

programmable textiles

Ronny Haberer - info@ronnyhaberer.de

4D Printing beschreibt die Selbstmontage von 3D-gedruckten Objekten. Die vierte Dimension steht stellvertretend für die benötigte Zeit der Verformung.

Grundlage ist das Zusammenziehen eines Textils, welches unter Spannung mittels 3D-Druck partiell verstärkt wurde. Das Erstellen eines Regelkataloges für dieses Verhalten und die weitere Erforschung des Verfahrens war Ziel des Projektes. Die Verformung lässt sich mathematisch über eine Minimalfläche beschreiben und kann über diesen Ansatz entsprechend simuliert werden. Die Verformung von 3D-Druck und Textil wurde mit der CAD-Software „Rhinozeros 5.0“ in Verbindung mit dem Plugin „Grasshopper“ realisiert und um eine Oberfläche zur Eingabe erweitert.

Die simulierten Ergebnisse wurden mit Versuchsdrucken verglichen, sodass die Simulation Druckergebnisse für einfache Strukturen und Muster verlässlich generiert. Dadurch können Zeit und Material eingespart werden. Die beiden Greifer-Modelle zeigen, dass textiles 4D Printing geeignet ist, um leichte und flexible dreidimensionale Objekte aus einer Fläche zu erzeugen.

Ergebnisse zur Nutzbarkeit von 4D Printing wurden vom „Self-Assembly Lab“ am „MIT“ veröffentlicht.¹ 2015 wurde dort ein Schuh vorgestellt, welcher aus einer 3D-bedruckten Fläche entstand. Was damals fehlte war ein Ansatz für eine breite Zugänglichkeit der Technologie. Hier kann eine Simulation als Regelwerk in Verbindung mit einer Druckanleitung einen Beitrag leisten. Der Fokus soll im Folgenden auf der Simulation liegen.

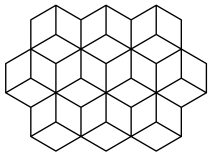
4D Printing describes the self assembly of 3D printed objects over a period of time.

With a structure printed on a stretched fabric, it is possible to “program” a textile. The goal of the project was to discover rules and evaluating the possibilities of this technology. After several test prints, I decided to script a simulation with „Rhinozeros 5.0“ and the plugin „Grasshopper“ to make predictions about the behaviour of the textile.

This shortcut saves time and material, simulating the effect of different structures on the fly. The two models show the usability of 4D printing in combination with fabric to generate objects, which are flexible and lightweight, from a surface.

In 2015, the „Self-Assembly Lab“ at „MIT“ published studies about the usability of 4D printing and presented a shoe which was printed with the help of that technology. Unfortunately, a concept for making the technology widely available was missing. For that reason, a simulation could be used to evaluate rules and generate own structures for 3D printing on textiles.

¹ <http://www.selfassemblylab.net/ActiveShoes.php>



programmable textiles



Probedrucke, Fotograf: Ronny Haberer



Freischneiden, Fotograf: Ronny Haberer

Als Verfahren wurde die Schmelzschichtung (FDM) mit Nylon-Filament genutzt um ein Textil, welches einen ausreichend hohen Nylonanteil aufweist, zu strukturieren. Erste Versuche wurden auf einem „Ultimaker 2“ unternommen. Die Erkenntnisse aus diesen Drucken wurden in die Software eingepflegt. Im späteren Verlauf des Projektes konnte die Simulation selbst zur Strukturfindung genutzt werden. Die Endmodelle wurden auf einem, eigens für diese Anwendung konzipierten, Spezialdrucker gedruckt, welcher ein ausreichend großes Druckbett besaß.

Folgendes Szenario ist möglich. Der Benutzer definiert, in Verbindung mit dem gewünschten Zweck, für sich die notwendige Richtung der Verformung. Eine erste Form wird in die Simulation eingegeben. Diese kann bereits mit Erfahrungswerten angereichert werden. Die Eingaben können nun kontinuierlich angepasst und simuliert werden bis sie das gewünschte Endergebnis liefern. Im Anschluss kann die Struktur gedruckt und freigeschnitten werden.

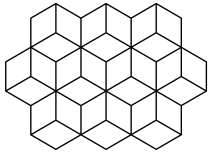
Um den Anteil von „Trial and Error“ zu reduzieren, ist eine reduzierte Eingabe über die gewünschte Verformungsrichtung denkbar. Die Software kann dies allerdings noch nicht leisten. Eine Demonstration der Software ist unter folgendem Link zu sehen: <https://vimeo.com/228778791> Das gezeigte Video-Rendering der Verformungen ist ebenfalls über die Software möglich.

The Fused Deposition Modeling technology (FDM) with nylon filament was chosen to structure the nylon fabric. First drafts were carried out on a „Ultimaker 2“. I used the experience from these prints to improve the software. Later in the project, the algorithm was used to generate structures for the prints. The final models were realised on a special large scale printer, which was especially built for 3D printing on textile.

As follows is a possible scenario for the software. As an initial step, the user defines the kind of deformation dependent on the purpose of the printing. A first shape is entered into the simulation, based on possible experiences of the user. Then, the simulations can be shaped step by step to merge with the task. If the structure works well enough, the curves could be exported, printed and cut out in the end.

A minimal input reduced to the desired directions for the deformations of the model could help to reduce the amount of necessary steps and the percentage of „trial and error“. This cannot be achieved by the current algorithm yet.

A demonstration of the workflow can be viewed on: <https://vimeo.com/228778791> Video rendering of the deformation itself is already possible as shown at the end of the video.



programmable textiles



4D-Hand, Fotograf: Patrick Bösch

Als Endmodelle möchte ich zwei Greifer vorstellen, die von der Simulation inspiriert und im Verlauf des Projektes entstanden sind. Die Hand stellte in Proportionierung und Aufbau eine große Herausforderung unter dem Gesichtspunkt des 4D Printing dar. Die Struktur musste in der Fläche aus mehreren kleinen funktionalen Elementen zusammen gesetzt werden um einen guten Kompromiss aus Nachbearbeitung und generierter Verformung zu finden.

Aus den Testläufen zu den Fingern der Hand entstand der Drei-Punkt-Greifer, welcher sich nach dem Freischneiden sehr gut in die gewünschte Endform begibt.

Die Modelle zeigen, dass der Ansatz „Self Assembly“ in Verbindung mit 3D-bedruckten Textilien genutzt werden kann, um komplexe funktionale Formen aus einer Fläche zu erzeugen. Bei beiden Greifern lässt sich die Greifbewegung über einen geführten Nylonfaden ausführen, welcher in den nachträglich verschweißten Fingerkanälen verläuft. Dadurch lässt sich ausreichend Kraft transportieren um Objekte zu heben.

Ein entsprechendes Video ist unter folgendem Link zu sehen: <https://vimeo.com/228952716>

Drei-Punkt-Greifer, Fotograf: Patrick Bösch

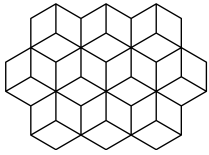


There are two final models as the outcome of the work with the simulation in the project. The hand was a challenging concept in regard to proportion, size and assembly. The structure printed on the surface had to be divided into its functional elements to find a compromise between post-production and self-assembling.

A concept for a three-point-gripper was created based on test prints for the fingers of the hand. This gripper takes the desired shape easily and is therefore a good example for self-assembly.

The two models show the usability of 4D printing in combination with fabric to generate objects, which are flexible and lightweight, from a surface. The gripping movement is realised with a nylon thread lead through the channels of the fingers, which were welded together.

A demonstration of the gripping movement can be viewed on: <https://vimeo.com/228952716>



programmable textiles

Als Ausblick steht eine Optimierung der Simulation hinsichtlich der Geschwindigkeit der Berechnungen, Eingabe und Benutzbarkeit.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Patrick Bösch für den vorbereitenden Fachkurs „Programmable Textiles“ im Wintersemester 17/18 und die Unterstützung bei der Umsetzung der Modelle bedanken.

Die Endmodelle des Projekts wurden in Verbindung mit der Software während der Messen „Rapid.Tech + FabCon 3D“ gezeigt und am 20. Juni 2017 im Rahmen der „3D Pioneers Challenge“ in der Kategorie FashionTech ausgezeichnet.²

Next steps for the simulation are optimisations dealing with run time, input and usability.

I want to thank Patrick Bösch for the preparatory course „Programmable Textiles“ in the winter term 17/18 and the support with producing the models.

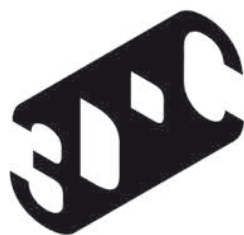
In June 2017, the project, software and models was awarded winner at the „3D Pioneers Challenge“ in the category FashionTech and exhibited at the „Rapid.Tech + FabCon 3D“.



Bildquelle: Messe Erfurt GmbH, Fotograf: Christian Seeling



Hand - Nylon Bowden, Fotograf: Ronny Haberer



**3D Pioneers
Challenge**
Winner 2017

² <https://www.3dpc.io/de>