

# Additive Manufacturing mit Endlosfaserverstärkung und duromeren Harzsystemen

## Erarbeitung eines Druckkopfs zur additiven Fertigung von Bauteilen aus Endlosfasern und duromeren Harzsystemen

Diplomand



Alessandro Cuccaro

### Ausgangslage:

In den vergangenen 10 Jahren konnten im Bereich der additiven Fertigung mit Kunststoffen signifikante Fortschritte beobachtet werden. Dennoch weisen die mechanischen Eigenschaften im Vergleich zu konventionell hergestellten Kunststoffbauteilen nach wie vor schlechtere Kennwerte auf. Zur signifikanten Verbesserung der Eigenschaften kann die Integration von Faserverstärkungen, insbesondere Endlosfasern, welche lastgerecht abgelegt werden, als Lösungsansatz dienen. Die verfügbaren Systeme in diesem Bereich basieren grösstenteils auf thermoplastischen Materialien. Eine Marktlücke stellen jedoch die Herstellung von «echten» Composites mit Endlosfasern und duromeren Harzsystemen in der additiven Fertigung dar. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Druckkopf konzipiert und als Prototyp entwickelt werden, welcher die Herstellung von Endlosfaserbauteilen mit duromeren Harzsystemen ermöglicht.

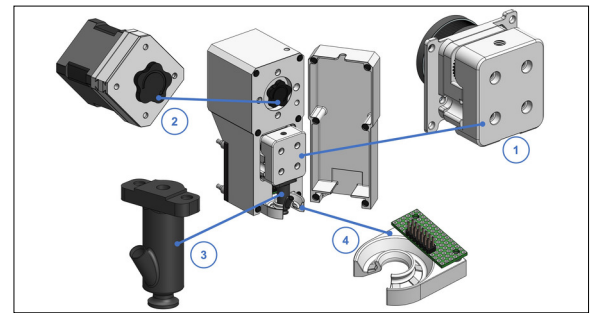
**Vorgehen:** Die durchgeführte Literaturrecherche hat ergeben, dass sich das Themengebiet zum aktuellen Zeitpunkt im Fokus der Forschung befindet. Aus diesem Grund kann kein idealer Aufbau für ein solches System definiert werden. Daher wird entschieden, einen Druckkopf zu entwickeln, welcher an einen bereits bestehenden Fused Filament Fabrication 3D-Drucker montiert werden kann. Ausserdem wird ein Harzsystem verwendet, welches durch UV-Licht aushärtet. In der Phase «Konzipieren» werden mehrere Lösungsansätze in Form von Teilfunktionen erarbeitet, in einem Rapid Prototyping hergestellt, getestet und miteinander verglichen werden - das vielversprechendste Konzept wird in die nächste Phase überführt. Konkret wurden vier Teilfunktionen entworfen und ausgearbeitet. Folgende Teilfunktionen werden für den Druckkopf benötigt:

- Ein Extruder zur schonungsarmen Förderung der Endlosfaser
- Ein Extruder zur berührungslosen Förderung des Harzsystems
- Ein Düsenkonzept zur Imprägnierung und Austragung von Endlosfaser und Harzsystem
- Ein Voraushärtungseinheit zur Aushärtung des Harzsystems

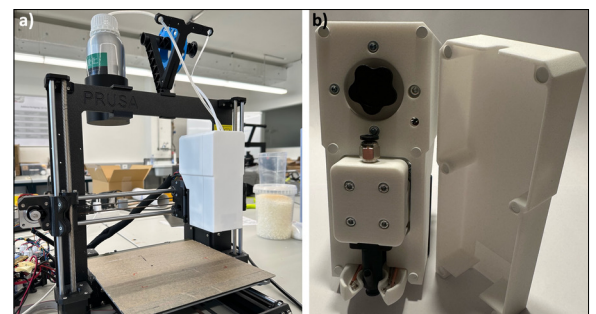
**Ergebnis:** Zur schonungsarmen Förderung der Endlosfasern wird ein Riemenextruder konzipiert. Des Weiteren erfolgt die berührungslose Förderung des Harzsystems mittels einer Peristaltikpumpe. Zur Imprägnierung und Austragung der Endlosfaser zusammen mit dem Harzsystem wird ein Verbindungsstück zwischen Riemenextruder und Peristaltikpumpe sowie eine demontierbare Düse mit Luer-Lock-System erarbeitet. Als Harzsystem wird ein Kunstharz verwendet, welches aus dem Stereolithografie-Verfahren bekannt ist.

Die Aushärtung kann durch Belichtung mit einer Wellenlänge von 405 nm erfolgen. Dazu wird ein UV-Lichtring als Voraushärtungseinheit konzipiert, in dem sechs UV-LEDs verbaut werden. Die zuvor genannten Teilfunktionen werden schliesslich zu einer Einheit, dem Druckkopf, zusammengefügt. Der Druckkopf wird durch ein Schnellwerkzeugwechsel-System an einen modifizierten Prusa i3 MK3 montiert. Zusätzlich wurde eine entsprechende Firmware für den modifizierten Prusa i3 MK3 erstellt, in welcher der Druckkopf angesteuert werden kann. Zur Verifizierung der Funktionalität des Druckkopfs wurden Testdrucke durchgeführt, welche die Funktionsfähigkeit bestätigen.

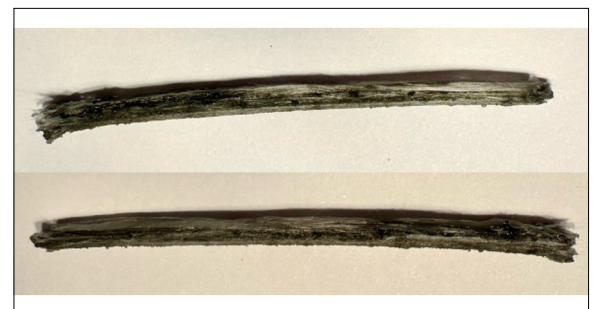
**Der Druckkopf mit den Teilfunktionen. 1: Riemenextruder, 2: Peristaltikpumpe, 3: Düsenkonzept, 4: UV-Lichtring**  
Eigene Darstellung



**Hergestellter Druckkopf. In a) montierter Druckkopf am Prusa i3 MK3 und in b) der Druckkopf ohne Abdeckung.**  
Eigene Darstellung



**Hergestellte Proben mit sieben Schichten bei einer Mix Ratio von E1:0.25 und einer Schichthöhe von 0.75 mm**  
Eigene Darstellung



### Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

### Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier,  
Hochschule Ravensburg-Weingarten,  
Weingarten, BW

### Themengebiet

Produktentwicklung,  
Fertigungstechnik,  
Kunststofftechnik