

# Optimierung des FDM-3D-Drucks von Arbeitsmodellen für die Alignertechnik – Druckmaterialien –

Corteville F, Krey K.-F., Ratzmann A

Universitätsmedizin Greifswald, ZZMK, Poliklinik für Kieferorthopädie

## Einführung:

Für die Aligner-Herstellung mittels Tiefziehtechnik werden im digitalen Workflow 3D-gedruckte Arbeitsmodelle benötigt. Neben dem subtraktiven Verfahren des Fräsens sind vornehmlich additive Verfahren des 3D-Drucks als geeignet dafür anzusehen. Dabei können drei Wege beschrrieben werden. Zum einen Laser-Stereolithographie (SLA), DLP (Digital Light Processing)-Druck und FDM (Fused Deposition Molding)-Druck. Im Moment werden überwiegend SLA und DLP Systeme genutzt. Aufgrund der interessanten betriebswirtschaftlichen Parameter soll die Verwendung von FDM Druckern in der Aligner-Orthodontie untersucht werden. Bei diesen Geräten wird ein thermoplastisches Material zum schichtweisen Aufbau des gewünschten Objekts genutzt. Dafür stehen verschiedene Druckmaterialien zur Verfügung, die spezifische Vor- und Nachteile haben.

**Ziel war der Vergleich verschiedener FDM-Materialien hinsichtlich ihrer Modellqualität.**

## Material und Methode:

Es wurden 11 Materialien getestet (Abb. 1). Pro Material wurde je ein Patientenmodell mit Attachments bukkal und lingual mittels OnyxCeph™ (Image Instruments, Chemnitz), sowie eine Testplatte mit definierten Parametern zur Erfassung von Innen- und Außenmaßen, Oberflächengüte und Detaildarstellung erstellt (Abb. 2). Alle Objekte wurden mit einem TEVO Tornado (TEVO 3D Electronic Technology Co.,Ltd., China, Abb. 3) mit 150µm Layerdicke unter sonst gleichen Bedingungen und Parametern gedruckt. Sowohl die Modelle als auch die Testplatten wurden mit einem digitalen Messschieber und einem VHX-6000 Digitalmikroskop (Keyence Deutschland GmbH, Neu-Isenburg) vermessen und die Oberflächen begutachtet. Auch Aspekte der Nachhaltigkeit wurden in die Bewertung einbezogen. Es wurde eine deskriptive Auswertung erhoben.



Abb.2: Modell und Testplatte am Bsp. ecoPLA



Abb.3: TEVO Tornado (TEVO 3D Electronic Technology Co.,Ltd.)



Abb.1: Untersuchte Materialien

## Ergebnisse:

Es zeigten fünf von den elf Materialien unter diesen Bedingungen sowohl nach metrischer Analyse als auch hinsichtlich der Oberflächengüte günstige Eigenschaften. Andere Materialien wiesen Geruchsentwicklung oder deutliche Verziehungen (Warping) auf. Teilweise wäre dies durch anders konstruierte Drucker mit beheiztem Bauraum vermeidbar. Die Genauigkeit ist bei allen verwendeten Materialien unter Beachtung der Messgenauigkeit akzeptabel.

Filamente - Bewertung							Filamente - Bewertung						
Name	Oberfläche	Geruch	Formtreue	Druckbarkeit	Bemerkung	Fazit	Name	Oberfläche	Geruch	Formtreue	Druckbarkeit	Bemerkung	Fazit
BioFila	+++	+	+++	+++	biologisch abbaubar	●	ApolloX light grey	++	-	++	++		●
EcoPLA	++	+	+++	+++	biologisch abbaubar	●	EasyFil™	+	---	-	+	hohe Drucktemp., geschlossener Bauraum zu empf., Layerhaftung schwierig	●
Patona PLA	+++	+	+++	+++		●	HIPS					hohe Drucktemp., geschlossener Bauraum zu empf., Warping, Layerhaftung schwierig, Strukturen krümelig	●
Zortrax	+	-	++	++	geschlossener Bauraum zu empf., Haftung schwierig	●	PMMA schwarz	-	--	-	--	hohe Drucktemp., geschlossener Bauraum zu empf., Warping, Layerhaftung schwierig, Strukturen krümelig	●
Z-Glass							Green Tech pro	+++	-	+++	+++	biologisch abbaubar	●
PETG	++	-	+++	+++		●							
nGen	++	-	++	+++	Warping	●							
Nylon	+++	-	++	-	geschlossener Bauraum empf., schwierige Haftung	●							

Legende: +++ sehr gut, ++ gut, + in Ordnung, - ausreichend, -- mangelhaft, --- ungenügend

## Schlussfolgerung:

Als geeignetste Materialien können PETG (Glykol modifiziertes Polyethylenterephthalat), PLA (Polylactid), modifizierte Biopolymere und Lignin-basierte Filamente empfohlen werden. Die letzten drei sind aufgrund der biologischen Abbaubarkeit aus unserer Sicht zu bevorzugen. Modifizierte Biopolymere (z.B. Biofila) und Lignin-Filamente (z.B. GreenTech Pro) können als Fazit als die besten Druckmaterialien angesehen werden.

