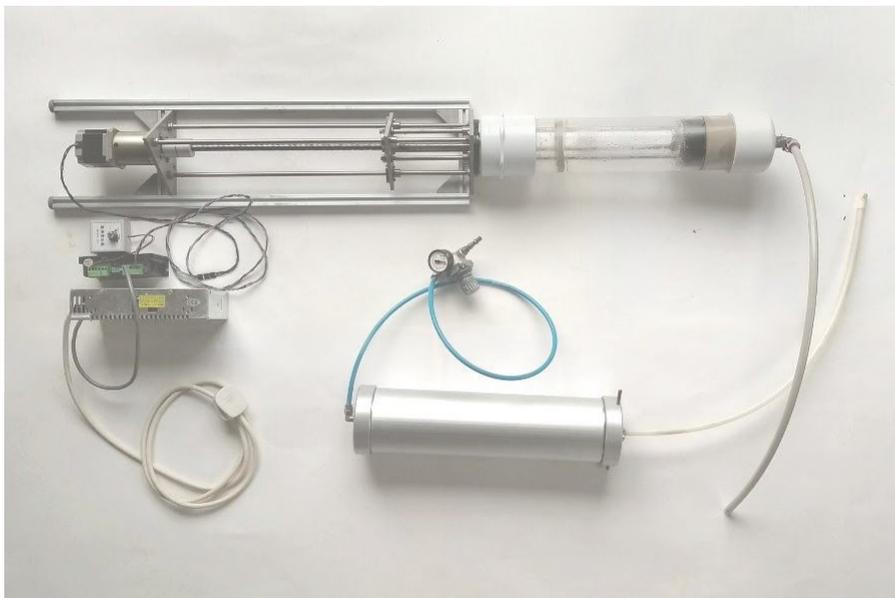
Stoneflower Clay Druckkopf-Kits - <https://www.stoneflower3d.com/>

Stoneflower Open Source Seite - <https://www.stoneflower3d.com/opensource/> WASP

Clay Printhead Kits - <https://www.personalfab.it/en/shop/clay-extruder-kit-2-0/>

Lehm Lieferung

Auf dem einleitenden Bild ist die Tonzufuhr der große Aluminiumbehälter (hinten rechts), der an einen Luftkompressor angeschlossen wird. Die Druckluft drückt den Ton natürlich zum Druckkopf.



Ich habe auch eine mechanische Ram per Art zugunsten von [ClayBot](#) so habe ich meine Anycubic mit einem Widder Ton Lieferung und die Druckluft Lieferung laufen. Beide funktionieren gut, aber ich bevorzuge die Einfachheit des Luftsystems. Ich würde in beiden Systemen die gleiche Tonkonsistenz verwenden. Auf dem Foto oben fasst der Luftdruckbehälter (unten in der Mitte) mehr Ton als der Stempel darüber und ist einfacher zu reinigen und zu warten.



Auf dem Foto oben ist der Aluminiumbehälter von der italienischen Firma WASP. Diese Behälter werden Bolie-Pistolen genannt und werden von Karpfenanglern zur Herstellung von Grundködern verwendet. Ich habe auch einen ähnlichen Behälter, den ich im Vereinigten Königreich erworben habe und der aus schwarzem Nylon und Kunststoff besteht. Ich verwende den britischen Behälter auf einem größeren Drucker, damit er länger ist. Der Aluminiumbehälter hat eine gute Größe für einen Tischdrucker, hat einen Innendurchmesser von 10 cm und ist 40 cm lang. Die Endkappen der Metallbehälter sind aufgeschraubt und lassen sich nur schwer wieder lösen. Achten Sie darauf, dass die Gewinde frei von Lehm sind. Das Design des schwarzen Behälters, der aufgeschraubt wird, ist einfacher zu verwenden, solange Sie eine gute Dichtung auf der Luftkappe erhalten können.



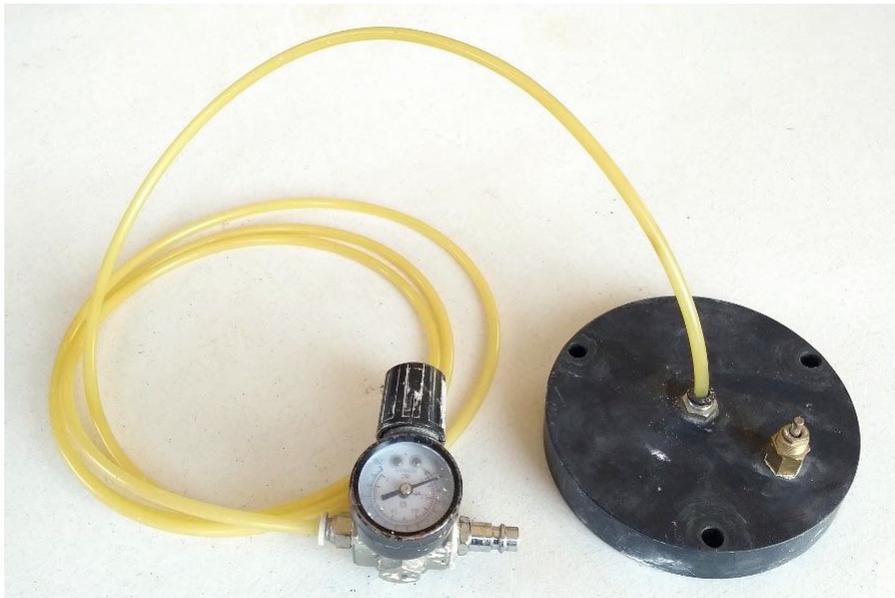
Eine Verbesserung, die ich bei der Konstruktion des schwarzen Behälters vorschlagen würde, ist die Verwendung von vier langen Stangen anstelle von drei Stangen, die die beiden Endkappen in Längsrichtung zusammenhalten. Der Behälter steht unter einem Druck von 4 -

6 Bar, und mit nur drei Verstreben/Verbindungsstäben biegen sich die Endplatten immer ein wenig und der Luftdruck entweicht.

Mit vier Versteifungsstäben, die um den Umfang der Endplatten herum angeordnet sind, würde diese gleichmäßiger verschraubt.

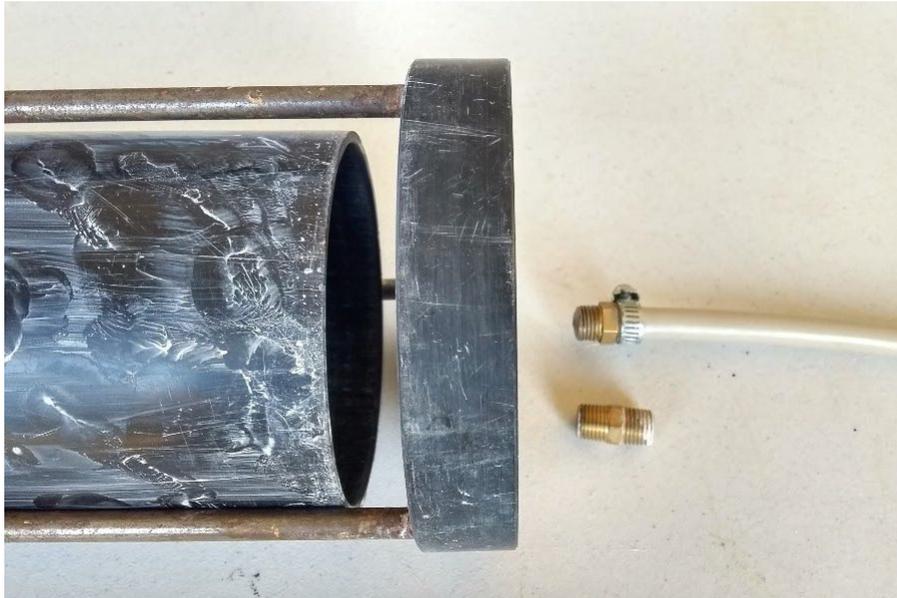


Es gibt zwei Endkappen aus technischem Nylon. Ich weiß nicht, woraus der schwarze Hauptbehälter besteht, aber er soll einem Druck von 8 Bar standhalten. Dann gibt es einen Kolben (weiß auf dem Foto), ebenfalls aus technischem Nylon, der sich im Inneren des schwarzen Rohrs auf und ab bewegt. Dasselbe gilt für den Aluminiumbehälter. Dieser drückt den Ton und dichtet mit zwei O-Ringen ab, so dass der Luftdruck nicht am Kolben vorbeidrückt. In jeder Endplatte befindet sich ein runder Schlitz, in den das schwarze Körperrohr hineinpasst. In den Schlitz befinden sich weitere O-Ringe aus Gummi, die die Luft an einem Ende und den Ton am anderen Ende abdichten. Diese Endplatten sind 25 mm

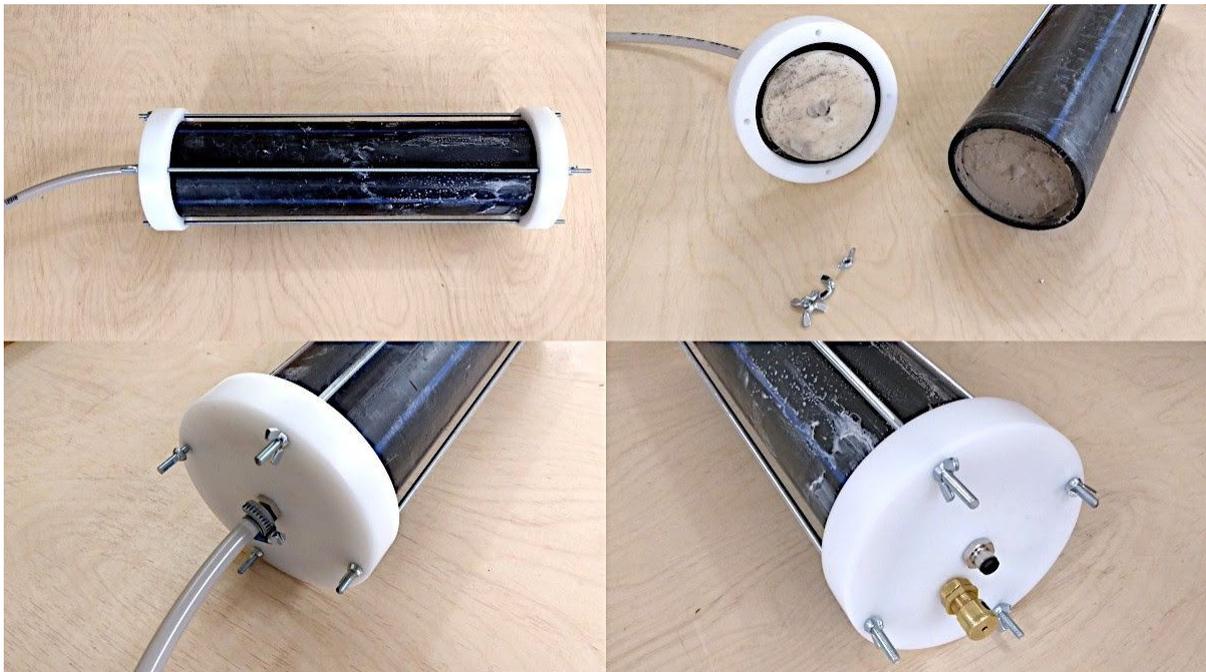


dick und die Schlitz 18 mm tief.

Dies ist die Endplatte, an der die Luft einströmt. Ein Steckverbinder hält die vom Druckregler kommende Luftleitung. Ich drucke mit einem Druck zwischen 4 und 6 bar. Das Messingteil rechts an der Endkappe ist ein Sicherheitsventil, das, wie mir gesagt wurde, den Druck bei einem höheren Druck als einem Bar8 ablässt. Ein sehr wichtiges Sicherheitsmerkmal.



Am Ende der Tonerde befindet sich ein Nylonrohr, das die Tonerde aus dem Behälter in den Druckkopf leitet. Ich verwende Nylon Pneumatic Air Line Tubing, klar/natur mit einem Außenmaß von 12 mm und einem Innenmaß von 10 mm. Das gibt es auch mit einem Innendurchmesser von 9 mm, und dieses Rohr ist dann zu steif. Das 10 mm Innenmaß ist flexibler, das ist gut, knickt aber auch gelegentlich ab und muss ersetzt werden. Die Länge dieses Zuleitungsrohrs beträgt 70 cm. Es ist wichtig, dass der Tonfluss in keiner Weise eingeschränkt wird. Halten Sie alle Innendurchmesser auf 10 mm. Auf dem Foto rechts sehen Sie den doppelendigen Gewindestutzen aus Messing, den ich verwende. Diese Rohrbelegung ist speziell auf die Bedürfnisse des Kneters abgestimmt und gehört nicht zum Lieferumfang der Boilierpistole.



Ein in Reykjavik hergestellter Tonbehälter gemäß der obigen Beschreibung. Es wurde ein sehr dickes, strapazierfähiges Rohr beschafft. Dieses könnte natürlich durch ein Metallrohr ersetzt werden, vorzugsweise aus Aluminium, um das Gewicht zu reduzieren. Nachdem ich dies gesehen habe

Der Container funktioniert gut, nur die vier langen Gewindestangen zum Verankern und Festziehen hätten etwas schwerer sein können.

Einige Links zu Boilie-Waffen -

G S Boilie Gewehre - £120.00

<https://www.gumtree.com/p/fishing-tackle/g-s-boilie-guns-the-6kg-nighthawk-boilie-gun-new-/1341591454>

Boilies Herstellung Pistole, Air Bait Boilies Pistole KG.6 - £138.00

<https://www.ebay.co.uk/itm/BOILIES-MAKING-GUN-AIR-BAIT-BOILIES-GUN-KG-6-3-nozzle-SAUSAGE-GUN/122822395372>

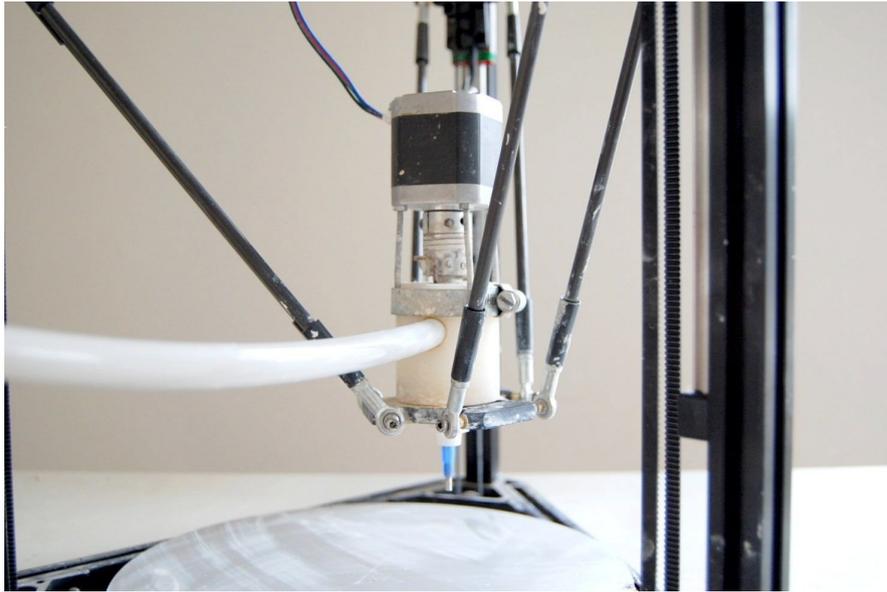
Teileliste für (alten) Make Your Own Clay 3D Drucker

http://www.keep-art.co.uk/Journal/Delta_3DPrinter_Parts_Nov15.pdf

Hinweis: Diese Behälter haben zwar kegelförmige Ausstoßdüsen, aber es ist am besten, wenn Ihr Tonrohr gerade aus der Endplatte herausführt. In der Vergangenheit habe ich das Tonrohr am Kegel befestigt, aber der Ton verdichtet sich im Inneren des Kegels. Am besten ist es, eine flache Platte auf der Endplatte des Behälters zu haben und das 12-mm-Nylonrohr direkt in diese Platte zu stecken.

Selbstbau-Tondruckkopf

Eine Anleitung zur Herstellung eines Schnecken-, Schnecken-Stopp-Start- oder Retraktionsdruckkopfes für den 3D-Druck von Ton.



Das oberste Konstruktionsprinzip bei diesem Knetkopf war, dass er leicht zu zerlegen, zu reinigen und zu warten sein sollte. Ich mag keine aus Kunststoff gedruckten Teile, da sie meiner Meinung nach nicht stabil genug sind, und warum sollte man sich diese Mühe machen, wenn die Teile so einfach gehalten werden können. Ich treffe meine Designentscheidungen nicht nach strengen Maßstäben, sondern nach einer Mischung aus Intuition und Abwarten, kombiniert mit den Teilen, die ich leicht beschaffen kann. Ich behaupte nicht, dass dies das ultimative Design ist, aber es funktioniert für mich und ist entwerfend einfach. Dieser Druckkopf kann mit einem mechanischen Stößel für die Tonzufuhr oder mit Druckluft für die Tonzufuhr verwendet werden und kann entweder an kartesische oder Delta-3D-Drucker angeschlossen werden.

Der Druckkopf

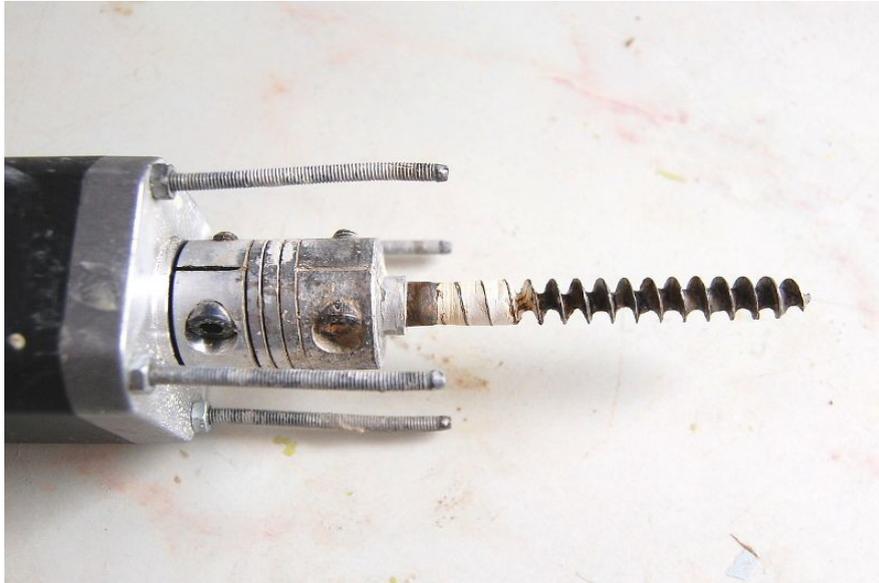
Das Gehäuse des Druckkopfs besteht aus technischem Nylon. Ich habe mich für dieses Material entschieden, weil Ton unglaublich abrasiv ist, so dass ich Metallteile (außer der Schraube) vermeiden wollte, und mit meinen einfachen Handwerkzeugen kann ich dieses Material leicht schneiden und bohren. Außerdem verwende ich unterschiedlich große Schrauben, je nachdem, welchen Maßstab des Druckers und welche Größe des Extrudats oder der Düse ich verwenden möchte, und so kann der Körper an die Schraube angepasst werden. Die solide Nylonstange kann mit einer Handsäge zugeschnitten und dann vertikal für die Schraubengröße und von der Seite für das Toneinlassrohr gebohrt werden. Dieser Nylonzylinder lässt sich auch bequem an den meisten 3D-Druckern befestigen, indem man M3-Schrauben verwendet, die sich selbst in entsprechend große Bohrlöcher einschrauben.

Teile

1 x Nema 17 Schrittmotor 4
x 70mm M3
Gewindestange

mit einem Holz-/Metallbohrer. Ich glaube daran, dass die Schnecke gut in den Druckkopf passt.

Obwohl die Schneckendrehung den Lehm nach unten treibt, halte ich es für günstig, die Lehmzufuhr/-förderung unter mehr Druck zu setzen, als die Schnecke von Natur aus aushält, um die Extrusion des Lehmes zu fördern. Um zu verhindern, dass der Lehm an der Schneckenwelle hochsteigt, dichte ich das obere Gewinde mit härtendem Kitt ab, der einen festen Sitz bildet. Manchmal sickert der Lehm nach oben, aber er lässt sich leicht wegwischen. Wenn übermäßig viel Lehm austritt, ist die Lehmzufuhr/-förderung zu hoch. Auf diese Weise beurteile ich den Luftdruck oder die Antriebsrate des Stößels, je nachdem, was ich verwende.



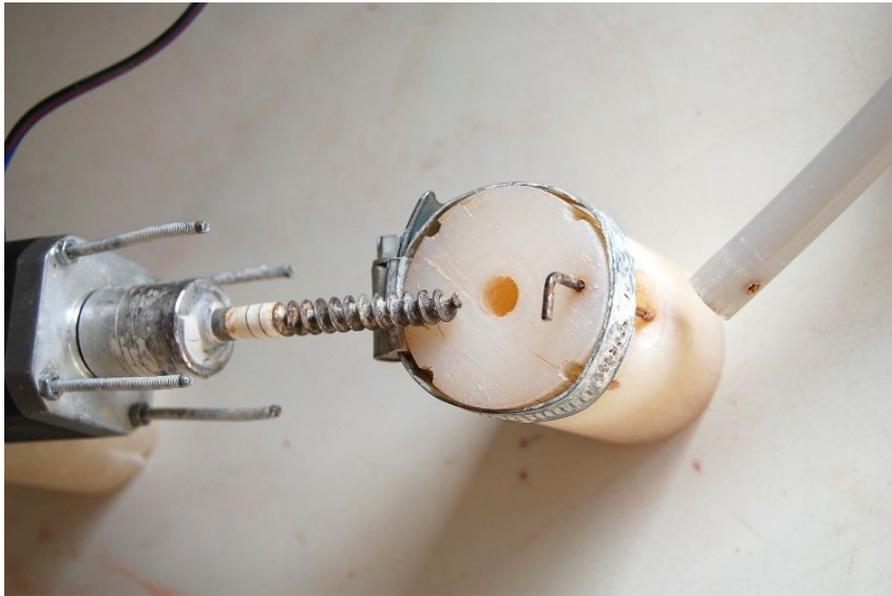
Zuleitung

Ich habe verschiedene Zuleitungsaufsätze ausprobiert. Druckanschlüsse verstopfen mit Lehm und funktionieren nicht mehr. Gewindeverbindungen sind mühsam zu lösen. Dieser einfache Drahtstift, der durch das Rohr gesteckt wird, erfüllt seine Aufgabe. Das von mir verwendete Tonrohr ist ein pneumatisches 12-mm-Nylonrohr, erhältlich bei <https://www.ebay.co.uk/itm/METRIC-NATURAL-NYLON-PNEUMATIC-TUBING-AIRLINE-PIPE-P-MT-/250806057958?var=&hash=item80104bfe99>. Ich verwende dieses Rohr, weil ich glaube, dass es glatter ist als weichere Kunststoffrohre. Achten Sie darauf, dass Sie 10 mm Innenmaß erhalten, sonst ist das Rohr zu steif und Sie brauchen einen möglichst großen Durchmesser. Ein Nachteil ist, dass dieses Rohr zum Knicken neigt. (Außendimension 12mm, Innendimension 10mm)

In die Seite des Nylonzylinders wird ein 12-mm-Loch gebohrt, um das Zufuhr-/Zuführrohr aufzunehmen. Dieses Loch wird mindestens in der Breite Ihrer Schlauchschelle von der Oberseite des Nylonkörpers aus gebohrt und weit genug hinein, um eine Verbindung mit dem vertikalen Schraubenkanal herzustellen.

Wenn das Zuführungsrohr an seinem Platz ist, bohre ich ein vertikales Loch für den Drahtstift, der das Zuführungsrohr an seinem Platz hält. Dieses vertikale Loch wird über die gesamte Länge des Zylinders gebohrt, damit der Lehm aus diesem Loch entfernt werden kann. Andernfalls lässt sich der Stift nach einer Weile nicht mehr herausziehen. Eine alte

Fahrradspeiche ist ein guter Stift.



Düsen

Ich verwende eine Reihe von Düsengrößen, je nachdem, was ich tue, und habe mich daher an eine Standardauslassöffnung mit ¼-Zoll-Gewinde unterhalb des Druckkopfs gehalten. Das zentrale Loch ist größer gebohrt und ein ¼"-Gewindebohrer zur Herstellung des Gewindes verwendet. Dies bietet die Möglichkeit, einen Luerlock-Außengewindeanschluss <http://www.adhesivedispensers.co.uk/TSD931-7C.htm> anzubringen, der die verschiedenen Luerlock-Dosierspitzen <http://www.adhesivedispensers.co.uk/tips.htm> oder größere ¼"-Dosierdüsen <http://www.adhesivedispensers.co.uk/nozzles.htm> aufnehmen kann. Ich mag Metalldüsen, deshalb stelle ich mir meine eigenen Düsen zusammen. Die Düsen reichen von 1,2 mm bis zu 4 mm, wobei 2 mm mein Werkstattstandard sind.



Schrauben

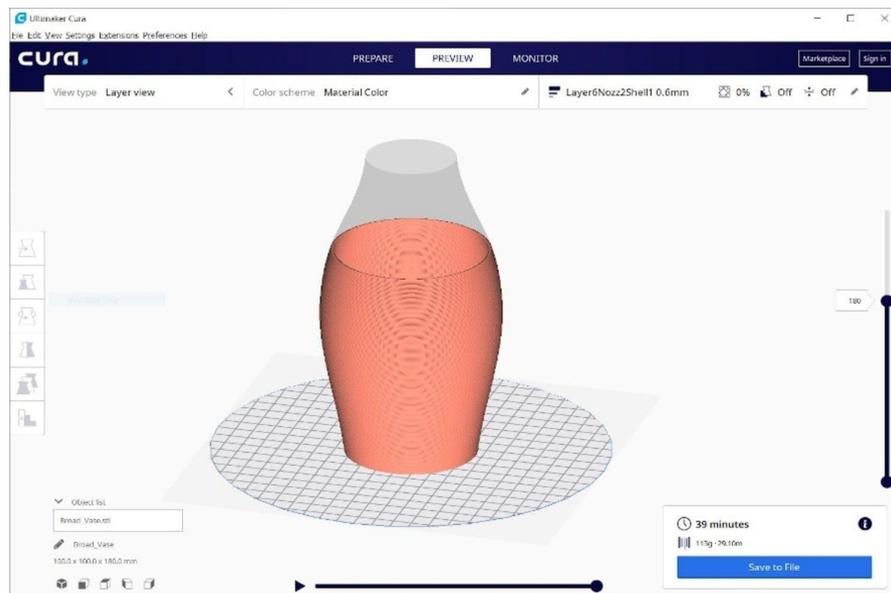
Die Schrauben sind Standardschrauben, die ich in meinem örtlichen Eisenwarenladen bekomme. Um die Effizienz zu verbessern, schleife ich die Lauffläche mit einem Winkelschleifer tiefer und schneide dann die Schrauben auf das

gewünschte Länge. Ich bin unschlüssig, ob ein belebter oder ein träger Faden vorzuziehen ist. Derzeit denke ich, dass bei einer kleinen Düse (1,6 mm Olivenfarbe) ein belebter Faden gut geeignet ist, um den Ton zu greifen und durch die kleine Öffnung zu drücken, unterstützt durch den Druck des Tons, der von der Tonzufuhr/-abgabe kommt. Bei großen Düsen (3 - 4 mm) ist die Verengung geringer und der Druck der Tonzufuhr/-dosierung drückt fast durch den Ton, so dass eine träge Schraube vorzuziehen ist, um den Ton auf seinem Weg zu unterstützen.



Cura für Clay 3D-Druck

Einrichten von Cura Version 4.3 für Clay 3D Printing - das funktioniert bei mir, November 2019.



Herunterladen von <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>

Einführung

Beim Einrichten werden Sie wahrscheinlich aufgefordert, einen Drucker hinzuzufügen. Wenn Sie "Nicht vernetzten Drucker hinzufügen" wählen, würde ich vorschlagen, dass Sie einfach den ersten Ultimaker-Drucker auswählen und dann "Hinzufügen" wählen. Auf diese Weise können Sie sich mit dem Layout der Software vertraut machen und sich zurechtfinden. Es gibt jede Menge YouTube-Videos über die Verwendung von Cura, also schauen Sie sich diese an, aber hier möchte ich die Einrichtung von Cura für den 3D-Druck mit Ton durchgehen. Dies ist nur eine Grundeinstellung und wenn Sie sich mit dem Programm vertraut machen, werden Sie feststellen, dass es viel mehr zu bieten hat.

Layout

Oben links befindet sich ein horizontales Menü, das ich mit Ausnahme der Einstellungen nicht oft verwende. Oben in der Mitte befinden sich Vorbereiten und Vorschau, die ich verwende. Monitor ist für vernetzte Drucker, die ich nicht verwende. Darunter befindet sich links der Ordner ikon, den ich zum Laden von 3D-Dateien zum Schneiden verwende.

Danach folgt der aktive Druckername und ein Dropdown-Pfeil, der die Namen aller anderen Druckerprofile anzeigt, die gerade eingerichtet werden.

Als Nächstes wird in horizontaler Richtung das ausgewählte Material angezeigt, ebenso wie ein Dropdown-Pfeil, der alle anderen Materialien mit einem Profil anzeigt, das mit den ausgewählten Druckereinstellungen kompatibel ist.

In horizontaler Richtung finden Sie schließlich die Druckereinstellungen. Wenn Sie darauf klicken, werden die Profilooptionen und -einstellungen geöffnet. Mit einem

zweiten Klick schließen Sie das Dropdown-Fenster.

Im Hauptteil des Layouts befindet sich eine Visualisierung des ausgewählten Druckers. Wenn Sie eine Datei öffnen, indem Sie auf das Ordnersymbol (oben rechts) klicken und Ihre .stl- oder .obj-Datei auswählen (andere Dateitypen sind verfügbar), erhalten Sie eine Visualisierung Ihres 3D-Objekts.

Druckerprofil einrichten

Ein neuer Drucker kann über das Menü Einstellungen (oben links) oder durch Klicken auf den Dropdown-Pfeil im Feld ausgewählter Drucker hinzugefügt werden.

Wählen Sie Einen nicht vernetzten Drucker hinzufügen. Gehen Sie dann nach unten und wählen Sie "Benutzerdefiniert".

Ich werde die Einrichtung eines Deltadruckers wie des JK Self Build, des WASP Delta oder eines Anycubic Delta beschreiben, also wählen Sie "DeltaBot" in der Dropdown-Liste mit dem Pfeil neben "Benutzerdefiniert" und "Hinzufügen".

Wenn das Fenster "Maschineneinstellungen" nicht erscheint, gehen Sie auf "Einstellungen" (oben rechts) und klicken Sie in der Dropdown-Liste unten auf "Einstellungen konfigurieren". Dadurch öffnet sich das Hauptfenster "Einstellungen", das Sie gut kennenlernen werden. Gehen Sie in der linken Spalte zu "Drucker" und wählen Sie DeltaBot aus, wenn es nicht bereits ausgewählt ist. Beachten Sie, dass es unter der Überschrift "Drucker" eine Registerkarte "Aktivieren" gibt, falls Sie die Druckerauswahl ändern. Es gibt eine Registerkarte "Umbenennen", auf der Sie Ihrem Drucker einen eigenen Namen geben können.

Richten Sie nun die Eigenschaften Ihrer neu benannten benutzerdefinierten Maschine ein, indem Sie auf "Maschineneinstellungen (rechts)" klicken. Es öffnet sich ein Fenster "Maschineneinstellungen".

Geben Sie in diesem neuen Fenster unter Druckereinstellungen die Abmessungen Ihres Druckers in mm ein - JK self build: x Breite 180 mm, y Tiefe 180, z Höhe 300.

WASP 2040: x Breite 200 mm, y Tiefe 200, z Höhe 400.

Anycubic: x Breite 180 mm, y Tiefe 180, z Höhe 250.

Alle oben genannten Drucker "Build plate shape" sind "Elliptic".

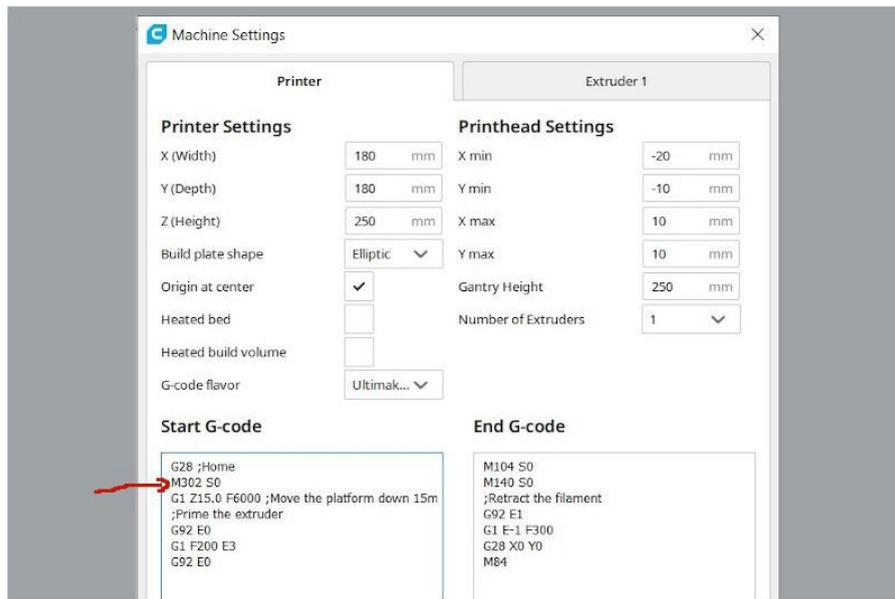
Alle haben ihren Ursprung in der Mitte, also klicken Sie das Kästchen an, wenn es nicht bereits ausgewählt ist. Keiner der Drucker hat ein beheiztes Bett, also klicken Sie nicht auf das Kästchen oder heben Sie die Auswahl auf. Keiner der Drucker hat ein beheiztes Bauvolumen, also klicken Sie das Kästchen nicht an.

Hinweis: Für WASP-Maschinen stellen Sie den G-Code-Flavour auf Marlin ein.

Hinweis: Für JK Self Build und AnyCubic Delta Clay Konvertierungen stellen Sie den "G-Code Flavour" auf "Ultimaker 2". (Die anderen Varianten enthalten einen M105-G-Code zur Temperaturkontrolle, der einen kalten Clay-Druck nicht zulässt).

Für JK Self Builds und AnyCubic-Konvertierungen sollten Sie außerdem das Fenster "Maschineneinstellungen" so ausdehnen, dass Sie den "Start G-Code" im unteren linken Feld deutlich sehen können. Fügen Sie unter G28 ;Home eine neue Codezeile ein, die lautet: M302 S0. Diese Einstellung ermöglicht eine Kaltextrusion und sollte jedes Mal,

wenn Sie eine Datei für den Druck schneiden, in den Start-G-Code eingefügt werden.
(Für WASP-Drucker ist diese Anpassung nicht erforderlich)



Druckkopf-Einstellungen

Ich belasse alle diese Einstellungen als Standard für jeden Drucker, den ich einrichte (im Grunde weiß ich nicht, worum es hier geht, und es hat mich noch nicht erwischt)

Extruder-Einstellungen

Hinweis: Wenn Sie einen Drucker einrichten, bei dem der Extruder nicht durch einen Code gesteuert wird, wie beim JK Self build, der Klebepistolen verwendet und bei dem der Durchfluss manuell ein- und ausgeschaltet wird, brauchen Sie sich nicht um die Extrudereinstellungen zu kümmern.

Hinweis: Wenn Sie einen Drucker mit einem Schraubendruckkopf haben, müssen Sie den Extruder 1 einrichten, indem Sie auf die Registerkarte rechts neben der Registerkarte Drucker klicken.

Geben Sie eine Düsengröße ein. Eine 2 mm Düse ist ein guter Ausgangspunkt. Die Düsengröße regelt den Materialfluss, der durch die Schnecken-/Sauger-/Vorschubgeschwindigkeit gesteuert wird. Wenn Sie also mit verschiedenen Düsengrößen drucken wollen, können Sie verschiedene Druckerprofile einrichten. Ich denke jedoch, dass diese Einstellung der Düsengröße später in den Druckeinstellungen überschrieben werden kann.

Kompatibler Materialdurchmesser - hier können die Dinge in dieser Version von Cura ein wenig verwirrend werden. Ich verwende gerne einen Materialdurchmesser von 1 mm. Es ist eine einfache runde Zahl, gegen die man alle anderen Einstellungen abwägen kann. Wenn Sie jedoch Ihr Material für dieses Druckerprofil einstellen wollen, werden keine Materialien angezeigt, da es in der Cura-Bibliothek keine Standardmaterialien mit einem Durchmesser von 1 mm gibt. Die Lösung ist, ein eigenes Material mit einem Durchmesser von 1 mm zu erstellen. Wenn Sie den Ultimaker-Drucker ausgewählt haben, den Sie in der Einführung vorgestellt haben, werden alle Standardmaterialien sichtbar sein. Ich werde darauf eingehen, wenn wir zu den Materialeinstellungen kommen.

Der Materialdurchmesser ist wichtig, denn wenn Sie einen großen Wert einstellen, geht die Software davon aus, dass viel Material zugeführt wird, und der Schnecken-/Saugerfluss ist

langsam. Je kleiner der Materialdurchmesser ist, desto schneller wird die Software die Zufuhr rate einstellen, um genügend Material durchzupumpen. Wenn Sie also später in Ihren Druckeinstellungen die default 100 % Durchflussrate im Material finden

Einstellungen abweichen, kann dies durch Ändern des Materialdurchmessers ausgeglichen werden. Für einen WASP 2040 beträgt der Materialdurchmesser 1 mm, für einen WASP 40100 habe ich ihn auf 2 mm eingestellt. Denken Sie daran, dass wir eine Software, die für den Plastikdruck entwickelt wurde, für den Einsatz mit Ton anpassen.

Schließen Sie die Maschineneinstellungen

Einrichten des Materialprofils

(Wenn Sie einen JK Self Build oder einen Drucker haben, bei dem die Druckkopfextrusion und das Material nicht durch Gcode gesteuert werden, müssen Sie dies nicht tun. Die Materialeinstellungen wie die Extruder-Einstellung sind alle irrelevant)

Für WASP-Drucker und alle Drucker mit einem Schraub-/Schneckendruckkopf müssen Sie ein Natural Clay-Materialprofil erstellen.

Wählen Sie den Ultimaker-Drucker, den ich Ihnen in der Einleitung vorgeschlagen habe. Gehen Sie zu "Einstellungen" (oben links) und klicken Sie in der Dropdown-Liste auf "Sichtbarkeit der Einstellungen konfigurieren". Wählen Sie in der linken Spalte "Materialien".

Klicken Sie auf die Registerkarte "Erstellen" unter "Materialien", und es wird eine Kategorie "Benutzerdefiniert" mit einem generischen Material, wahrscheinlich PLA, hinzugefügt. Bearbeiten Sie nun dieses Material.

Geben Sie also unter "Information" (rechts im Pop-up-Fenster) einen "Anzeigenamen" wie "Natural" ein. Nennen Sie unter "Marke" den Namen "Lehm" und unter "Materialtyp" ebenfalls "Lehm". Klicken Sie auf das Feld "Farbe" und wählen Sie eine gute Tonfarbe Ihrer Wahl.

Geben Sie weiter unten unter Eigenschaften einen Durchmesser von 1 mm ein und drücken Sie die Eingabetaste. Sie erhalten eine Warnung, die besagt, dass der Filamentdurchmesser nicht mit dem aktuellen Extruder kompatibel ist und dass Sie fortfahren möchten. Ja, das wollen Sie, denn dieses Material ist für Ihren Delta-Drucker, der ein 1 mm-Filament hat. Das Material verschwindet nun, da Sie den Ultimaker-Drucker ausgewählt haben. Schließen Sie das Fenster mit den Einstellungspräferenzen. Gehen Sie zum Dropdown-Pfeil für die Druckerauswahl (oben links).

Wählen Sie den Delta-Drucker, den Sie zuvor eingerichtet haben. Gehen Sie zum Dropdown-Pfeil "Material". Dort befindet sich ein weiterer Dropdown-Pfeil, und wenn Sie Glück haben, finden Sie dort "Clay", "Clay" und "Natural", wenn Sie den Cursor nach außen bewegen.

Es gibt jedoch noch eine weitere Sache, die im Clay-Profil erforderlich ist, nämlich alle Heiztemperaturen auf 0 zu setzen. Gehen Sie auf Einstellungen/Einstellungen/Material konfigurieren (oben links) und stellen Sie im Fenster "Einstellungen", das sich öffnet, sicher, dass Ihr neues Clay-Material ausgewählt ist, und suchen Sie die Registerkarte "Druckeinstellungen" auf der rechten Seite und setzen Sie alle "Temperaturen" auf 0. Der "Rückzugsabstand" und die "Rückzugsgeschwindigkeit" können als Standardwerte belassen werden. Setzen Sie die "Lüftergeschwindigkeit" auf 0, da kein Lüfter vorhanden ist.

Druckprofil einrichten

Klicken Sie auf das Profilbanner rechts neben dem Materialbanner. Dadurch wird das

Dropdown-Fenster "Druckeinstellungen" geöffnet.

Wählen Sie im Dropdown-Menü rechts neben "Profil" das Profil "Extra Grob - 0,6 mm", um es nach Ihren Wünschen zu bearbeiten. Das Druckeinstellungsprofil ist in eine Reihe von Unterrubriken unterteilt. Die Unterrubriken können mit einem Klick auf das Banner der Unterrubrik geöffnet und geschlossen werden. Wenn Sie den Mauszeiger über eine Einstellung in einer Unterrubrik bewegen, wird ein kleines, aber nützliches Beschreibungsfenster angezeigt. Bewegen Sie den Mauszeiger über ein Banner einer Unterüberschrift, erscheint rechts neben dem Banner ein Zahnradsymbol für Einstellungen. Klicken Sie auf

dieses Zahnradsymbol und es öffnet sich das Hauptfenster "Einstellungen". Hier können Sie auswählen, welche Einstellungen in jeder Unterrubrik sichtbar gemacht werden können. Die Profilvereinstellungen, von denen wir Extra Grob ausgewählt haben, helfen bei der Verfeinerung dieser Vielzahl möglicher Einstellungen.

Qualität

Schichthöhe - bei einer 2 mm Düse verwende ich eine Schicht- oder Scheibenhöhe zwischen 0,6 und 0,8. (0,8 mm) Anfangsschichthöhe - die halbe normale Schichthöhe hilft der ersten Schicht beim Anhaften. (0.4)

Linienbreite - wird durch die im Druckerprofil eingestellte Düsenbreite bestimmt. (2 mm) Um Ihr Profil zu vereinfachen, können Sie die Optionen WallLine, Outer Wall, Inner Wall, Top/Bottom Line Infill Line Width und Initial Layer Line Width unter Preferences/Setting Visibility abwählen, indem Sie auf das Quality cod-Symbol klicken und dann das entsprechende Kontrollkästchen deaktivieren.

Shell

Wanddicke - Diese sollte der Linienbreite entsprechen, die der Düsenbreite entspricht. (2 mm) Wenn Sie möchten, dass Ihr Objekt doppelt oder dreifach so dick ist, stellen Sie die doppelte oder dreifache Linienbreite ein.

Anzahl der Wandlinien - standardmäßig ist dies auf 1 eingestellt, wenn die Wanddicke gleich der Linienbreite ist. Ändern Sie die Wandanzahl auf 2 oder 3 und die Wanddicke wird ausgegraut. Die Dicke oben/unten wird von der Ebene/Scheibenhöhe übernommen. Ich neige dazu, weder einen Boden noch ein Oberteil zu drucken, daher setze ich diesen Wert auf 0.

Top Thickness - ohne Füllung ist es unwahrscheinlich, dass Sie ein Top in Clay drucken können. Ich habe die Einstellung auf 0 gesetzt und sie dann ausgeblendet.

Dicke des Bodens - Ich neige dazu, auf eine Platte aus ausgerolltem Ton zu drucken, also drucke ich keinen Boden. Wenn ich einen Boden drucke, drucke ich mindestens 3 Schichten, so dass Ihre Basis eine Schichthöhe von $0,8 \text{ mm} \times 3 = 2,4 \text{ mm}$ hätte.

Optimize Wall Printing, Fill gaps, Horizontal Expansion und Enable Ironing I lassen sich alle ausschalten. Wenn Sie dies im Fenster Einstellungen/Sichtbarkeit einstellen tun, wird Ihnen klar, wie viele andere Einstellungsmöglichkeiten es gibt!

Jetzt ist ein guter Zeitpunkt, um Ihr neues benutzerdefiniertes Profil zu speichern. Gehen Sie zu dem Feld Profil, in dem Sie das Profil Extra Grob ausgewählt haben, und klicken Sie auf das Feld. Rechts neben dem Feld erscheint nun ein Stern, da das Profil zwar geändert, aber nicht gespeichert wurde. Klicken Sie in der Dropdown-Liste auf "Profil aus aktuellen Einstellungen erstellen...". Es erscheint ein Feld mit dem Namen "Profil erstellen". Bei der Benennung von Profilen halte ich es für sinnvoll, einen beschreibenden Namen wie "Layer6_Nozzle2_Shell1" zu vergeben.

Alternativ können Sie auch auf den Stern klicken, woraufhin das Fenster "Voreinstellungen" erscheint, in dem Sie die Einstellungen speichern können. Achten Sie darauf, dass Sie das Standardprofil "Extra Grob - 0,6 mm" nicht überschreiben.

Infill

Infill Density - Ich verwende kein Infill und setze dies auf 0.

Abstand der Ausfachungslinie - diese Option wird nur aktiv, wenn eine Ausfachung

verwendet wird. Wenn eine Füllung verwendet wird, gibt es viele weitere Einstellungen, die erforscht werden können.

Material

Wall Flow - dies steuert die Geschwindigkeit der Schnecke/des Saugers und ist, wie gesagt, mit der Düsengröße und dem Materialdurchmesser verbunden. Der Durchfluss kann auch später während des Drucks auf dem LCD-Bildschirm in der Einstellung Tune unter Flow gesteuert werden. Behalten Sie Wall Flow bei 100 % und ändern Sie ihn, sobald Sie herausgefunden haben, wie gut Ihr Profil druckt.

Initial Layer Flow - halten Sie diesen Wert auf 100 %. Retraktion aktivieren
- Ich aktiviere die Retraktion.

Geschwindigkeit

Druckgeschwindigkeit - die Geschwindigkeit, mit der sich der Druckkopf beim Drucken bewegt. Bei kleinen Druckern drucke ich zwischen 25 - 30 mm/s. Bei großen Druckern 40 - 60 mm/s.

Wandgeschwindigkeit - auf die gleiche Geschwindigkeit wie die Druckgeschwindigkeit einstellen und dann die Sichtbarkeit deaktivieren.

Verfahrgeschwindigkeit - die Geschwindigkeit, mit der sich das Gerät von der Ausgangsposition oder der Spitze des Druckturms nach unten bewegt, um mit dem Drucken zu beginnen, und die Geschwindigkeit, mit der es sich zwischen den Druckvorgängen bewegt. Wenn die Geschwindigkeit zu hoch ist, können Sie die Drucke verzerren, wenn sich der Druckkopf zwischen den Druckbereichen bewegt. Ich neige dazu, zwischen 30 und 50 mm/s einzustellen.

Geschwindigkeit der ersten Schicht - es ist sinnvoll, dass die erste Schicht langsamer gedruckt wird, um in Gang zu kommen.

Aktivieren Sie die Ruckelkontrolle - ich aktiviere sie nicht, und deaktivieren Sie in den Einstellungen das Kästchen Sichtbarkeit. Speichern Sie Ihre Profileinstellungen, indem Sie "Profil mit aktuellen Einstellungen aktualisieren" im Dropdown-Feld "Profil" wählen.

Reisen

Combing Mode - Ich lasse dies auf 'All', weiß aber nicht, ob es einen Unterschied macht. Gedruckte Teile auf Reisen vermeiden - ich deaktiviere und blende sie aus.

Z Hop When Retracted - Ich aktiviere dies und wenn Sie es tun, erscheint die Höhenoption.

Z-Hop-Höhe - Dies ist gut, damit die Extrusion nach oben zieht und die Ton-Extrusion zwischen den Druckkopf-Nicht-Druck-Bewegungen unterbricht. Ich verwende eine Einstellung von 1 - 2 mm.

Plattenhaftung aufbauen

Build Plate Adhesion Type - ich stelle dies auf None

Mesh-Fixes

Diese Gruppe von Einstellungen würde ich vorschlagen, so zu belassen, wie sie für das Standardprofil Extra Grob sind, auf das wir unser angepasstes Profil stützen. Ich bin versucht, alle diese Einstellungen auszublenden, aber wenn Sie eine 3D-Datei haben, die nicht gut geschnitten wird, sind dies die Einstellungen, die Sie verwenden werden, um zu

versuchen, das Ergebnis zu verbessern.

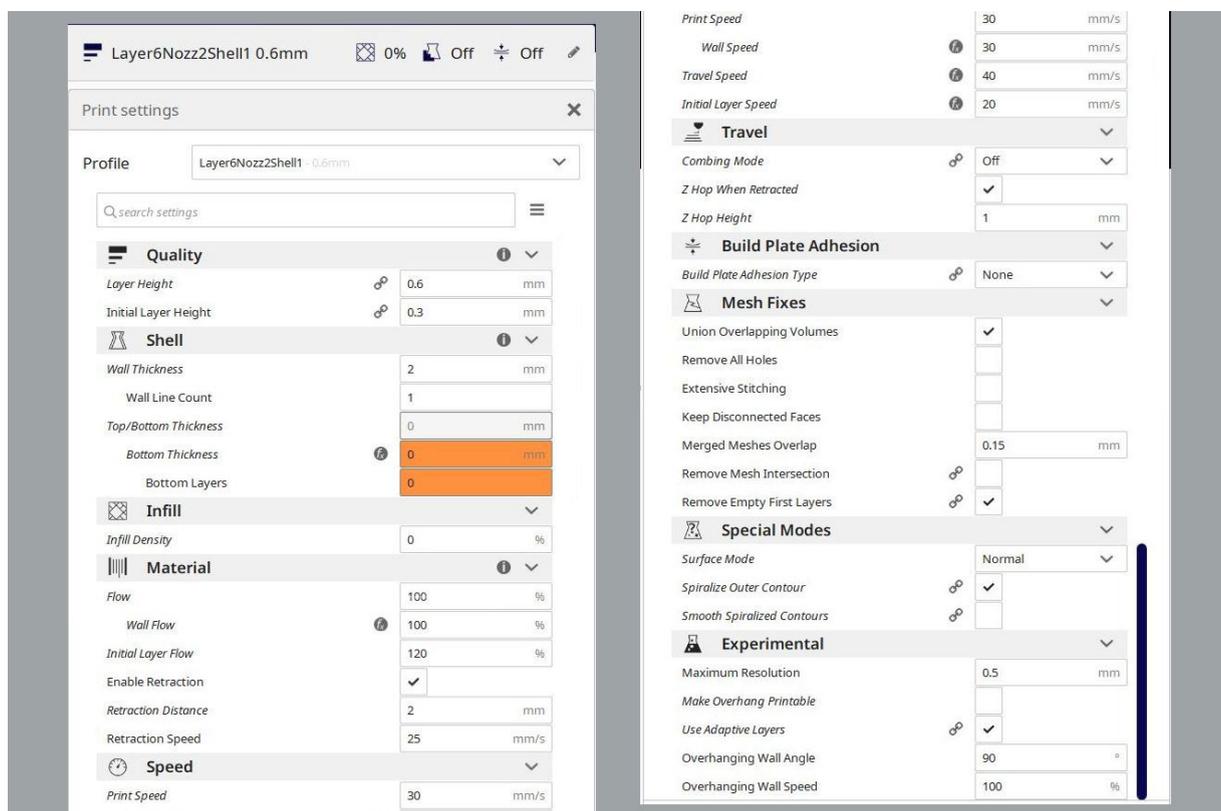
Besondere Modi

Oberflächenmodus - dies kann eine wichtige Einstellung sein. Eine gut gezeichnete, wasserdichte 3D-Datei sollte im Modus "Normal" perfekt geschnitten werden, und "Normal" ist die Einstellung, die ich speichere. Wenn Sie jedoch eine Datei haben, in der sich Flächen überschneiden, oder wenn Sie interne Details drucken möchten, dann wird die Einstellung "Fläche" versuchen, alle Flächen in Ihrem Modell zu schneiden. Die Option "Beide" in der Dropdown-Liste hat sich für mich nicht bewährt, aber probieren Sie sie bei einer problematischen Datei aus.

Außenkontur spiralisieren - Ich wähle diese Option, aber nur, wenn mein Druck eine einzelne Schale oder Wand hat. Es funktioniert nicht bei doppel- oder mehrwandigen Drucken und selbst bei einwandigen Objekten kann man oft das schwache Muster des Z-Anstiegs sehen - es ist nicht immer ein perfekter spiralförmiger Anstieg in Z. Spiralisierte Konturen glätten - Ich lasse diese Option aktiviert.

Experimentelle

Dies ist eine weitere Unterkategorie von Einstellungen, die ich so beibehalte, wie sie in den Standardprofileinstellungen festgelegt sind, da ich mir nicht sicher bin, wie gut sie funktionieren. Eine Option wie "Überhang druckbar machen" muss hin und wieder ausprobiert werden. Wenn Sie einen Blick in das Einstellungsfenster werfen (Zahnradsymbol in der Navigationsleiste der Unterkategorie), werden Sie feststellen, dass es noch viele weitere experimentelle Einstellungen gibt, die Sie zum Ausprobieren auswählen und sichtbar machen können.



Importieren Exportieren Drucken von Profilen

Alle benutzerdefinierten Profile, die Sie erstellt haben, sind im Fenster Einstellungen zu sehen.

Gehen Sie auf "Einstellungen" (oben links), im Dropdown-Fenster auf "Profil" und im nächsten Dropdown-Fenster unten auf "Profile verwalten".

Um zu exportieren, wählen Sie das gewünschte Profil und gehen Sie auf "Exportieren". (oben rechts)

Um ein Profil zu importieren, klicken Sie auf "Importieren" (oben rechts) und suchen Sie die Profildatei auf Ihrem Computer. Es scheint, dass Sie einen .curaprofile Dateityp importieren können, der neu für Cura ist, aber auch den alten Cura Profil Dateityp, der ein .ini Dateityp war.

Cura Arbeitsablauf

Sobald Sie den Drucker und das Material eingerichtet und ein benutzerdefiniertes Clay-Profil erstellt haben und alles ausgewählt und aktiviert wurde, sind Sie bereit, ein 3D-Modell zu schneiden.

Klicken Sie auf das "Ordnersymbol" (oben links) und suchen Sie Ihre 3D-Datei.

Das Modell wird automatisch auf der Bauplatte platziert. Klicken Sie mit der linken Maustaste auf das Modell, um es auszuwählen. All dies wird auf der Registerkarte "Vorbereiten" (oben in der Mitte) durchgeführt.

Modellbearbeitungswerkzeuge

Wenn ein Modell ausgewählt ist, wird die Werkzeugpalette auf der linken Seite des Hauptfensters aktiv.

Verschieben - ein Modell kann mit der linken Maustaste gezogen werden, es kann numerisch im Verschiebefenster nach links verschoben werden oder es kann an den Pfeilen der X-Y-Z-Achse verschoben werden. Ein Modell wird nur von der Bauplatte aufwärts geschnitten, so dass die Form durch Verschieben des Modells unterhalb der Bauplatte geschnitten werden kann.

Skalieren - wenn ausgewählt, wird das Modell durch Ziehen mit der linken Maustaste skaliert. Je nachdem, ob das Kästchen markiert ist oder nicht, kann das Modell numerisch, "gleichmäßig" oder nicht skaliert werden.

Drehen - klicken Sie mit der linken Maustaste und ziehen Sie an den x-y-z-Kreisen. Es gibt auch Ausrichtungsschaltflächen. Spiegeln - hoffentlich selbsterklärend.

Für die letzten beiden Werkzeuge, Mesh Type und Support Blocker, führen Sie eine Google-Suche durch. Mit dem Mesh-Typ können Sie verschiedene Slice-Einstellungen innerhalb eines Objekts vornehmen.

Rechtsklickmenü Modell

Dieses Dropdown-Menü ist ziemlich selbsterklärend. Hier können Sie die Bauplatte löschen, wenn Sie ein anderes Modell schneiden wollen. Die Option "Alle Modellpositionen zurücksetzen" kann ebenfalls nützlich sein.

Slice-Taste

Wenn Sie mit Ihrem Modell zufrieden sind, klicken Sie auf "Schneiden", sonst wird es automatisch geschnitten. Im nun bekannten Einstellungsfenster (Einstellungen oben links) befindet sich in der linken Spalte oben eine Einstellung für "Allgemein". Hier sehen Sie ein Auswahlfeld, in dem Sie festlegen können, ob das Modell automatisch geschnitten werden soll oder nicht. Ich ziehe es vor, dass das Modell nicht automatisch geteilt wird, da es sonst jedes Mal, wenn Sie eine Einstellungsänderung vornehmen oder Ihr Modell bearbeiten, losgeht. Lesen Sie sich die "Allgemeinen Einstellungen" durch, denn es könnte Einstellungen geben, die von den Standardeinstellungen abweichen, die Sie bevorzugen würden.

Slice Vorschau

Nach dem Schneiden wechseln Sie auf die Registerkarte "Vorschau" (oben in der Mitte) oder auf die Schaltfläche "Schneiden" (Vorschau). Auf der rechten Seite des Hauptfensters

befindet sich ein Schieberegler, mit dem Sie die Ebenen überprüfen können, oder ein Regler für die Druckkopfanimation am unteren Rand des Fensters. Wenn Sie mit der linken Maustaste auf einen dieser Schieberegler klicken, können Sie diese Animationen auch mit den Pfeiltasten der Tastatur bewegen. Ein Linksklick in der Mitte des Fensters und die Verwendung der Tastaturpfeile bewegt die Bauplatte. Wenn Sie die mittlere Maustaste gedrückt halten, werden die Bauplatte und das Modell im Fenster verschoben. Ein Rechtsklick bei gedrückter Maustaste rotiert und das Mausrad skaliert die Visualisierung - alles, was man im virtuellen Raum erwarten würde.

gcode speichern

Die Schaltfläche zum Speichern befindet sich unten rechts, sobald das Slicing stattgefunden hat. Wenn sich ein Wechseldatenträger in Ihrem Computer befindet, wird dieser als Präferenz zum Speichern angezeigt, bietet aber auch einen Pfeil mit Optionen. Sie können auch auf "Datei" (oben links) gehen, dann auf "Exportieren", in dem sich öffnenden Fenster "gcode" als Speicherformat auswählen und speichern.

Anhang - Detaillierte Forschungsdokumentation

1 - Prüfung des Verhältnisses zwischen Düsengröße, Schichthöhe, Druckgeschwindigkeit und Materialkonsistenz beim 3D-Druck mit Lehm-Extrusion

Einführung

Wie bei vielen technischen Prozessen gibt es eine Reihe von Variablen, die für einen erfolgreichen 3D-Druck mit Clay-Extrusion wichtig sind. Bei diesen Tests, die sich auf die Druckqualität konzentrieren, geht es um das Verhältnis zwischen Düsengröße, Schichthöhe, Druckgeschwindigkeit und Materialkonsistenz. Aus Gründen der Bequemlichkeit und der Zeit, die einzelne Drucke benötigen, wurden die Tests auf eine kleine Tassengröße beschränkt, wobei eine Standardform von 8 cm Höhe verwendet wurde. Während die Besonderheiten dieser Tests für diesen Maßstab des 3D-Drucks relevant sind, hoffen wir, dass die allgemeinen Schlussfolgerungen und Muster der Ergebnisse für alle Maßstäbe des 3D-Drucks mit Ton-Extrusion relevant sind.

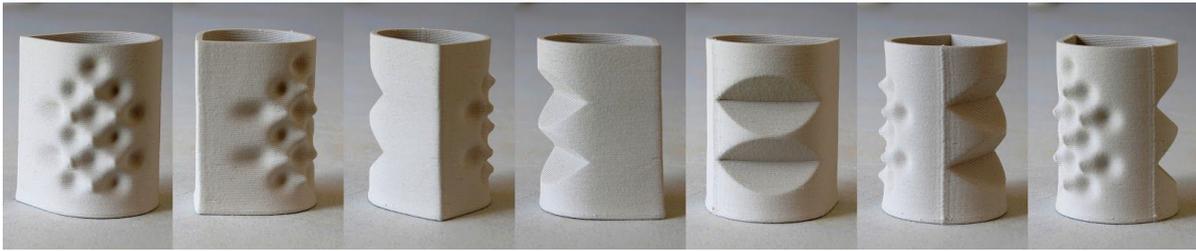
Frühere Tests haben gezeigt (siehe Lehmdrucktests), dass die physikalischen Eigenschaften des verwendeten Materials, insbesondere die Plastizität des Tons, einen erheblichen Einfluss auf die Druckqualität haben. Um sich auf die spezifischen Ziele dieser Versuchsreihe zu konzentrieren, wurden die Variablen des Materials auf einen einzigen Tonkörper festgelegt. Es wurde ein Steinzeugton ausgewählt (SiO₂, PRAI 13 310 200), von dem bekannt war, dass er in dem verwendeten Drucker gute Extrusionsdruckeigenschaften aufweist.

Hinweis: Alle Bilder wurden in hoher Qualität erstellt, um das Zoomen zu ermöglichen, um Details zu sehen. (Strg+Mausrad)

Benchmark Druck

Um einen Maßstab für den Vergleich von Drucktests zu setzen, wurde ein erstes Muster der Form gedruckt. Aus Erfahrung wurde eine 1,6-mm-Düse mit einer 0,5-mm-Scheibenhöhe, einer Druckgeschwindigkeit von 30 mm pro Sekunde und Ton mittlerer Konsistenz verwendet. (Siehe Ton-Test für Messungen der Konsistenz) Es wurde eine doppelte Wand oder Schale gedruckt, da dies

bekanntermaßen dem Druck Stabilität verleiht. Es ist zu beachten, dass alle anderen Tests mit einer einfachen Wand oder Schale durchgeführt wurden. Hier ging es darum, zu beweisen, dass die Form des Musters klar und ohne Verformung gedruckt werden kann, was auch der Fall war.

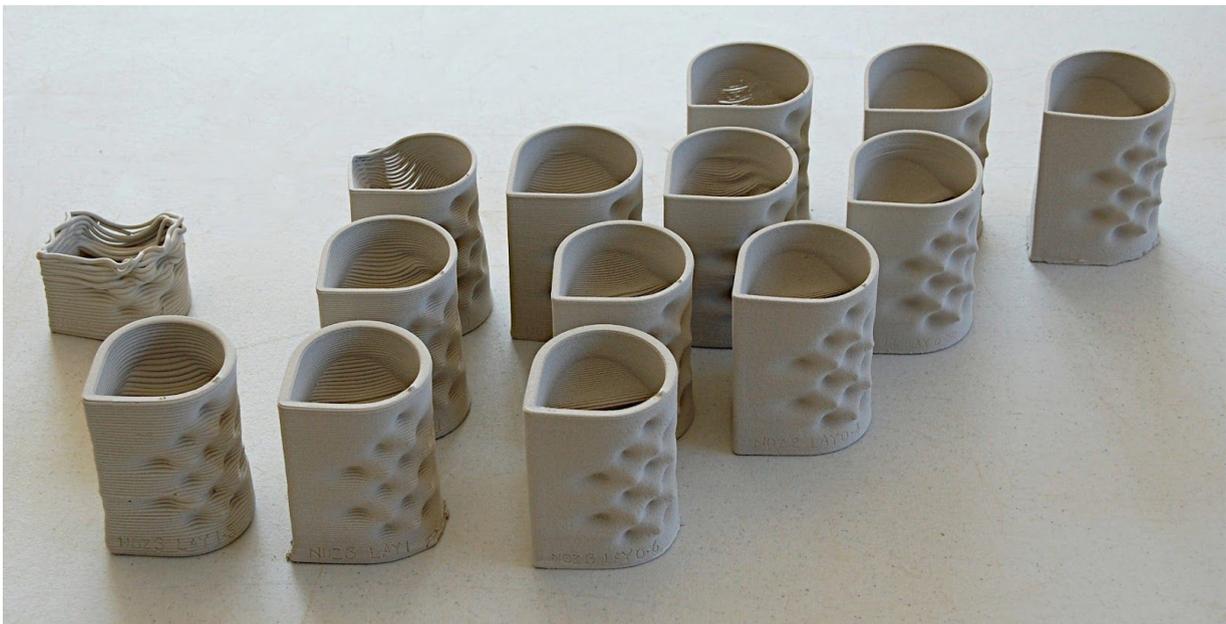


Benchmark-Druck mit einer 1,6-mm-Düse, Schichthöhe 0,5 mm, Ton mittlerer Konsistenz und Doppelwand oder Schale.

Tests zwischen Düse und Schichthöhe

Das erste Ziel bestand darin, eine Reihe von Tests durchzuführen, um festzustellen, ob ein ideales Verhältnis zwischen Düsengröße und Schichthöhe für erfolgreiche Drucke gefunden werden kann. Die Druckgeschwindigkeit und die Materialkonsistenz wurden konstant gehalten. Es wurde Ton mittlerer Konsistenz mit einer Druckgeschwindigkeit von 25 mm pro Sekunde verwendet.

Aufgrund der enormen Unterschiede in der Beschaffenheit von Tonen ist es gefährlich, beim Drucken von Tonen von Idealen zu sprechen. Es wäre daher besser zu sagen, dass das Ziel darin bestand, den allgemeinen "Sweet Spot" für das Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Druckdüse und der geschnittenen Höhe jeder Druckschicht zu finden. Es wurden vier Düsengrößen getestet (1 mm, 1,6 mm, 2 mm, 3 mm), wobei das Gesamtmuster des Verhältnisses wichtiger war als einzelne Tests.



Übersicht über die Tests - von vorne nach hinten abnehmende Düsengröße und von links nach rechts abnehmende Schichthöhe.

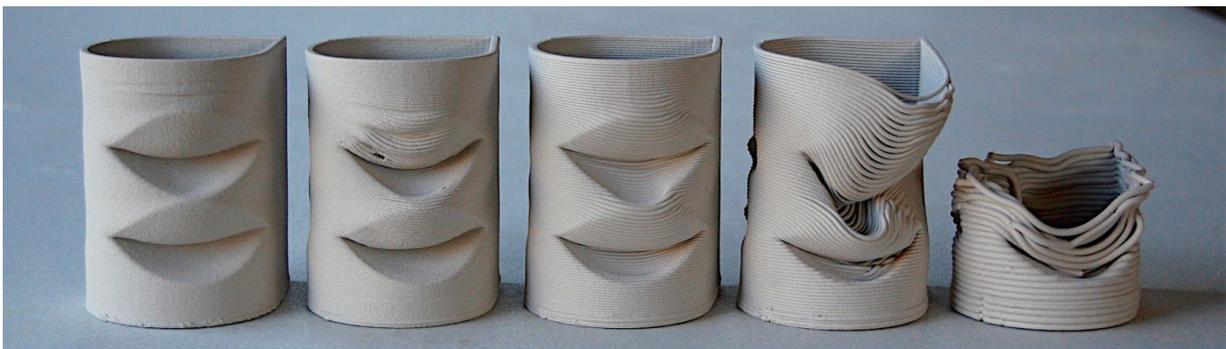


Düsengröße - (von links nach rechts) mm3, mm2, mm 1.6 und mm1.

Verfahren

Zunächst wurde eine erste Reihe von Tests durchgeführt, um die wahrscheinlichsten Proportionen für weitere Tests zu ermitteln. Ein Test mit einem Verhältnis von 1:1 (Düsendurchmesser:Schichthöhe in der Messung) erwies sich schon bald nach dem Erreichen des strukturierten Bereichs und des Überhangs in der Testform - ganz rechts im Foto unten - als gescheitert. Bei Verwendung einer 2 mm Düse mit einer Schichthöhe von 2 mm sank die gedruckte Schicht unter die Düsenhöhe des Druckkopfes und die Verbindung zwischen Druck und Druckkopf ging verloren.

Als Nächstes wurde eine 1,6-mm-Düse mit einer Schichthöhe von 1 mm getestet, die ein Verhältnis von annähernd 3:2 ergab - im Bild unten die zweite von rechts. Dieses Verhältnis war zwar besser als das 1:1-Verhältnis, aber die Schichten waren nicht ausreichend zusammengepackt, um den Überhang zu bewältigen. Dieses Verhältnis druckte in der Vertikalen gut und kam ohne Verzerrungen oder Verzögerungen im strukturierten Bereich aus, brach aber im 45°-Winkel sehr früh zusammen.



Tests zur Bestimmung der Proportionen zwischen Düse und Schichthöhe, die in Betracht gezogen werden sollten. Von links nach rechts - 5:1, 3:1, 2:1, 3:2, 1:1.

Die Verhältnisse 2:1, 3:1 und 5:1 erwiesen sich alle als erfolgreich, so dass ein Test mit diesen drei Verhältnissen für die vier Düsengrößen konzipiert wurde.

Die Tests, wie sie in den nachstehenden Abbildungen dargestellt sind, dienen zunächst dem Vergleich der Knackigkeit oder Schärfe einer gedruckten Ecke für jede der vier Düsengrößen. Jede Düsengröße wird unter Verwendung der drei Düsen-Schicht-Verhältnisse getestet. Zweitens ist in die Testform ein Bereich mit einem Flachreliefmuster eingearbeitet, um vergleichen zu können, wie sich die Düsen- und Schichthöhe auf die Druckqualität eines solchen Rappports auswirkt. Drittens ist die Form mit zwei um 45° abgewinkelten Vertiefungen versehen, um zu beobachten, wie gut die verschiedenen Einstellungen mit dem Problem des Absinkens des Tons auf einem Überhang während des Drucks fertig werden. Dabei ist zu bedenken, dass der doppelwandige Vergleichstest keine Anzeichen für ein Absacken zeigt.

Alle Tests wurden auf einem kleinen Deltadrucker (CERAMBOT) und wie gesagt mit Ton derselben mittleren Konsistenz und mit derselben Druckgeschwindigkeit von 25 mm pro Sekunde gedruckt. Für die Zufuhr des Tons zum Druckkopf wurde Druckluft verwendet, wobei ein höherer Luftdruck erforderlich war, um einen angemessenen Tonfluss für die größeren Düsendurchmesser zu gewährleisten. Die Schneckengeschwindigkeit des Druckkopfs, die zuvor in der Slicing-Software (Cura) konfiguriert worden war, änderte sich automatisch mit jeder neuen gcode-Datei, die erstellt wurde. Jeder Test wurde mit einer dreischichtigen Basis gedruckt.

Hinweis: Alle Fotos wurden in diesem Dokument in hoher Qualität eingebettet, so dass sie für eine detaillierte Betrachtung gezoomt werden können.

Vertikaler Kantentest

Düse : Schicht	1:5	1:3	1:2
Düse 1 mm			
Höhe der Schicht	0,2 mm	0,33 mm	0,5 mm
Düse 1,6 mm			
Höhe der Schicht	0,32 mm	0,53 mm	0,8 mm

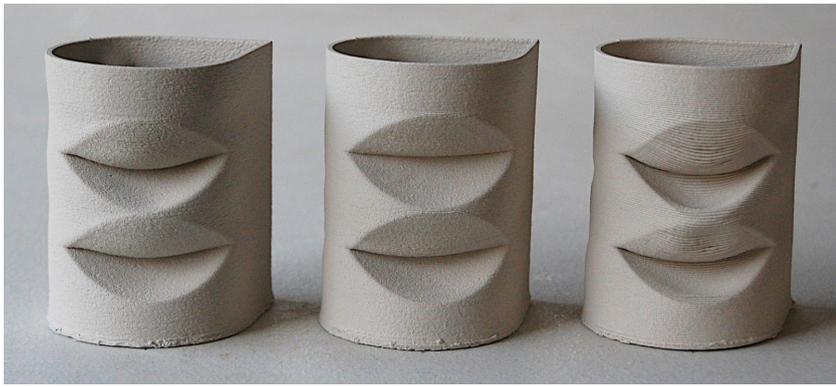
Düse 2 mm			
Höhe der Schicht	0,4 mm	0,6 mm	1 mm
Düse 3 mm			
Höhe der Schicht	0,6 mm	1 mm	1,5 mm

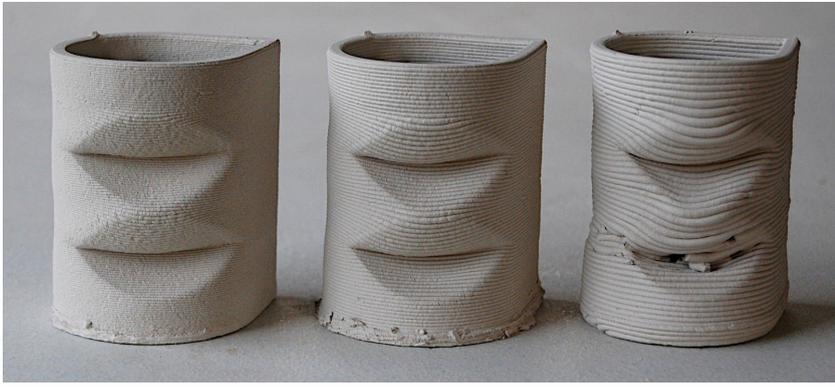
Test von Flachreliefmustern

Düse : Schicht	1:5	1:3	1:2
Düse 1 mm			
Höhe der Schicht	0,2 mm	0,33 mm	0,5 mm
Düse 1,6 mm			
Höhe der Schicht	0,32 mm	0,53 mm	0,8 mm

Düse 2 mm			
Höhe der Schicht	0,4 mm	0,6 mm	1 mm
Düse 3 mm			
Höhe der Schicht	0,6 mm	1 mm	1,5 mm

Überhang-Test

Düse : Schicht	1:5	1:3	1:2
Düse 1 mm			
Höhe der Schicht	0,2 mm	0,33 mm	0,5 mm
Düse 1,6 mm			
Höhe der Schicht	0,32 mm	0,53 mm	0,8 mm

Düse 2 mm			
Höhe der Schicht	0,4 mm	0,6 mm	1 mm
Düse 3 mm			
Höhe der Schicht	0,6 mm	1 mm	1,5 mm

Geschwindigkeitstest

Mit diesem Test sollte festgestellt werden, ob die Druckgeschwindigkeit einen signifikanten Einfluss auf das Endergebnis hat. Für diesen Test wurde durchgängig eine 2 mm Düse verwendet, sowie ein Ton mittlerer Konsistenz und eine Schichthöhe von mm0.6. Bei jedem Druck wurde eine dreischichtige Basis verwendet.

Es ist anzumerken, dass der verwendete Drucker sowohl bei niedrigen als auch bei höheren Geschwindigkeiten stabil und leichtgängig ist, so dass es keine Ungenauigkeiten aufgrund mechanischer Beschränkungen gab. Um einen fairen Test zu gewährleisten, wurde außerdem sichergestellt, dass die Tonabgabe bei allen Geschwindigkeiten großzügig war und es keine Unzulänglichkeiten aufgrund der Materialzufuhr gab. Ein großer Unterschied in der Druckzeit, von 42 Minuten bis 12 Minuten, wurde in den Test eingebaut, um einen größtmöglichen Vergleich zu gewährleisten.



Test von steifem bis hartem Lehm

Beim Strangpressen von Ton gibt es die Logik, dass der Druck umso stabiler sein sollte, je fester die Konsistenz des verwendeten Tons ist. Je steifer oder härter der Ton ist, desto stabiler sollte der Abdruck sein und sich nicht verziehen oder zusammenfallen.

Zur Überprüfung dieser Spekulation wurden zwei Tests durchgeführt. Bei der ersten wurde die oben beschriebene Testform verwendet und mit einer 2 mm-Düse mit einer Schichthöhe von 0,6 mm und einer Druckgeschwindigkeit von 25 mm pro Sekunde gedruckt. Die zweite Testgruppe verwendet eine aufgeweitete Form mit einem 45°-Winkel, einer Basis von 4 cm, einer Höhe von 6 cm und einem Randdurchmesser von 16 cm. Diese Tests wurden mit einer 3 mm Düse und einer Schichthöhe von mm0.6 durchgeführt und mit mm25 pro Sekunde gedruckt.



Mittlere Druckkonsistenz, wie bei den obigen Tests verwendet	Harte Druckkonsistenz	Weiche Töpferscheiben - Drehkonsistenz	Hartes Töpferscheiben - Drehen - Konsistenz
--	-----------------------	--	---

Für diese Tests wurden vier Tonproben von mittlerer bis harter Konsistenz vorbereitet. Als grobe visuelle Orientierungshilfe lässt sich sagen, dass die Knetmasse mittlerer Konsistenz in den Händen eine weiche Kugel bildet, an der die Knetmasse klebt und sich bei der Handhabung schnell auf den Händen ablagert. Eine Kugel aus harter Druckknete fühlt sich immer noch weich an, aber wenn die Hände sauber sind, kann man sie anfassen, ohne dass eine kleine Menge Ton an den Händen kleben bleibt.

Beim Umgang mit weicher Wurfmasse bleibt wenig an den Händen haften und die Kugel ist einigermaßen widerstandsfähig. Bei harter Wurfmasse bleiben die Hände sauber und es ist ein gewisser Kraftaufwand erforderlich, um eine Kugel aufzuklopfen.

	Medium Druckkonsistenz	Harte Druckkonsistenz	Weiches Töpferscheiben-Drehen - Konsistenz	Hartes Töpferscheiben-Drehen - Konsistenz
Drop Spike - dieses Werkzeug stellt die Entfernung dar, die ein 38 cm (235gm) langer,	30 mm	26 mm	22 mm	17 mm

geschärfter Stahlstab durchdringt				
--------------------------------------	--	--	--	--

in die Tonprobe, wenn sie aus einer konstanten Höhe von cm fallen gelassen wird ⁹ .				
Der beim Drucken verwendete Druck. Für den härtesten Ton wurde ein mechanischer Stößel-Tonabzug verwendet.	2.5 Bar	4 Bar	6 Bar	Mechanische Stampflehmförderung.



Lehmsteifigkeitstest - härtester Lehm links, weichster rechts.

Bei der Prüfung der aufgeweiteten Form bestand das Ziel darin, den Test so lange durchzuführen, bis der Druck zusammenbrach. Um sicherzustellen, dass der Test druckbar war, wurde wieder ein Benchmark gesetzt - rechts im Bild. Dieser wurde erneut mit einer Doppelwand unter Verwendung der mittleren Druckknete, einer 1,6 mm Düse, einer Schichthöhe von 0,5 und einer Geschwindigkeit von 30 mm pro Sekunde gedruckt. Auch die harte Druckmasse (harte Töpferscheiben-Drehkonsistenz) wurde nicht getestet.

In der Abbildung befindet sich der Test für die Konsistenz der "weichen Töpferscheibe" auf der linken Seite. Danach folgt der Ton mit der Konsistenz "Harter Druck", zweiter von links. Bei den beiden rechten Proben handelt es sich um den gleichen "Medium Printing"-Ton. Die äußerste rechte Probe ist die Referenzprobe. Die Proben von der zweiten bis zur rechten Seite sind, wie bei den ersten beiden Tests, Einzelschalendrucke mit der mm-Düse³.

Schlussfolgerungen

Diese Tests sollen keine festen Regeln aufstellen, sondern eine zeitliche Dokumentation sein, die eine Referenz bietet, auf die sich fundierte Urteile und Entscheidungen stützen können. Angesichts der Variabilität von Lehm und der Komplexität der verwendeten Technologie bestand das Ziel darin, einen Einblick in das allgemeine Muster der beteiligten Prozesse und nicht in die Einzelheiten zu geben.

Verhältnis zwischen Düse und Schichthöhe

Die Entscheidung, welches Verhältnis zwischen Düsengröße und Schichthöhe beim Extrusionsdruck verwendet werden soll, ist immer eine individuelle Entscheidung, die auf persönlichen Vorlieben und der Art der Arbeit oder des Auftrags beruht. Diese Untersuchung hat gezeigt, dass es praktikable Parameter zwischen einem Verhältnis von 1:2 bis zu 1:5 zwischen Schichthöhe und Düsendurchmesser gibt.

Bei den getesteten Düsen scheint 1:3 ein guter Ausgangspunkt zu sein. Eine weitere Beobachtung ist, dass sich das Verhältnis mit zunehmender Düsengröße in Richtung des kleineren Endes der Verhältnisskala bewegt. So führt beispielsweise ein Verhältnis von 1:2 zu einem sauberen Druck mit einer 1 mm-Düse, während ein Verhältnis von 1:5 mit einer 3 mm-Düse vorzuziehen ist.

Beim vertikalen Kantendruckversuch ist es naheliegend, dass eine Ecke umso schärfer oder knackiger ist, je feiner oder kleiner die Düse ist - eine Ecke kann nur so scharf sein wie der Durchmesser des Tonstrangs. Die Schichthöhe scheint kaum einen signifikanten Einfluss auf die Kantenqualität zu haben.

Die Lagenhöhe erwies sich bei der Prüfung der Flachreliefmuster als wichtiger. Alle Drucke waren angemessen, so dass die Wahl auf die persönliche Vorliebe zurückzuführen ist, wobei der größere Anteil stark geschichtet ist und der kleinere Anteil eine körnige Textur aufweist, da die Schichten zusammengedrückt werden. Dies wird umso deutlicher, je kleiner die Düsengröße ist.

Der 45°-Eindrückungstest ergab nicht so deutliche Unterschiede wie erwartet. Es gibt sicherlich ein Gleichgewicht, bei dem die Konturabstufung auf einer 45°-Schräge stattfindet. Eine zu starke Abflachung, wie sie bei einer feinen Proportionseinstellung auftritt, verzerrt den Druck, während ein zu großer Konturschritt bei einem großen Verhältnis dazu führt, dass die Schicht auseinanderbricht. Möglicherweise aus diesem Grund hat sich der mittlere Bereich von 1:3 oft als der Druck mit den geringsten Verzerrungen erwiesen.

Eine Beobachtung, die während des Drucks gemacht wurde und die zwar offensichtlich ist, aber dennoch beachtet werden sollte, ist, dass der Druck umso stabiler ist, je größer die Düse ist. Während das Verhältnis von Höhe zu Breite der Extrusion für jede Düsengröße konstant gehalten wurde, sah der Druck während des Drucks stabiler aus, da die Wand mit jeder Düsengröße breiter wurde. Das heißt, während die gedruckte Wand während des Drucks der 1mm-Düse sehr zerbrechlich und wellig oder instabil aussah, wurden die Drucke gut.

Druckgeschwindigkeit

Die Ergebnisse des Geschwindigkeitstests sehen zwar nicht sehr interessant aus, aber genau aus diesem Grund war der Test sehr aufschlussreich. Es ist sehr aufschlussreich zu sehen, wie ein Drucker mit 40 mm pro Sekunde druckt und 12 Minuten braucht, um die Musterform einschließlich einer dreilagigen Basis zu drucken. Wenn man dann sieht, wie die gleiche Form mit 10 mm pro Sekunde gedruckt wird und 42 Minuten benötigt, ist der Unterschied zwischen den beiden Drucken sehr groß.

Es hat den Anschein, dass die Druckgeschwindigkeit für das Ergebnis der Druckqualität nicht so wichtig ist, solange die Ausrüstung dem standhält. Dies setzt natürlich voraus, dass Sie ein vollständig ausbalanciertes System haben, bei dem die Tonabgabe und die mechanische Glätte der Geschwindigkeit standhalten.

Steifer bis harter Lehm

Die beiden Tests, mit denen die Auswirkung einer zunehmend steiferen Tonkonsistenz auf bedruckte Muster untersucht werden sollte, waren beide sehr aufschlussreich, wenn auch auf unterschiedliche Weise.

Bei dem aufrecht stehenden Muster zeigte sich, dass die Druckqualität zwischen weicher und harter Tonkonsistenz nur sehr gering ist. Das Rapportmuster wurde in allen vier Tests sehr ähnlich gedruckt. Bei dem Test mit dem härtesten Ton gab es Probleme mit der variablen Fließgeschwindigkeit, die aber auf die Ausrüstung und nicht auf den Ton zurückzuführen sind. Da der Ton sehr steif war, wurde für diesen Test ein mechanischer Stempel verwendet, um den Ton in den Drucker zu befördern. Die Schwankungen in der Oberflächenqualität waren darauf zurückzuführen, dass die Geschwindigkeit des Stempels nicht gut gesteuert werden konnte. Es wurde erwartet, dass der härtere Ton bei der 45°-Eindrückung weniger Verformungen aufweisen würde, aber wie auf den Fotos zu sehen ist, gibt es bei allen vier Testmustern kaum Unterschiede. Der steifere Ton hielt nicht besser stand als der Ton mittlerer Konsistenz.

Die fotografische Dokumentation der Formtests der aufgeweiteten Proben erzählt eine eigene Geschichte. Je härter der Ton ist, desto geringer ist die Fackelbildung. Entgegen der Erwartung hält der steife Ton in dieser Form nicht besser stand als ein mittelweicher Ton. Es hat den Anschein, dass die Steifigkeit des Strangpressens die darunter liegende Wand zum Einsturz bringt. Bei einem vertikalen Bau wäre dies kein Problem, aber bei jeder Form, die von der Vertikalen abweicht, scheint es keinen Vorteil zu geben, steiferen Ton zu verwenden. Es muss darauf hingewiesen werden, dass, wie andere Tests gezeigt haben (siehe Formulieren und Testen eines Tonkörpers für den 3D-Extrusionsdruck), zu weicher Ton ebenfalls nicht funktionieren wird.

Die Optimierung eines jeden Systems erfolgt oft in kleinen Schritten, und diese Testreihe hat einen gewissen Einblick in die Bereiche gegeben, in denen der Clay-Extrusionsdruck noch verbessert werden kann. Die Informationen zu Düsen und Schichtverhältnis bestätigen wahrscheinlich nur, was Praktiker durch Versuch und Irrtum herausgefunden haben. Die Leute werden mit der Geschwindigkeit drucken, mit der sie und ihre Ausrüstung zurechtkommen, aber es ist beruhigend, dass es keinen großen Vorteil bringt, die Geschwindigkeit zu ändern, egal wie hoch sie ist. Das Fehlen eines erkennbaren Vorteils bei der Verwendung von steifem Ton, mit Ausnahme des vertikalen Drucks, ist möglicherweise am wichtigsten. Die Verwendung von steifem oder hartem Ton erfordert eine robustere Ausrüstung, und wenn es keinen Vorteil zu erzielen gibt, besteht auch kein Grund, sich mit der größeren technischen Herausforderung zu befassen.

Es ist bezeichnend, dass die besten Ergebnisse bei den Benchmark-Tests erzielt wurden, die durch allmählich gesammelte Erfahrung, die Verwendung von standardmäßigen, aber gut konfigurierten Geräten und eine sorgfältige Technik zustande gekommen sind.

2 - Prüfung von sechs Tonen für den 3D-Extrusionsdruck

Einführung

Ton als natürliches Material ist nicht in allen seinen Quellen einheitlich und weist von Lagerstätte zu Lagerstätte und von Art zu Art unterschiedliche Eigenschaften auf. Für den 3D-Extrusionsdruck kann Ton nach Reinigung und Aufbereitung als Rohmaterial oder als Verbundwerkstoff aus mehreren Tonen und anderen Zusatzstoffen wie Grog und Flussmittel verwendet werden. Ziel dieser Untersuchung war es, einige praktische Messungen durchzuführen, um festzustellen, welche Eigenschaften für den 3D-Druck von Ton wünschenswert sind.

Der Ansatz bestand darin, sechs verschiedene Tone zur gleichen Konsistenz zu mischen und dann die

gleichen Tests an jeder Probe durchzuführen. Untersucht werden sollte die Rheologie, der Charakter, die Verformung und das Fließen des als Paste gemischten Tons. Die Konsistenz des Tons wurde zunächst nach Augenmaß und Gefühl beurteilt, da dies die übliche Methode ist, um Ton für den Druck zu bewerten.

Hinweis: Alle Bilder wurden in hoher Qualität erstellt, um das Zoomen zu ermöglichen, um Details zu sehen.
(Strg + Mausrad)

Getestete Tone

China Clay (Kaolin-Ton) - Grolleg China Clay, abgebaut in Cornwall, UK, wurde verwendet. Die Probe wurde aus Tonpulver gemischt. Da zu viel Wasser hinzugefügt wurde, ließ man die Mischung über Nacht trocknen, bis die gewünschte Standardkonsistenz erreicht war.

Porzellanerde - es handelte sich um eine recycelte Mischung aus einer Reihe von im Handel erhältlichen Porzellankörpern. Die Probe war in der gewünschten Pastenkonsistenz in Kunststoff gelagert worden.

Ball Clay - ein cremefarbener sekundärer plastischer Ton, Hyplas 71, wurde verwendet, der in Devon, Großbritannien, abgebaut wurde. Er wurde in Pulverform gemischt, weicher als erforderlich, um eine gründliche Benetzung zu gewährleisten, und über Nacht bis zur gewünschten Konsistenz getrocknet.

Feinsteinzeugton - ein Ton, den ich gerne verwende, 164 ARTE/PRAI White Stoneware Clay vom spanischen Anbieter Sio-2, der 40% Feinkornanteil (0 - 0,2 mm) hat. Dem Ton mit Wurfkonsistenz wurde Wasser hinzugefügt und zu einer Paste vermischt.

Grober Steinzeugton - Ivanhoe, geliefert von Potclays UK, ein Ton, den ich für große 3D-Druckobjekte verwendet habe. Er hat eine bräunliche Farbe und 20 % Grog, der auf 40# gesiebt wurde (0 - mm0.5).

Red Clay - eine Mischung aus recyceltem rotem Ton, der sandig, aber fein und glatt ist. In einer weichen Konsistenz gelagert.

Konsistenz der Lehmpaste

Jede Probe wurde gründlich von Hand gemischt, so dass sie sich alle gleich anfühlten und auch so aussahen, als hätten sie die gleiche Konsistenz. Diese Konsistenz ist nicht so weich, dass der Ton an der Oberfläche nass aussieht, aber auch nicht so hart, dass nicht jede Schicht etwas nachgibt, wenn man eine Handvoll Ton auf einen Stapel klatscht. Mit sauberen, getrockneten Händen lassen sich die Tonkugeln gerade noch anfassen, ohne dass zu viel Ton an den Händen kleben bleibt, aber es bildet sich eine Klebrigkeit an den Händen, wenn eine Kugel in Form geklopft wird - die Tonmasse ist weich, aber gerade steif genug, um sie anzufassen.



China Clay Porzellan Ball Clay Feinsteinzeug Grobsteinzeug Red Clay

Testverfahren und Ausrüstung

Mit dieser Untersuchung wurde eine Reihe von Zielen verfolgt -

- Bewertung des Ton-Wasser-Verhältnisses in Tonmischungen mit gleicher Pastenkonsistenz.
- Entwicklung eines einfachen Werkzeugs zur Messung der Konsistenz von weichem Ton.

- Zur Messung des Drucks oder der Kraft, die erforderlich ist, um weichen Ton gleicher Konsistenz durch eine enge Düse zu extrudieren.

- Messung des Vergleichs der Fließgeschwindigkeit der verschiedenen Tonproben in einem 40 cm langen engen Rohr.
- Um die 3D-Druckeigenschaften der einzelnen Tone zu testen.
- Messung der Schrumpfung der verschiedenen Tone im trockenen Zustand und beim Brennen bei 1000° C und 1220° C.

Wasseranteil

Von jedem Ton wurde eine Probe von 200 g gleicher Konsistenz getrocknet und erneut gewogen, wenn er knochentrocken war, d. h. so trocken wie möglich in häuslicher Atmosphäre. Daraus konnte der Wassergehalt der Paste berechnet werden.

Lehmkonsistenz - Drop Spike

Es wurde ein einfaches Fallspitzgerät gebaut, das sich als einigermaßen konsistent und genau erwiesen hat. Man ließ es aus einer konstanten Höhe auf die Tonprobe fallen, wobei die Länge des Eindringens über vier Versuche gemittelt und aufgezeichnet wurde. Zu meiner Überraschung lagen die sechs Tonproben, die so gemischt waren, dass sie von Hand und mit dem Auge die gleiche Konsistenz aufwies, bei der "Spike"-Messung alle innerhalb von 5 % voneinander entfernt. Siehe Dokument [Drop Spike](#).



Spritzen-Druck-Extrusion

Eine 60-ml-Spritze wurde so angepasst, dass sie eine abnehmbare Endplatte und Düse hat. Es wurde eine 8-mm-Düse angebracht, so dass kein zu großer Druck erforderlich war, um zu beurteilen, wann die Extrusion oder der Fluss erreicht war. Die Extrusionskraft wurde durch Herunterdrücken des Spritzenkolbens auf eine Personenwaage gemessen. Dieser Test diente speziell dem Verständnis der Tonrheologie bei Druckern, bei denen der Ton in der Nähe oder auf dem Druckkopf transportiert wird.



Rohrdruck und Durchflussmenge

Ein 500-ml-Behälter wurde mit jeder der Tonproben gefüllt, unter Druck gesetzt und die Fließgeschwindigkeit aus einem angebrachten 40 cm langen Kunststoffschlauch mit 6 mm Innendurchmesser gemessen. Dieser Test liefert ganz andere Ergebnisse als die obigen Ergebnisse der Spritzenextrusion und ist für Drucker gedacht, bei denen die Tonmasse neben dem Drucker transportiert und durch einen Schlauch zum Druckkopf gepresst wird. Eindeutige Vergleiche der Fließgeschwindigkeit über alle sechs Tonarten hinweg waren nicht möglich, da das grobe Steinzeug und der rote Ton mehr Druck benötigten, um die 40 cm Schlauchlänge zu erreichen. Chine Clay, Porzellan, Ball Clay und Fine Stoneware Clay wurden alle mit einem Druck von 3 bar (43 psi) getestet, während Coarse Stoneware und Red Clay mit einem Druck von 4 bar (58 psi) getestet

wurden.



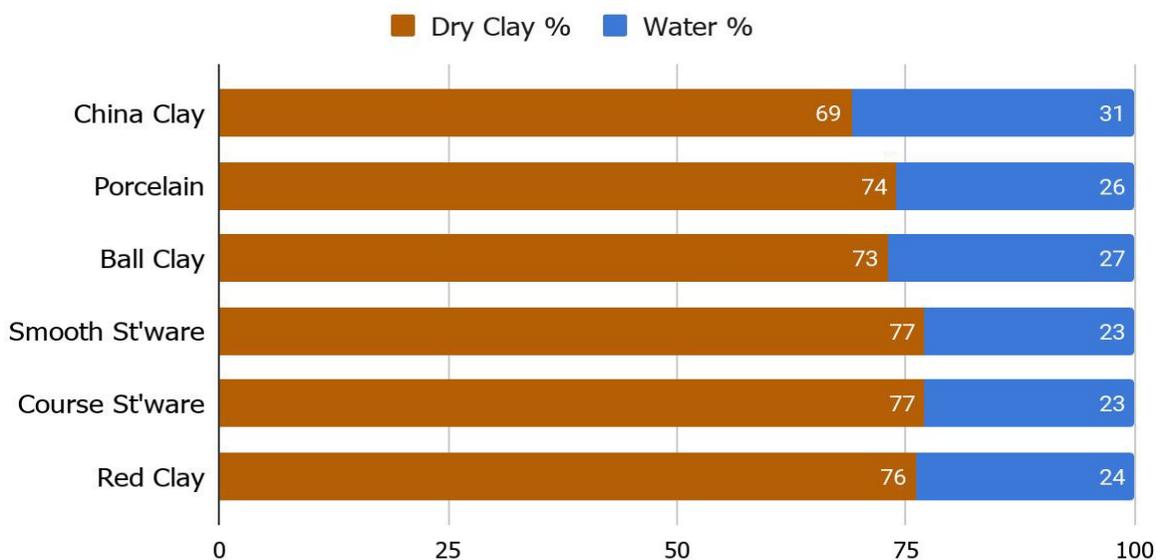
3D-Druckqualität

Für die Herstellung der Druckmuster wurde ein kleiner Delta-Drucker mit einem 40 cm langen Tonabgaberohr verwendet. Als Form des Druckmusters wurde ein einfacher Zylinder mit 6 cm Durchmesser und 6 cm Höhe gewählt. In der Cura-Slicing-Software wurde ein spiralförmiger g-Code mit einer Druckkopfdüse von 2 mm Durchmesser, einer Schichthöhe von 0,7 mm und einer Druckgeschwindigkeit von 25 mm pro Sekunde erstellt. Für jede Tonprobe wurde dieselbe Druckdatei verwendet, und es überrascht nicht, dass die Druckergebnisse sehr ähnlich ausfielen. Der Druck für die Tonabgabe musste lediglich an die Ergebnisse der Tube Pressure Flow Rate-Tests angepasst werden.

Test Ergebnisse

Die Zusammensetzung, Beschaffenheit und Rheologie von Tonen ist bekanntlich schwer zu bestimmen, und es wird nicht behauptet, dass die Prüfgeräte besonders genau sind. Aber in den Gesamtmustern dieser Ergebnisse lassen sich nützliche Informationen finden, die eine fundierte Auswahl ermöglichen. Diese Informationen vermitteln einen Eindruck davon, was bei der Auswahl von Tonen für den 3D-Druck mit Extrusionskeramik zu erwarten ist.

Clay | Water

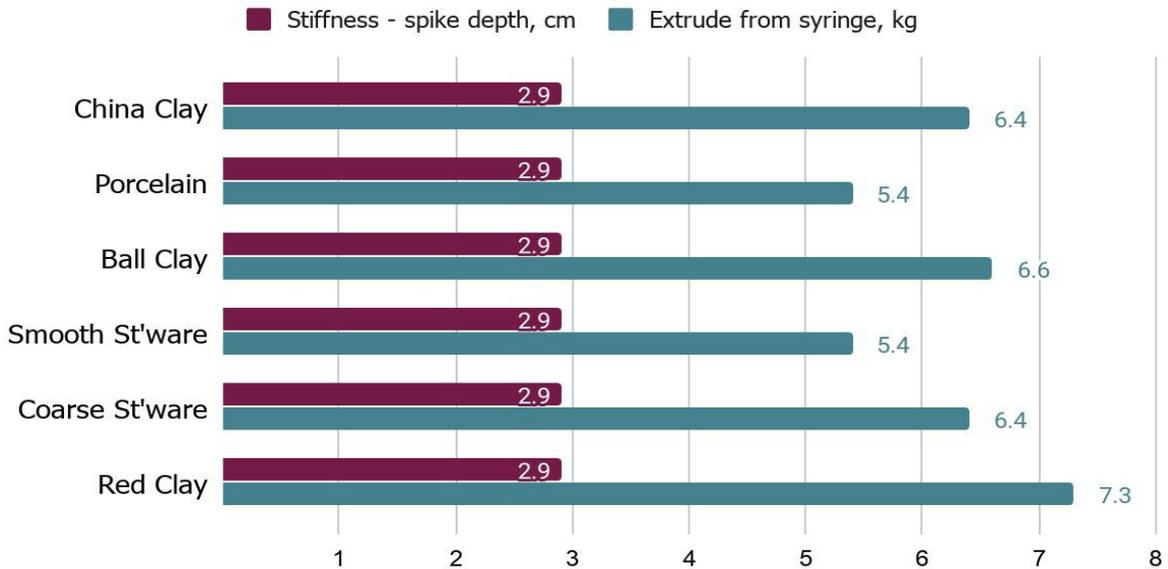


Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass verschiedene Knetmassen gleicher Konsistenz, die nach Gefühl und Auge gemessen und durch die Spike-Drop-Messungen bestätigt wurden, unterschiedliche Verhältnisse von Trockenmaterial zu Wasser aufweisen. Dies ist für den 3D-Druck von Ton von Bedeutung, da es für die Stabilität komplexer Formen mit Überhängen nützlich sein könnte, dass der Ton schnell trocknet - je weniger Wasser, desto schneller trocknet der Ton. Andere Drucktechniken erfordern möglicherweise langsam trocknenden Ton. Bei den Tests benötigten der reine Ton, der China-Ton und der Ball-Ton das meiste Wasser. Es wurde erwartet, dass der Wassergehalt des roten Tons höher sein würde, aber es ist nicht bekannt, wie viel tonfremdes Material in Form von feinem Sand in dem getesteten Ton enthalten ist. Bei gemischten Tonmassen wie dem Porzellan und den beiden Steinzeugmassen, die zu einem gewissen Prozentsatz aus Nicht-

Ton-Materialien bestehen, wurde ein geringerer Wassergehalt erwartet. Die Form der Tonpartikel ist flach oder plättchenförmig und nimmt mehr Wasser zwischen den Schichten auf als die eher runden,

nicht tonhaltige Teilchen von Grog, d. h. zerkleinerte gebrannte Keramik oder zerkleinerter Feldspat oder Silikatgestein.

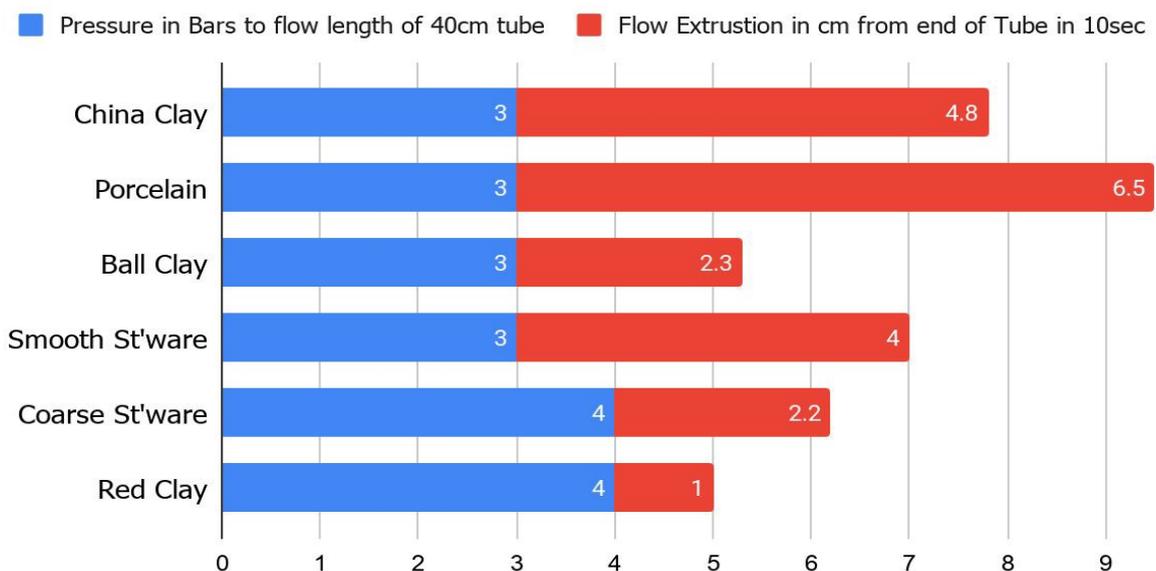
Syringe Pressure Extrusion



Ziel dieses Tests war es, Messungen zu erhalten, die die Variation der Kraft veranschaulichen, die erforderlich ist, um verschiedene Tone gleicher Konsistenz durch eine kurze, breite Düse zu extrudieren. Jeder Ton wurde so gemischt, dass er eine Stacheltiefe von 2,9 cm aufwies. Es hat sich gezeigt, dass ein einzelner, reiner, homogener Ton (Porzellanerde, Kugeltön) mehr Kraft erfordert als eine Tonmischung (Porzellan, Steingut).

Generell ist festzustellen, dass je dunkler die natürliche Farbe des Tons ist, desto mehr Kraft erforderlich ist, wobei der rote Ton am meisten Kraft erfordert. Aus den Lehrbüchern geht auch hervor, dass dies die plastischeren Tone sind. Tonkörper mit tonfremdem Material in der Zusammensetzung, z. B. Porzellan mit 50 % tonfremdem Material (Feldspat, Feuerstein) und der glatte Steinzeugkörper mit 40 % tonfremdem Material (Grog) wurden mit der geringsten Kraft gepresst.

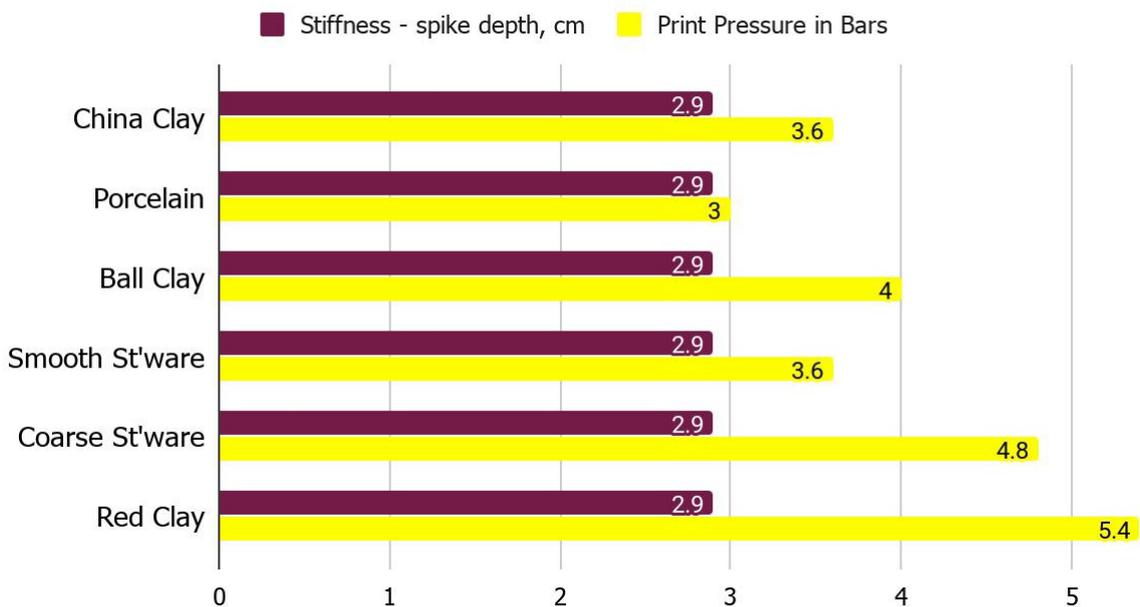
Tube Pressure and Flow Rate



Diese Ergebnisse sind neben den oben genannten Messungen der Extrusionskraft interessant. Ziel war es, Messungen der Extrusionsflussrate für die verschiedenen Tonproben zu erhalten

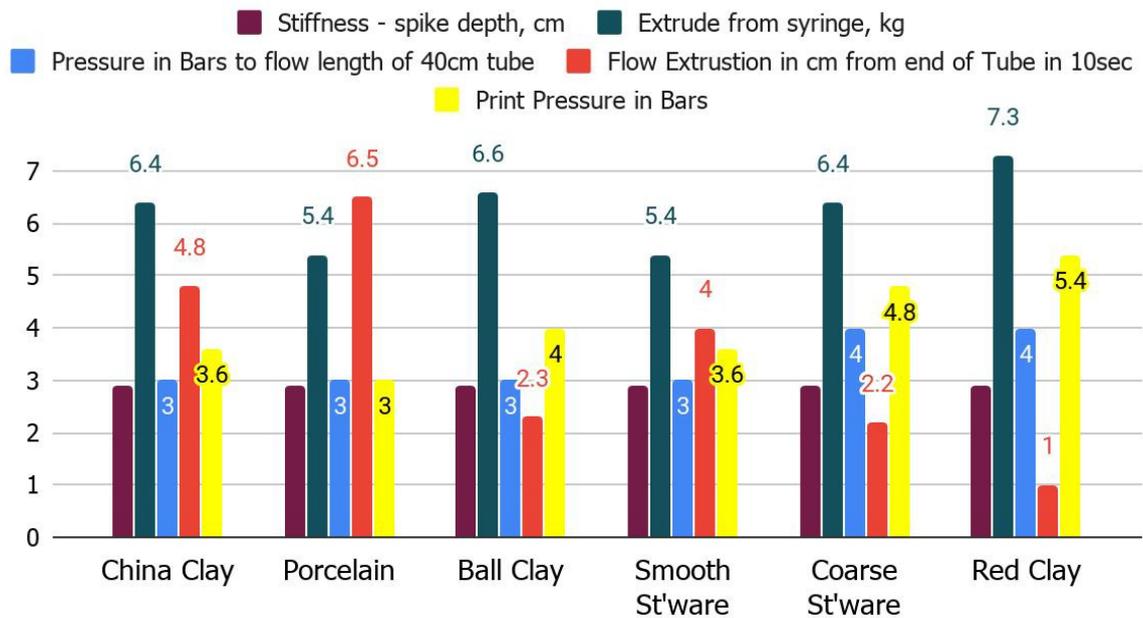
die durch ein enges Rohr gelaufen sind. In der obigen Tabelle benötigen die beiden letztgenannten Tone mehr Druck (bis zu 4 bar) als die anderen vier Tone (3 bar), um die Länge des Rohrs zu durchlaufen. Die Fließergebnisse für Course stoneware und Red clay sind in der Tat restriktiver, als die grafische Darstellung vermuten lässt. Das allgemeine Muster des Extrusionsflusses stimmt mit dem der Extrusionskrafttests überein. Allerdings gibt es interessante Anomalien. Bei einer kurzen Extrusion aus der Spritze war die erforderliche Kraft zum Extrudieren von China Clay und Grobsteinzeug ähnlich. Die Ergebnisse im Rohrtest waren sehr unterschiedlich. China-Ton floss bei einem Druck von 3 bar in 10 Sekunden aus dem 40 cm langen Rohr bei 4,8 cm heraus. Das Grobsteinzeug benötigte 4 bar Druck, um einen Ausfluss aus dem Ende des Rohrs zu testen, und dann betrug der Ausfluss nur noch cm 2.2 pro Sekunde¹⁰. Ein weiterer interessanter Vergleich ist der zwischen Kugeltou und grobem Steinzeug. Der Ball Clay benötigte etwas mehr Kraft als das Grobsteinzeug beim Spritzen-Extrusionstest. Beim Rohrfließtest benötigte das grobe Steinzeug 4 bar Druck, um das Rohr zu durchfließen, und die Fließgeschwindigkeit war nur geringfügig niedriger als die des Kugeltou, der nur unter 3 bar Druck stand. Ähnlich verhält es sich beim Vergleich von Porzellan- und glattem Steinzeugton, bei dem beide die gleiche Spritzenauspresskraft aufwiesen. Im Röhrchentest floss der Porzellan-Ton bei gleichem Druck deutlich schneller als das glatte Steingut. Es ist klar, dass sich Ton unterschiedlich verhält, wenn er unter Druck steht und über eine kurze Strecke extrudiert wird, und wenn er in ein langes Rohr gepresst wird.

Clay Stiffness and Print Pressure



Es muss darauf hingewiesen werden, dass diese Ergebnisse für einen Ton-Drucker vom Typ Delta gelten, bei dem der Ton in einem 40 cm langen Schlauch zum Druckkopf geleitet wird. Bei Druckerkonstruktionen, bei denen die Tonmasse in der Nähe des Druckkopfes zugeführt wird, würde man erwarten, dass die Ergebnisse eher mit der Spritzendrucktabelle übereinstimmen. Diese Ergebnisse stimmen eher mit der Tabelle für die Durchflussrate des Schlauchdrucks überein. Da die Tonerde in den Druckerbehältern alle die gleiche Konsistenz haben, zeigt sich, dass verschiedene Tonerden unterschiedliche Kraft erfordern, um eine ähnliche, konstante Tonerdezufuhr zum Druckkopf zu erreichen.

Stiffness, Syringe Force, Tube Pressure, Tube Flow, Printing Pressure



Schwinden des Tons

Um Schrumpfungsmessungen zu erhalten, werden die gedruckten Zylindermuster mit den Abmessungen des digitalen Originalmodells verglichen. Die Messungen erfolgten im trockenen Zustand, nach einem Biskuitbrand bei 1000° C und erneut nach einem niedrigen Steinzeugbrand bei 1220° C.



Die sechs Tonproben-Zylinderdrucke von links nach rechts - China Clay, Porcelaine, Ball Clay, Smooth Stoneware,

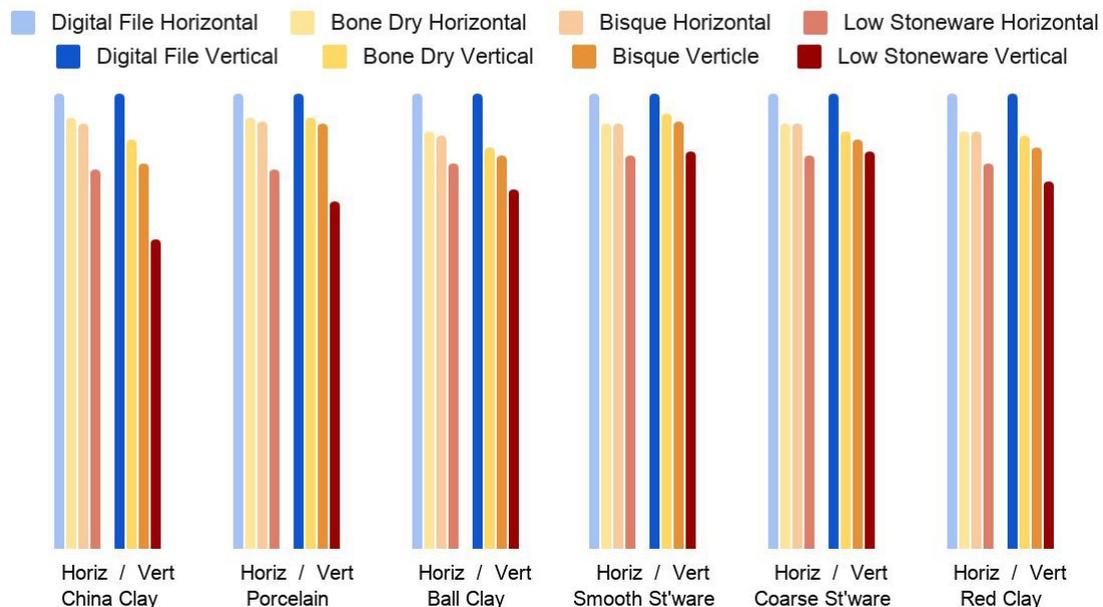
Grobes Steinzeug, sandig-roter Lehm. Obere Reihe - knochentrocken. Mittlere Reihe - gebrannt bei 1000° C. Untere Reihe - erneut gebrannt bei 1220° C.

Gemessen wurde der horizontale Durchmesser der Innenseite des Zylinders und die vertikale Höhe. Ziel war es, die unterschiedlichen Schrumpfraten der einzelnen Tonarten zu erfassen, aber auch den Unterschied in der Schrumpfung der Höhe und Breite der gedruckten Proben. Während Ton gleichmäßig schrumpft, wurde beobachtet, dass 3D-gedruckte Objekte aus Ton dies nicht tun. Es wird vermutet, dass dies wahrscheinlich auf den vertikalen Druck der geschichteten Extrusion und das Gedächtnis des Tons zurückzuführen ist.

Der Vergleich der fotografischen Referenz von knochentrocken über Biskuit bis hin zu einem niedrigen Steingutbrand ist interessant. Der Porzellan-Ton, der zum Zeitpunkt des Drucks nachweislich den höchsten Wassergehalt aufwies, schrumpfte im knochentrockenen Zustand nicht am stärksten. Der Kugeltou mit dem zweithöchsten Wassergehalt ist eindeutig am meisten geschrumpft. Dies zeigt deutlich, dass die Eigenschaften der Schrumpfung von Ton über den Verlust von Wasser bis zum knochentrockenen Zustand hinausgehen.

Das Verhältnis der Schrumpfung der Proben in den verschiedenen Stadien (Trocken-, Biskuit-, Hochbrand) ist ebenfalls nicht einheitlich über die gesamte Tonpalette. Betrachtet man die Linie der Proben in jedem Zustand, so ist deutlich zu erkennen, dass in der Linie des höchsten Brandes die Höhschrumpfung von links nach rechts verläuft, was bei knochentrockenem oder biskuitgebranntem Ton nicht der Fall ist. Der China-Ton ist am stärksten geschrumpft, geht dann zum Grobsteinzeug über, das am wenigsten geschrumpft ist, und fällt dann wieder zurück zum Sandy Red. Das Verhältnis der Schrumpfung des Kugeltou ist in jedem Zustand relativ konstant geblieben, während der Porzellanton vom Biskuit- bis zum Hochbrand viel stärker geschrumpft ist. Es wird deutlich, dass für unterschiedliche Endtemperaturen unterschiedliche Tonentscheidungen getroffen werden müssen.

Clay Shrinkage



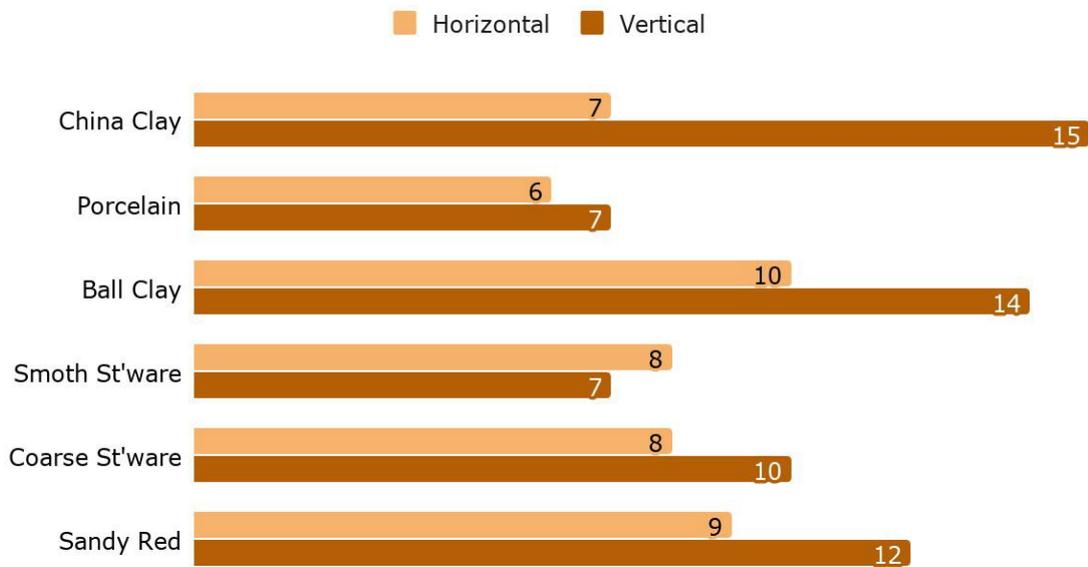
Wenn ein allgemeines Muster zu beobachten ist, dann das, dass die reinen Tone, wie der Porzellan- und der Kugeltou, am meisten schrumpfen. Tonkörper mit tonfremdem Material wie Grog und Sand, wie bei den beiden Steingutkörpern und dem sandigen roten Ton, schrumpfen am wenigsten.

Die vielleicht interessantesten Informationen aus diesen Tests sind die Daten über den Unterschied zwischen der horizontalen und vertikalen Schrumpfung dieser Proben. Auch hier sind eindeutige Schrumpfungsmuster aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit der getesteten Tonkörper schwer auszumachen. Beim Brennen mit einer Biskuit-Temperatur von 1000 °C gibt es eine deutliche Diskrepanz zwischen der horizontalen und vertikalen Schrumpfung, wobei Porzellanerde in der Vertikalen fast doppelt so stark schrumpft wie in der Horizontalen. Bei einer niedrigen Steinzeugtemperatur von 1220 °C besteht diese Diskrepanz immer noch,

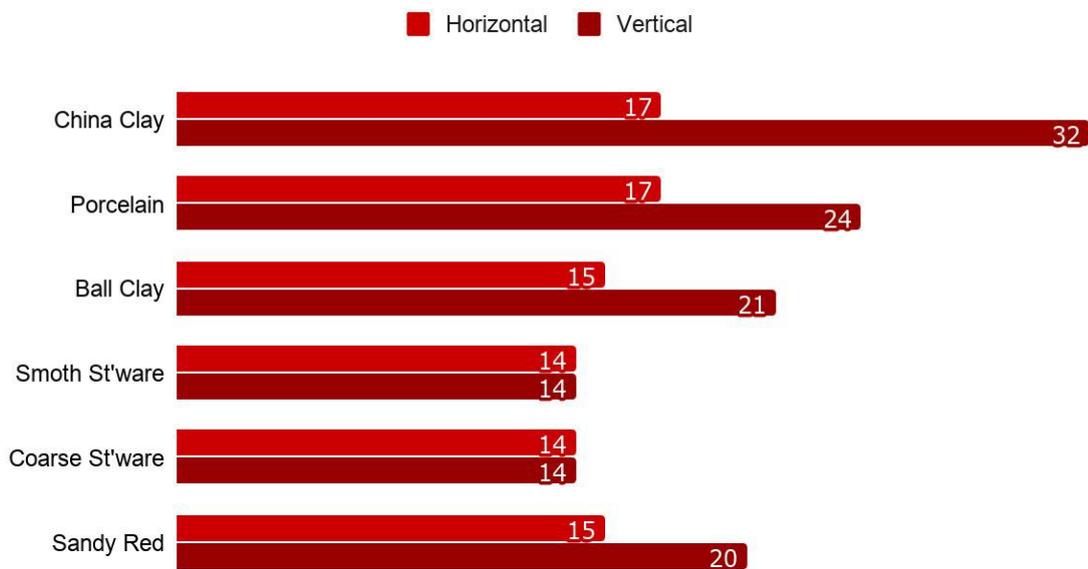
aber interessanterweise haben sich die glatte und die grobe Steinzeugmasse in der Schrumpfung mit 14 % angeglichen. Wenn es eine

Mit zunehmender Brenntemperatur verringert sich die Diskrepanz bei Tonmassen mit einem hohen Anteil an Nichttonmaterial.

Shrinkage at 1000°C as %



Shrinkage at 1220°C as %



3 - Formulierung und Prüfung eines Tonkörpers für den 3D-Druck mit Extrusionston

Einführung

Obwohl fast jeder Ton für den 3D-Druck mit Extrusion verwendet werden kann, ist klar, dass einige Tone besser drucken als andere. Diese Unterschiede können von den Eigenschaften des Tons abhängen, aber auch von der Art der verwendeten Maschine und dem Stil der zu produzierenden Arbeit. Ziel dieser Untersuchung war es, einen Einblick in die Überlegungen zu gewinnen, die bei der Formulierung einer Grundrezeptur für Tonkörper aus verarbeiteten pulverförmigen Rohstoffen angestellt werden müssen. Da die verfügbaren keramischen Materialien von Region zu Region unterschiedlich sind, sind der Prozess der Formulierung der Tonmasse und das Ergebnis der Tests wichtiger als die eigentliche Rezeptur, obwohl die Rezeptur als erster Leitfaden für die weitere Entwicklung dienen könnte. Diese erste Tonrezeptur wurde getestet, um ihre Eignung zu bewerten. Die Auswirkung der Tonkonsistenz in Form von weichem, mittelhartem und hartem Ton auf das Druckergebnis wurde getestet. Die Tests führten zu der Überlegung, welche Vorteile Tonzusatzstoffe für dieses Grundrezept bieten könnten und welche Verbesserungen an dem ursprünglichen Rezept vorgenommen werden könnten.

Hinweis: Alle Bilder wurden in hoher Qualität erstellt, um das Zoomen zu ermöglichen, um Details zu sehen. (Strg+Mausrad)

Das Lehmrezept

Diese Rezeptur wurde für einen Drucker entwickelt, bei dem sich die Tonmasse neben dem Gerät befindet und der Ton über einen Schlauch zum Druckkopf geleitet wird. Sie wurde auch so konzipiert, dass sie bei hohen Temperaturen stabil ist. Als Ausgangspunkt für die Rezeptur diente eine plastische Kugeltoneerde, um Plastizität und eine reibungslose Extrusion zu gewährleisten. Kunststoffkugeln haben jedoch eine höhere Oberflächenspannung und lassen sich daher schwerer durch enge Rohre drücken. China-Ton wurde eingeführt, da Tests gezeigt haben, dass China-Ton weniger Druck benötigt, um extrudiert zu werden, und eine bessere Fließgeschwindigkeit durch Schläuche aufweist. Feiner Grog wurde ebenfalls hinzugefügt, da sich gezeigt hat, dass tonfremde Materialien die Oberflächenspannung des Tonkörpers verringern, wodurch die Fließgeschwindigkeit erhöht und der Extrusionsdruck verringert wird. Darüber hinaus ist bekannt, dass ein Anteil von Grog in einem Tonkörper die Schrumpfung verringert, die Trocknung unterstützt und eine Reihe von Partikelgrößen bietet, die zur plastischen Stabilität beitragen sollten. Die Wahl der Grog-Partikelgröße muss auf die Größe der Druckerdüse abgestimmt sein, um Verstopfungen zu vermeiden.

Testmischung 1

Kugel Lehm (Hyplas 71) 44
China Clay (Grolleg) 33
Grog (Feiner Molochit) 22

Hyplas Ball71 Clay	Ein Kugeltone aus Devon (UK) mit niedrigem Eisengehalt und hoher Plastizität. Brennt elfenbeinfarben und buff.
Grolleg Porzellan-Ton	Eine englische Porzellanmischung mit mäßiger Plastizität, die für weißes Steingut, Knochenporzellan und Porzellanmasse verwendet wird. Weiß

	gebrannt.
Molochit Grog	Hergestellt aus gebranntem Kaolin ist dies ein feuerfester weißer Grog. Es wurde ein feiner 200-Mesh-Ton verwendet.

Während die Rezeptur numerische Werte in Gewichtsprozenten enthielt, wurde auch das Volumen der einzelnen Materialien notiert. Obwohl die Porzellanerde im Verhältnis weniger Gewicht hatte, war das Volumen der Porzellanerde viel größer als das der Kugelerde. Wenn man bedenkt, dass die Idee darin bestand, Porzellanerde wegen ihrer physikalischen Eigenschaften zu einem überwiegend plastischen Kugeltontkörper hinzuzufügen, stellte sich heraus, dass dies nicht der Fall war. Das Volumen dieses Körpers besteht aus mehr Porzellanerde und erwies sich als nicht sehr plastisch und "kurz" im Charakter - beim Drucken brach die Extrusion sehr leicht. Bei der Überprüfung des "Formelgewichts" von Grolleg china clay (276) und dem von Hyplas 71 ball clay (541) erklärt sich dieser Unterschied im Gewicht/Volumen.

Kugel Lehm (Hyplas 71)	800 gm	880 ml
China Clay (Grolleg)	600 gm	1180 ml
Feiner Grog (Molochit)	400 gm	400 ml

Verhältnis von Wasser zu trockenen Zutaten

Um die Wassermenge in den Mischungen mit weicher, mittlerer und harter Konsistenz messen zu können, wurden die Tests aus trockenen Zutaten hergestellt. Sie wurden vor der Prüfung einen Tag lang stehen gelassen, damit das Wasser in den Ton einziehen konnte. Diese kurze Zeit der "Befeuchtung" des Tons kann ein weiterer Grund für den "kurzen" nichtplastischen Charakter der Tonprüfungen sein.

Eine lose Mischung aus trockenen Bestandteilen, Kugeltont, Porzellanerde und Molochitgrieß wurde gemischt und zweimal trocken gesiebt, um eine gleichmäßige Mischung zu gewährleisten. Aus dieser Schüttgutmischung wurden Testproben in einem Verhältnis hergestellt, bei dem die trockenen Bestandteile und das Wasser zusammen 100 % ergeben.

	Trockene Bestandteile %.	Wasser %
Weiche Mischung	69	31
Medium Mix	72	28
Harte Mischung	75	25

Die Proben wurden gemischt und wie erwähnt 24 Stunden lang gesättigt und dann weiter gemischt. Die harte Tonprobe ließ sich in den Händen zu einer Kugel formen, wobei nur wenig Ton an den Händen klebte.

Beim Umgang mit der mittleren Probe bildete sich nach und nach klebriger Ton an den Händen, aber es ließ sich leicht eine Kugel formen und handhaben. Die weiche Mischung konnte in den Händen zu einer Kugel geformt werden, aber es war eine klebrige und schmutzige Angelegenheit.

Messungen der Lehmkonsistenz

	Weiche Mischung	Medium Mix	Harte Mischung
Trockene Zutaten: Wasser nach Gewicht.	69:31	72:28	75:25
Drop Spike (Falldorn) - dieses Instrument stellt die Entfernung dar, die ein 38 cm (235 g) langer, geschärfter Stahlstab in die Tonprobe eindringt, wenn er aus einer konstanten Höhe von 9 cm fallen gelassen wird. Siehe Drop Spike Dokument.	54 mm	32 mm	22 mm

Spritzenextrusion - dieses Werkzeug besteht aus einer angepassten 60-ml-Spritze mit einer 8-mm-Düse. Die Messung stellt die erforderliche Kraft dar	4.1 kg	6.3 kg	10.2 kg
---	--------	--------	---------

um die Tonprobe durch die 8 mm 30lange Düsenverengung zu extrudieren.			
Der Druck, der erforderlich ist, um die Tonprobe über die Länge eines 40 cm langen Rohrs mit einem Innendurchmesser von mm8 zu drücken.	2 Bar	2.5 Bar	3 Bar
Der beim Drucken verwendete Druck.	2.5 Bar	3 Bar	5 Bar

Druck-Tests

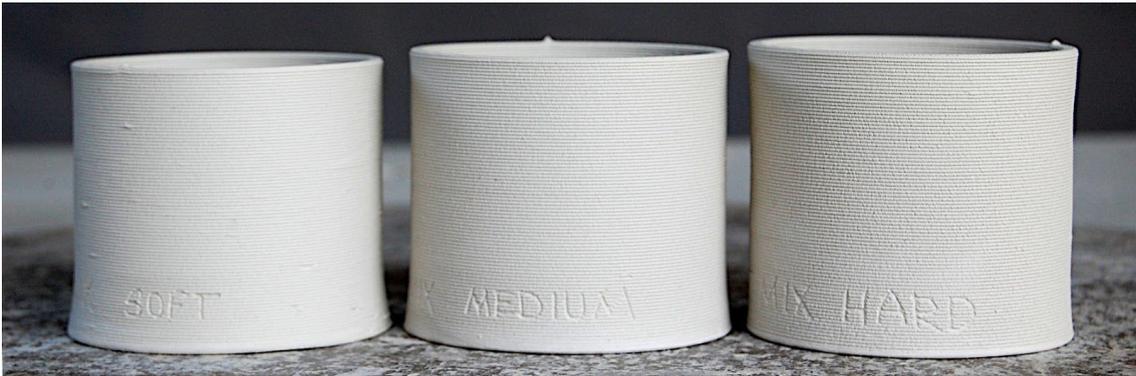
Zwei Formdateien wurden für den Druck vorbereitet und die Tests wurden auf einem kleinen Delta-Drucker (CERAMBOT) durchgeführt. Eine Formdatei war ein Standardzylinder von 6 cm Höhe und 6 cm Durchmesser. Bei der zweiten handelt es sich um einen 8 cm hohen Zylinder mit einem Durchmesser von 6 cm, in den drei Formtests eingearbeitet wurden. Erstens eine vertikale Ecke, zweitens eine sich wiederholende Relieftextur und drittens zwei 45-Grad-Einkerbungen. Bei allen folgenden Tests wurde für jede der beiden Formen die gleiche .gcode-Datei verwendet.

Zylinder

Die 6-cm-Zylinderform wurde für jede der drei Tonkonsistenzen in etwa gleich gedruckt, wobei mit zunehmender Steifigkeit des Tons mehr Luftdruck erforderlich war - siehe Tabelle oben. Es wurde durchgängig eine 2 mm Düse verwendet, und es gab kaum oder gar keine nennenswerten Unterschiede in der gedruckten Wanddicke bei allen drei Konsistenzen. Es gibt jedoch zwei interessante Punkte, die erwähnenswert sind. Der eine ist der Unterschied in der Oberflächenbeschaffenheit bei den drei Tests. Je weicher der Ton, desto glatter das Strangpressen. Je härter der Ton, desto zerklüfteter oder rissiger erscheint die Oberfläche des Strangpresslings. Bezeichnenderweise sind es diese Risse, die sich stärker öffnen, wenn die Form belastet wird oder sich verzieht. Zweitens gibt es einen kleinen, aber spürbaren Größenunterschied aufgrund der Schrumpfung der drei Tests nach dem Trocknen. Der höhere Wassergehalt des weichen Tons führt zu einer stärkeren Schrumpfung.



Leichte Variation der Oberflächentextur: Je weicher die Extrusion, desto glatter das Ergebnis.



Knochentrockene Variationen in der Schrumpfung, die auf einen unterschiedlichen Wassergehalt hinweisen.

Kante, Textur, Überhang Testform

Die komplexere Form des Musters zeigte, wie wenig erfolgreich diese Tonrezeptur für den Strangpressdruck war. Sie war jedoch nicht völlig erfolglos, da sie die Möglichkeit bot, zu testen, welche Verbesserungen an der Tonmischung vorgenommen werden können.

Die Tests umfassten eine dreischichtige Basis, die in jeder Tonkonsistenz erfolgreich gedruckt wurde. Beim vertikalen Druck, wie bei den Zylindertests, bauten alle drei Tonproben wie erwartet die Form auf. Wie aus der Fotodokumentation hervorgeht, wurde bei dieser Form keine Probe sauber gedruckt. Der weiche Ton wurde durch die Bewegung der Düse über den Bereich der Rapporttextur instabil und brach dann völlig zusammen, da er sein eigenes Gewicht nicht halten konnte, insbesondere an der Einbuchtung über der Hand. Die weiche Extrusion brach nicht, sie bot nur nicht genug strukturelle und richtungsbezogene Steifigkeit, als die Kontur der Form komplexer wurde.



Zwei Ansichten der Drucktests mit weichem, mittlerem und hartem Ton. Von links nach rechts - weicher, mittlerer und harter Ton. Das obere Bild zeigt die Seite mit der wiederholten Reliefstruktur des Tests und das untere Bild die Seite mit den 45°-Winkel-Eindrücken.

Die Knetmasse mittlerer Konsistenz war am erfolgreichsten und druckte den Bereich mit der sich wiederholenden Textur, brach aber am äußersten Ende der 45°-Winkelvertiefung zusammen. Der Ton war steif genug, um seine Form insgesamt zu halten, hatte aber nicht genug Plastizität oder Dehnbarkeit, da die gedruckte Wand im äußersten Bereich des Überhangs nachgab. Sobald der Abdruck zusammenbrach, konnte er sich nicht mehr selbst reparieren, da er mit jeder Schicht immer kürzer wurde.

Der harte Ton scheint unter Belastung keine Elastizität zu haben und bricht leicht. Der Abdruck baute sich aufgrund der Steifigkeit der Ton-Extrusion weiter auf, aber nicht Schicht für Schicht an der richtigen Stelle, und war weniger erfolgreich als der Ton mittlerer Konsistenz.

Es hat den Anschein, dass Plastizität und Elastizität wichtige Eigenschaften eines Tons sind, um komplexere Formen als die des Zylinders zu bilden. Solange die Formen vertikal sind, wie bei den Zylindertests, und die Schichten mit der Unterstützung der vorherigen Schicht darunter aufgebaut werden, ist der Extrusionsdruck in Ordnung. Aber gekrümmte Formen, die von der Vertikalen abweichen, stellen eine größere Herausforderung dar. Gedruckte Füllungen könnten eine Lösung sein, aber das Ziel dieser Tests war es, herauszufinden, was ohne Füllungen möglich ist. Der Druck von Doppelwänden ist ebenfalls stabiler, aber auch hier war das Ziel, die Materialeigenschaften zu testen. Der Druckprozess wurde einfach gehalten, um sich darauf zu konzentrieren, welche Verbesserungen mit der Tonmischung erzielt werden können. Die Erforschung von Drucktechniken lag außerhalb des Rahmens dieser Tests.

Weicher Ton ist flexibler und weniger anfällig für Risse in der Oberfläche, kann aber auch sein

eigenes Gewicht weniger gut tragen. Ein verbesserter Tonkörper hätte eine stärkere Oberflächenspannung, eine gute

Plastizität, aber auch eine inhärente Selbststruktur, die ihr eigenes Gewicht hält und bei Verformung nicht bricht. Wenn beim Drucken ein Bruch auftritt, ist es schwierig, den Bruch zu reparieren und die Struktur wieder stabil zu machen. Die Antwort ist, den Bruch gar nicht erst entstehen zu lassen.

Zusatzstoffe zur Verbesserung der Plastizität und Elastizität

Aufgrund der oben beschriebenen erfolglosen Druckergebnisse wurde beschlossen, zu versuchen, die grundlegende Testrezeptur durch die Einführung von Zusatzstoffen zu verbessern. Jeder Zusatzstoff wurde einzeln in der ursprünglichen Testmischung getestet.

Ausflockung

Die Viskosität eines Tons kann unterschiedlich sein, wenn er alkalisch, neutral oder sauer ist. Dies ist auf elektrostatisch geladene Bindungen zwischen Tonteilchen zurückzuführen. Alkalische Zusätze können dazu führen, dass diese Bindungen aufgelöst werden, was zu einer flüssigeren Tonmischung führt. Bei diesem Test wurde Natriumdispex verwendet. Ein zu hoher Zusatz kann dazu führen, dass die Tonmischung einen thixotropen Charakter annimmt, der zwar für das Gießen von Tonschlicker wünschenswert ist, aber für das Drucken von Ton unerwünscht ist. Ein vollständig entflockter thixotroper Ton lässt sich beim Druck nicht gut schichten und bietet der Schnecke in einem Schneckendruckkopf keinen "Biss".

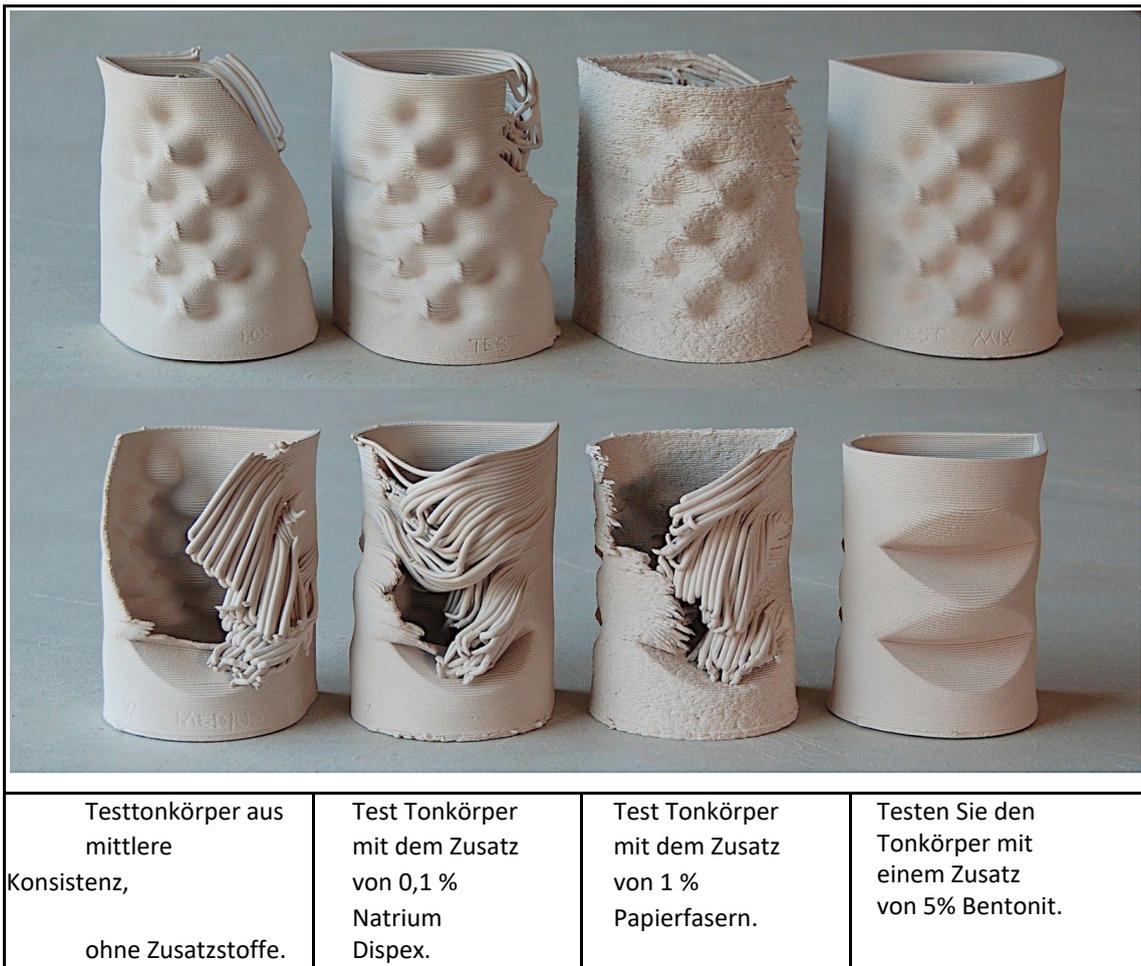
Ziel des Einsatzes einer geringen Menge alkalischen Entflockungsmittels war es, die Qualität der Extrusionsoberfläche zu verbessern. Die Geschmeidigkeit der Extrusion. Man entschied sich für eine Zugabe von 0,1 Gew.-% Natriumdispex zur Trockenmasse, um die Oberflächenspannung der Tonmischung leicht zu verringern, ohne den Charakter der Mischung wesentlich zu verändern. Es stellte sich heraus, dass die Tonmischung dadurch auch etwas flüssiger wurde, ohne dass mehr Wasser zugegeben werden musste. Der daraus resultierende Testabdruck war eine Verbesserung gegenüber dem ersten Test, führte aber immer noch nicht zu einer ungebrochenen Probe.

Papierfaser

Mit der Zugabe von Papierfasern in die Tonmischung sollte geprüft werden, ob die Fasern das Brechen der Extrusion verhindern würden. Da die Befürchtung bestand, dass zu viele Fasern zu Verstopfungen führen könnten, wurde ein Gewichtsanteil von 1 % Toilettenpapier zum Gewicht des trockenen Tons berechnet. Das Papier wurde zunächst in der erforderlichen Menge Wasser zerkleinert, um eine gleichmäßige Konsistenz des Tons zu erreichen. Es war überraschend, wie sehr selbst diese kleine Menge Papier die Textur der Tonmischung veränderte. Die Papiermischung ließ sich etwas besser bedrucken als ohne Papier, aber die Faserstruktur veränderte das Aussehen der Oberfläche des Tests erheblich.

Bentonit-Weichmacher

Bentonit ist ein feiner, hochplastischer, sehr klebriger Ton. Als letztes zu prüfendes Additiv wurden 5 % Bentonit (Trockengewicht) zu einer Probe der ursprünglichen Tonrezeptur hinzugefügt. Schließlich wurde ein vollständiger Druck erzielt, der die Bedeutung der Plastizität eines 3D-Druck-Tonkörpers für den Druck gebogener oder überhängender Formen bestätigte. Es war eine ziemliche Offenbarung, wie die Zugabe von 5 % eines Materials einen solchen Unterschied machen kann.



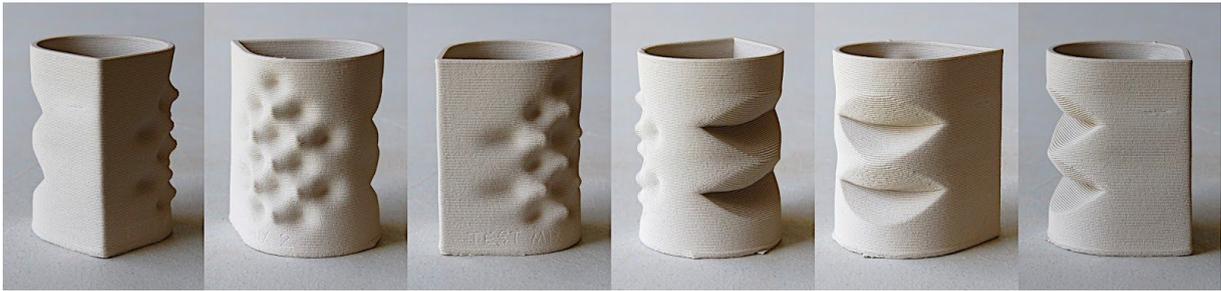
Neu formulierte Quittung: Testmischung 2

Ausgehend von den Ergebnissen der Zusatzstoffe und der Beobachtung, dass die Testmischung 1 einen hohen Volumenanteil an Porzellanerde zu Kugeltön enthält, wurde eine neu formulierte Testmischung 2 hergestellt. Für diese Mischung wurde der Papierzusatz auf 0,1 % des Trockengewichts reduziert. Das Verhältnis zwischen Porzellan- und Kugeltön wurde so ausgeglichen, dass es volumenmäßig gleich ist, und der Grog entsprach der Hälfte des Volumens eines Tons oder einem Viertel des kombinierten Tonvolumens. Diese neue Tonmischung wurde nach Gewicht zubereitet. Wasser wurde im Verhältnis von 74 % Trockengewicht zu 26 % Wasser hinzugefügt, gemischt und über Nacht stehen gelassen.

Testmischung 2

Kugel Lehm (Hyplas 71)	52
China Clay (Grolleg)	24
Grog (Feiner Molochit)	24
Bentonit	5
Natrium-Dispex	0.1
Papier	0.1

Diese neue Mischung ergab einen angemessenen Druck, aber es gibt andere im Handel erhältliche Tonmassen auf dem Markt, die bei diesen Testformen und mit dieser Ausrüstung bessere Ergebnisse erzielen. Fairerweise muss man sagen, dass sich diese Mischung mit zunehmender Alterung enorm verbessern wird und sich mit der Zeit als Grundlage für einen erfolgreichen Extrusionsdruck-Tonkörper erweisen könnte.



Probe gedruckt mit Testmischung 2

Vergleiche von Testtonmischungen

	<u>Test Mix 1</u>	<u>Test Mix 2</u>
Trockener Inhaltsstoff zu Wasser	72% : 28%	74% : 26%
Spike-Test	32 mm	30 mm
Spritzen-Extrusion	6.3 kg	7.2 kg
Druck	3 Bar	6 Bar

4 - Prüfung von Feinporzellan-Extrusionsdruck

Einführung

Ziel dieser Tests war es, ein Verständnis für den Extrusionsdruck mit einer 0,6-mm-Düse zu gewinnen. Sie boten die Möglichkeit, das Verhältnis zwischen Schichthöhe, Düsengröße und Wandstärke am kleineren Ende des Extrusionsbereichs zu testen. Es war auch eine Gelegenheit, verschiedene Schneckengrößen auszuprobieren und die "Passform" der Schnecke im Druckkopf zu prüfen. Es überrascht nicht, dass der Feindruck sehr anfällig für Verstopfungen des Tonflusses aus der Druckkopfdüse ist. Bei diesen Tests wollte ich herausfinden, ob es sich in erster Linie um ein Materialproblem handelt, d. h. um Materialpartikel, die den Fluss blockieren, oder ob es sich um ein mechanisches Problem der Verdichtung handelt. Wenn zu viel Kraft aufgewendet wird, um das Material durch eine kleine Düse zu drücken, verdichtet sich das Material und verstopft.



Lehmproben und Lehmbearbeitung

Es wurde eine recycelte Mischung aus Porzellanerde verwendet, da sie bereits weich war. Diese habe ich etwa zwei Stunden lang mit einer Kugelmühle gemahlen. Eine Kugelmühle ist so etwas wie eine Steinpoliermaschine. Meine ist ein Ein-Liter-Behälter, der mit der flüssigen Tonmasse gefüllt wird, und ich verwende Glasmurmeln als Kugeln. Das Ganze wird dann etwa eine Stunde lang auf der Maschine gedreht. Mein Ziel war es nicht, irgendwelche Partikel zu zerkleinern oder zu mahlen, sondern nur sicherzustellen, dass die Mischung gründlich gemischt und glatt ist. Die Mischung wurde durch ein britisches Sieb Nr. 120 gesiebt, das meines Erachtens Löcher von 0,125 mm bzw. 125 Mikron hat. Porzellanerde besteht aus Porzellanerde, Feldspat und Kieselerde. Feldspat und Siliziumdioxid, die in der Keramikindustrie verwendet werden, werden auf eine Partikelgröße von 30 Mikrometern und weniger zerkleinert. Porzellanerde-Teilchen haben eine Größe von 10 Mikrometern und weniger, so dass ein gut gemischter flüssiger Porzellanschlicker leicht durch ein Sieb mit einer Größe von 120 oder 125 Mikrometern fallen sollte. Außerdem fließen diese Materialien leicht durch eine 0,6 mm oder 600 Mikron Düse. Der gesiebte Ton wurde etwa zwei Tage lang bis zur gewünschten Konsistenz getrocknet.

Ich testete drei Konsistenzen von Ton - die ich als Soft, Soft/Medium und Medium bezeichnete. Ich begann mit dem Test von Soft, um sicherzugehen, dass ich ein Ergebnis erzielen würde, und ging dann zu Soft/Medium und schließlich zu Medium über. Mein

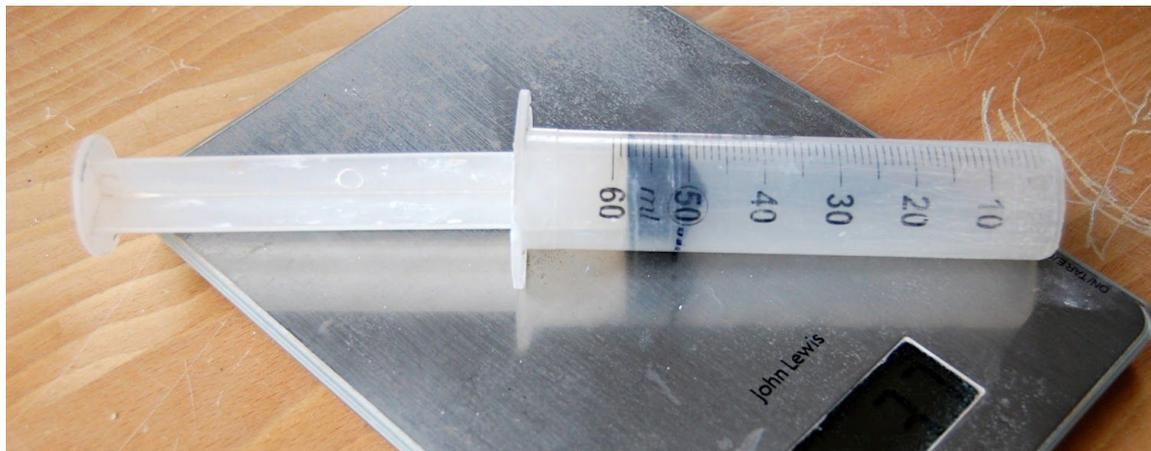
Die so genannte Medienkonsistenz entsprach dem, was ich in anderen Tests und für den allgemeinen Druck als "Standard" verwenden würde.

Weich	<ul style="list-style-type: none"> • Dies war eine weiche Paste, die ich normalerweise nicht zum Drucken verwenden würde, aber sie war alles andere als flüssig. • Mein 'Drop Spike'-Steifigkeitsmessgerät fiel quer durch die Probe und schlug auf dem Tisch auf. Deshalb habe ich eine Messung mit einem "Sinking Spike" entwickelt. Derselbe Spike (200 g) sank 42 mm tief in die Probe ein, wenn er auf die Tonoberfläche gelegt wurde, anstatt aus einem Zentimeter 10 Höhe fallen gelassen zu werden. • Ich habe versucht, ein System zur Messung der spezifischen Dichte zu entwickeln, das nach SG berechnet wird (1.72. siehe Tool unten).
-------	--

Weich/Medium	<ul style="list-style-type: none">• Auch hier ist die Konsistenz der Knete, mit der ich normalerweise nicht drucken würde, eher weich, als dass ich sie in Betracht ziehen würde.• Es war steif genug, um mit dem Drop Spike arbeiten zu können, und dieser wurde bei 45 mm registriert. (35 mm bis 30 mm sind für meine Arbeitskonsistenz eher normal)
--------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Spezifisches Gewicht berechnet nach SG 1.76.
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> • Bei dieser Mischung habe ich versucht, mich an einen "Standard" zu halten, wie er in anderen Tests verwendet wird und was ich normalerweise verwenden würde. • Falldorn mm30 (wie bei den Sechs-Ton-Tests) • SG 1.78

Werkzeug zur Messung der spezifischen Schwerkraft



- Ich habe meine Spritze mit offenem Ende genommen, diese senkrecht auf die Waage gestellt, den Kolben so bewegt, dass er genau ml/gm50 Wasser enthält und dies markiert. Die leere Spritze ist gm39.
- Ich kann dann die Spritze mit meiner Tonprobe füllen, den Kolben bis zur Markierung hochdrücken und das offene Ende abkratzen.
- Wenn ich das richtig verstanden habe, wiege ich die mit Ton gefüllte Spritze, ziehe das Gewicht der Spritze ab und teile dann durch das Volumen der Maßnahme (50 ml)

Ich habe keine Skala, die tiefer als ein Gramm geht, so dass meine Ergebnisse ich glaube, sind nur gut, um zwei Dezimalstellen. Außerdem ist meine gemessene Probe ziemlich klein, so dass leichte Ungenauigkeiten vergrößert werden. Das Ergebnis ist, dass ich nicht sicher bin, dass die Messungen des spezifischen Gewichts genau sind.

Unten sehen Sie zwei Fotos, um einen Eindruck davon zu vermitteln, wie die Medium Mix Tonproben aussahen, die ich mit einem SG von 1,78 gemessen habe. Ich habe dann versucht, eine Konsistenz zu erreichen, die den von Ihnen aufgezeichneten Messungen und der Probe rechts neben dem Bild entspricht. Das Bild rechts ist ein Ton von der Konsistenz einer Töpferscheibe und hat nach meiner Berechnung einen SG von 1,84. Wie man sieht, klebt dieser Ton nur wenig oder gar nicht an der Hand.



Ausrüstung

Ich verwendete einen kleinen Delta-Drucker mit Schneckendruckkopf. Die Tonzufuhr zum Druckkopf erfolgte per Luftdruck aus einer 500-ml-Plastikkartusche, die neben dem Drucker hing. Die Tonpaste wurde von der Kartusche zum Druckkopf über einen mm400 langen Kunststoffschlauch mit einem Innendurchmesser von mm6.5 zugeführt.

Ich habe zwei Tage lang gedruckt und in dieser Zeit nur eine totale Verstopfung gehabt. Bei näherer Betrachtung war es ein Stückchen Schwamm in der Düse. Ich vermute, dass dieser beim Mischen und Laden der Tonkartusche irgendwie in die Mischung geraten ist.

In meinen zwei Tagen sah ich jedoch stundenlang seltsame Ungereimtheiten, Fließgeschwindigkeiten, die nachließen und in spritzenden Punkten und Strichen endeten. Oberflächen, die besonders nass aussahen, uneinheitliche Schichthöhen, unkontrollierbares Fließen oder gar nichts. Nichts konnte als Verstopfung interpretiert werden, aber ich unterscheide zwischen einem Vorkörper, der eine Verstopfung verursacht, und dem Abbruch der Extrusion aufgrund eines Fehlers im Fließsystem, der auf eine allmähliche Verdichtung des Tonmaterials zurückzuführen ist. Das Fließsystem ist der Ausgleich der Kraft, die erforderlich ist, um das Tonmaterial durch eine kleine Düsenöffnung zu extrudieren. Ich habe das Gerät verwendet, weil es sich schnell und einfach auseinandernehmen und in das Innere schauen lässt, um herauszufinden, was vor sich geht.

Meines Erachtens ist es eine Gratwanderung, alle Kräfte, die auf die Strömung wirken, richtig einzustellen. Bei dieser Düsengröße werden die Parameter oder der Spielraum enger, und meiner Interpretation nach ist es die Verdichtung des Materials, die den Fluss stoppt. Es ist eine subjektive Interpretation, aber rohe Gewalt ist hier nicht die Antwort. Mehr Kraft verdichtet die Dinge nur noch mehr und die Probleme nehmen zu. Hier könnten wir das Zen des Clay-Extrusionsdrucks in Betracht ziehen. Sie müssen mit Ihrem Prozess und Ihrem Instrument im Einklang sein.

Ich war überrascht, wie wenig Kraft/Druck erforderlich war, um die Dinge in Bewegung zu halten. Je weicher der Ton war, desto weniger Druck wurde von der Zuführung benötigt, aber die Schraube musste sich mehr drehen. Ich habe die Beobachtung gemacht, dass der Ton mit zunehmender Steifigkeit mehr "Biss" für die Schraube bietet, so dass für steiferen Ton weniger Schraube benötigt wird. Ich diskutiere darüber, ob die Kraft, die erforderlich ist, um den Ton durch die Düse zu extrudieren, unabhängig von der Größe, von der Kraft hinter der Tonzufuhr oder von der Schnecke kommt. Drückt der Vorschub den Ton durch, und die Schnecke hilft ihm nur dabei und steuert das Anhalten/Starten? Oder ist es die Schnecke, die den Ton durch die Düse drückt, und die Zuführung bietet den Ton nur der Schnecke an? Nach meinen Beobachtungen ist es eine Kombination aus

beidem. Eine Änderung der Vorschubkraft oder der Schneckengeschwindigkeit scheint sich auf die Extrusion auszuwirken, so dass meiner Meinung nach beide Faktoren wichtig sind. Nach diesen Experimenten mit einer

Wenn man eine kleine Düse hat, bei der Erfolg oder Misserfolg fein ausbalanciert ist, weil die kritischen Punkte kleiner werden, bin ich umso mehr von der Bedeutung der Beziehung zwischen den beiden überzeugt.

Als der Extrusionsfluss zu einem Problem wurde und sich verlangsamte oder stoppte, stellte ich fest, dass die Verdichtung, von der ich sprach, am Ende des Schneckenzyinders kurz vor der Verengung lag, die in die Düse führte. Da die Maschine eine Luerlock-Düse verwendet, war es einfach, die Düse abzunehmen und die Verdichtung in der Düse zu überprüfen, aber ich hatte den Eindruck, dass dies nur selten der Fall war. Das Problem lag an der Stelle, an der das Volumen des Schneckenzyinders in den Düsenauslass einmündet.

Es stellt sich also die Frage, ob die Schnecke bis zu diesem Punkt gehen sollte. Bisher hatte ich mit größeren Düsen in diesem Bereich keine Probleme, aber da ich an dieser Stelle verdichteten Ton bekam, wurde ich aufmerksam. Unten sehen Sie ein Bild des Druckkopfs, des Luerlock-Anschlusses und der Düse. (Ich halte einen anderen Luerlock-Anschluss, damit Sie den problematischen Bereich im Inneren sehen können)



Ursprünglich ragte die Schraube nur knapp aus dem Druckkopfzylinder heraus, so dass beim Zusammenschrauben ein Spalt zwischen Schraubenende und Düsenloch entstand. Der Schraubenschaft war lang genug, um die Schraube zu verlängern und die Schraube buchstäblich gerade in das Düsenloch einzuführen. Dies war eine ziemlich langatmige Art zu sagen, dass ich meiner Meinung nach die Frage beantwortet habe, ob die Schraube bis zum Ende gehen sollte, da sie einen großen Unterschied für einen konstanten freien Materialfluss gemacht hat. Dies mag für dieses Druckkopfmodell spezifisch gewesen sein, ist aber ein wichtiger Konstruktionsaspekt, da es keinen Spalt zwischen dem Ende der Schraube und einer Verengung oder Verkleinerung in der Düse geben darf.

Eine weitere Frage war, ob die Schraube im Druckkopfzylinder fest sitzen sollte. Da die Arbeit mit dieser Düsengröße kritisch ist, war dies eine gute Gelegenheit, dies zu untersuchen. Ich hatte zwei ähnliche Druckköpfe, und so konnte ich in einen eine Schraube einsetzen, die fest in den Druckkopfzylinder passte (links im Foto). In den zweiten Druckkopf habe ich eine schmalere Schraube eingesetzt, die lose im Druckkopfgehäuse sitzt (rechts im Bild).



Während ich den Soft Clay geladen hatte, experimentierte ich nicht mit wechselnden Schrauben. Mit dem geladenen Soft/Medium-Clay erstellte ich drei gcode-Dateien, die alle die gleiche Form hatten, nämlich ein Oval (2 x 3 x 2 cm), das wie abgebildet mit einer Schichthöhe von 1 0.4,0.3mm0.2 geschnitten wurde.



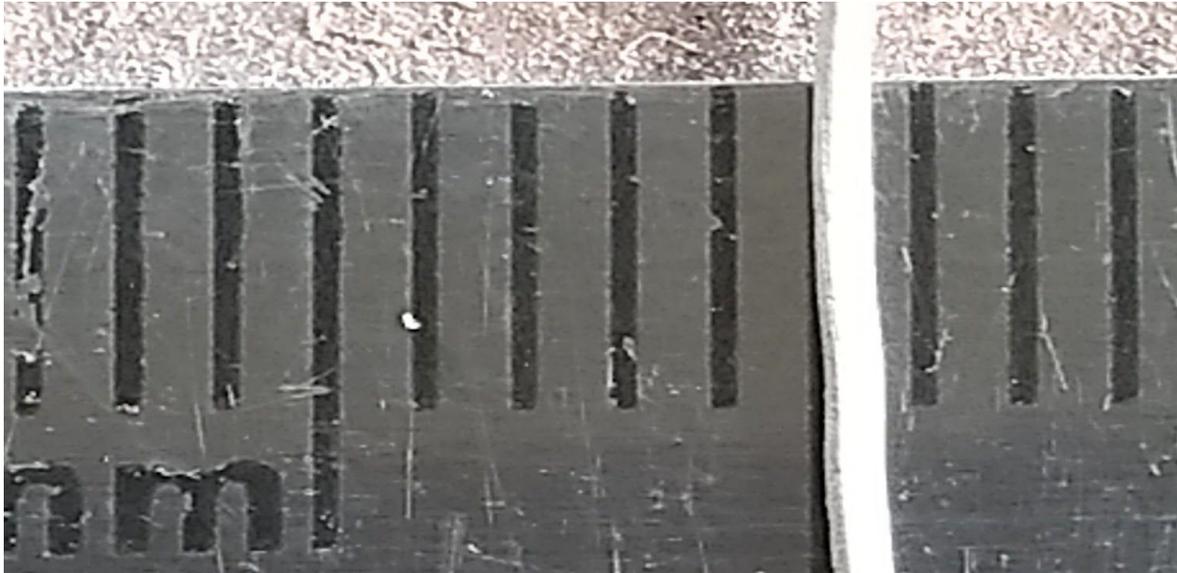
Anschließend druckte ich jede Datei ohne Einstellungsänderungen mit beiden Schrauben. Auf dem Foto kann ich mich nicht mehr erinnern, welche Reihe, die vordere oder die hintere, mit welcher Schraube versehen war, aber wie man sehen kann, gab es keinen offensichtlichen Unterschied im Druckergebnis, ob die Schraube fest in der Druckkopfkammer saß oder locker. In Anbetracht des Volumens der beiden Schrauben, wobei die größere Schraube ein tieferes Gewinde hat, hätte ich erwartet, dass es einen Unterschied gibt, aber es gab keinen. Ich hatte also ein Ergebnis mit weichem/mittlerem Ton und kam zu dem Schluss, dass die Beschaffenheit der Schraube keinen allzu großen Einfluss auf den Extrusionsfluss hat.

Dann wechselte ich zum Medium Clay, immer noch mit der breiteren, fest sitzenden Schraube an Ort und Stelle. Dieses Mal war das Ergebnis viel eindeutiger. Mit dem steiferen Ton konnte ich das System nicht genug verlangsamen, um eine Verdichtung beim Übergang von der Schneckenkammer zum Düsenausgang zu verhindern. Ich reduzierte den "Durchfluss" sowohl in der Schneidesoftware (Cura) als auch auf dem LCD-Bedienfeld der Maschine, und jedes Mal, wenn ich die Maschine gereinigt hatte, ließ der Durchfluss im Laufe des Drucks aufgrund von Verstopfung und Verdichtung allmählich nach. Meines Erachtens liegt dies daran, dass durch die festsitzende Schraube im Druckkopf zu viel Druck oder Kraft erzeugt wird. Ich wechselte zu der dünneren Schraube, die lose in der Kammer sitzt, und diese Kombination erwies sich für den Rest meiner Tests als erfolgreich.

Mit der

steiferem Ton war die lose Schraube nicht so stark wie die feste Schraube. Meine Erklärung ist der Punkt, den ich über "Biss" gemacht habe. Wenn der Ton steifer wird, wird die Schraube effizienter beim Durchdrücken des Tons.

Prozess



Lehm-Extrusion aus mm-Düse0.6

Ich konnte die **weiche** Knete nicht gut drucken. (Foto unten) Ich begann mit dieser Knete, um sicherzugehen, dass ich eine Art von Extrusion erreichen würde. Das Problem, das ich hatte, war die Kontrolle des Flusses. Mit etwas mehr Tüftelei könnte ich vielleicht ein besseres Ergebnis erzielen, aber ich war mir sicher, dass ich mit der Soft/Medium-Knete bessere Ergebnisse erzielen würde, also ging ich zu dieser über. Mit der weichen Knetmasse gab es eine Menge Verzerrungen der Form und einen uneinheitlichen Fluss.



Soft Clay Drucktests

Bei der Soft/Medium-Mischung kam es anfangs zu Extrusionsstopps aufgrund von Druckkopfverdichtungen. Es schien, dass ich weniger Kraft als erwartet brauchte, um den Ton durch das System zu bekommen. Nach dem Reinigen floss es, aber allmählich verstopfte es. Sobald die Verdichtung einsetzt, wird die Verstopfung immer schlimmer. Meine Lösung bestand darin, alles herunterzudrehen und die Tonzufuhr mit Hilfe des Luftdrucks und einer angemessenen Menge an Schrauben langsam zu erhöhen. Übermäßige Verschraubung war eine

häufiges Problem. Ich war überrascht, wie wenig Luftdruck ich benötigte. Ich habe mit 2,2 bar gearbeitet, das ist viel weniger, als ich normalerweise für die Förderung von Ton verwende. Normalerweise sind es eher 4 bis 6 Bar Druck. Porzellan braucht zwar weniger Druck, aber ich hatte nicht erwartet, dass er so niedrig sein würde. Ich würde erwarten, dass der Tonbehälter bei diesem Druck kaum oder gar nicht entwässert. (Bei einem Druck von mehr als 4 bar beginnt das Wasser, sich zu trennen oder aus der Tonmischung herausgedrückt zu werden) Für den weichen/mittleren Ton lag die Durchflussrate der Schnecke bei 40 %.



Weiche/Mittlere Mischung - Schichthöhenprüfung: links mm0.4, Mitte 0,3mm, rechts mm0.2

Nachdem das System funktioniert hatte, begann ich mit einigen Tests zur Schichthöhe. Ich begann mit einem Verhältnis von 1 Höhe zu 3 Breite, das ist das Verhältnis, das ich mit einer 2 mm-Düse verwende. Mit einer 0,6-mm-Düse betrug die Schichthöhe also 0,2 mm. (Rechts im Bild) Ich druckte mit einer einzelnen Haut, um die Stabilität der Wand zu testen, aber ich hatte das Gefühl, dass sie zu stark verdichtet war. Mein nächster Test erfolgte mit einer Schichthöhe von 0,3 mm, was einem Verhältnis von 1:2 entspricht. (Mitte auf dem Foto) Um zu sehen, wie eine Schichthöhe von 0,4 mm aussehen würde, habe ich auch das gemacht (links auf dem Foto). Mit bloßem Auge ist ein Unterschied zu erkennen, aber da dieser zwischen den drei Drucken nicht signifikant ist, habe ich mit der 0,4er-Schichthöhe weitergemacht, da dies die kürzeste Druckzeit bedeutet. Die 0,4 mm Schichthöhe war auch die stabilste. In den länglichen Kästen unten sind die beiden linken mit einer Schichthöhe von 0,4 mm und die rechte Form mit 0,35 mm gedruckt, ein fast unmerklicher Unterschied.

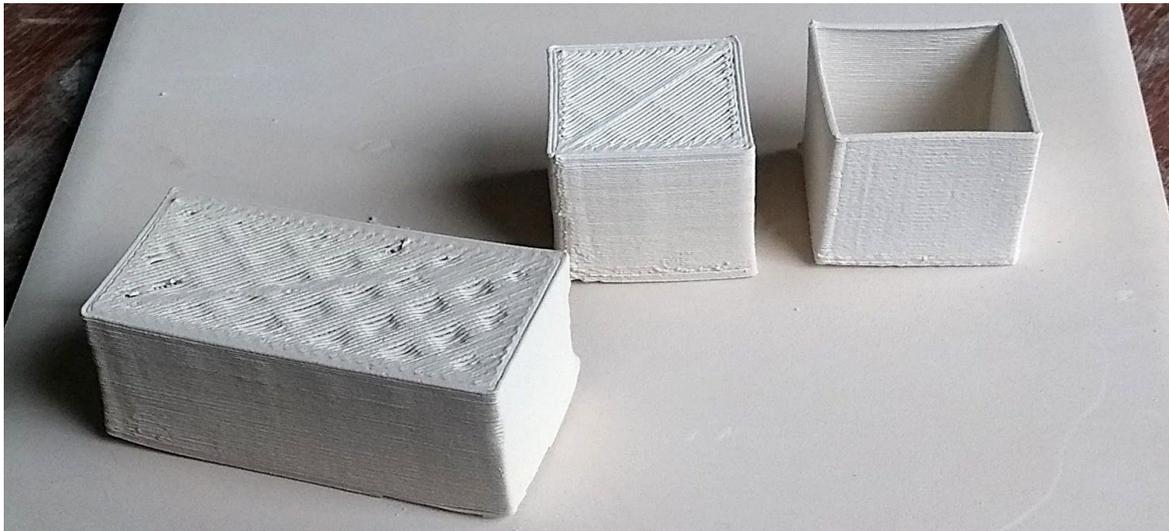


Soft/Medium Drucktests - Überschaubung am linken Druck. Mitteldruck, Schichthöhe rechter0.4, Druck mm0.35

Beim Übergang zum steiferen Ton **mittlerer** Konsistenz waren weitere Anpassungen erforderlich, um einen gleichmäßigen Fluss zu erreichen. Auch hier war ich zunächst blockiert, da ich dachte, ich bräuchte mehr Kraft für den steiferen Ton. Die endgültige Einstellung, die sich nach allem, was ich

weiß, ändern könnte, wenn ich sie an einem anderen Tag wiederholen würde, lag bei einem Druck von einem Bar 2.5. Das ist etwas mehr als der Druck, 2.2 der für die

weicherem Ton. Dies ist zu erwarten, da man bei steiferem Ton davon ausgehen würde, dass mehr Kraft erforderlich ist, um den Ton durch das schmale Zuführungsrohr zum Druckkopf zu befördern. Die Durchflussrate bzw. Schneckengeschwindigkeit musste jedoch von 40 % für den weichen/mittleren Ton auf 20 % für den steiferen mittleren Ton gesenkt werden. Die Schneckendrehung musste verlangsamt werden, da es sonst zu überdrehenden Mustern auf der Druckoberfläche und im schlimmsten Fall zu Verdichtungen im Druckkopf kam. Beim Drucken der obersten Schicht über der Füllung wäre eine weitere Verringerung der Fließ-/Schneckengeschwindigkeit sinnvoll, um ein Absacken der Extrusion zu vermeiden.



Tests mit Tonabdrücken

Schlussfolgerung

Das Verfahren der Tonaufbereitung besteht also aus dem Mischen und Sieben in einer Kugelmühle.

Mir gefällt die Idee einer festen Schraube, aber dafür bräuchte man unterschiedlich große Druckköpfe für unterschiedlich große Arbeiten und Düsen.

Wenn ich mit einer größer werdenden Düsengröße arbeite, ist es meine Vorliebe, dass das Verhältnis von Schichthöhe zu Düsengröße zunimmt. Hier nahm es ab, und zwar ganz erheblich. Solange das System im Gleichgewicht bleibt und es nirgendwo zu einer Verdichtung des Materials kommt, fließt alles, aber sobald Probleme auftreten, werden sie nur noch schlimmer.

5 - JK Drop Spike - Werkzeug zur Messung der Tonkonsistenz

Dieses einfache Fallspitzgerät hat sich als erstaunlich beständig und genau für die Messung der Konsistenz von Tonmassen erwiesen. Das Prinzip besteht darin, einen Eisenspieß aus einer konstanten Höhe auf eine Tonprobe fallen zu lassen, und zwar durch ein Führungsrohr. Die Länge des Eindringens in den Ton, gemittelt über eine Anzahl von Versuchen, wird aufgezeichnet und ergibt eine Messung in Millimetern. Diese "Spike"-Messung bietet ein Analyseinstrument für den Vergleich verschiedener Tonmischungen oder ein Messverfahren zur Gewährleistung einer konstanten Konsistenz zwischen verschiedenen Mischungen. Damit die Messungen zwischen den Anwendern verglichen werden können, wurde das Werkzeug unten standardisiert.



Der Dorn wird aus einer Eisenarmierung von 10 mm Durchmesser hergestellt. Das Ende des Dorns wird in einem Winkel von 60 Grad geschliffen. Sobald das Ende geformt und geglättet ist, wird die Länge des Stabes nicht durch die Länge, sondern durch das Gewicht von 200 Gramm bestimmt. (Als Anhaltspunkt ist mein Spike 328 Millimeter lang) Schließlich wird auf dem Spike 100 Millimeter von der Spitze entfernt eine Tropfenführungslinie markiert. Dann wird ein Tropfenführungsrohr angefertigt, das eine Länge von Millimetern 200 hat. Mein Führungsrohr hat einen Innendurchmesser von mm 13 und ist aus einem Kupfer-Gasrohr-Abschnitt gefertigt. Das Material und der Durchmesser dieses Führungsrohrs sind nicht wichtig, solange der Spike ungehindert hineinfällt.

Zur Verwendung des Geräts wird das 200-mm-Führungsrohr auf die Tonprobe oder das Gemisch gelegt. Platzieren Sie den Dorn im Inneren des Führungsrohrs, so dass die Markierung des Dorns mit der Oberseite des Führungsrohrs auf gleicher Höhe liegt. Der Dorn befindet sich dann 100 mm über dem Ton im Rohr. Lassen Sie den Dorn fallen und achten Sie darauf, dass er nicht weiter in den Ton eindringt, heben Sie das Führungsrohr an und ziehen Sie dann den Dorn mit einer Drehung aus dem Ton. Die Drehung hilft, eine eindeutige Tonmarkierung auf dem Dorn zu hinterlassen. Messen Sie von der Spitze des Spießes bis zum Ende der Tonmarkierung, um festzustellen, wie weit der Spieß in den Ton gesunken ist.