

# Auf dem Weg zur gipsfreien Praxis

## 3-D-gedruckte kieferorthopädische Arbeitsmodelle

Wie praxisrelevant ist der 3-D-Druck für das Herstellen kieferorthopädischer Modelle und welche Verfahrenstechniken bzw. 3-D-Drucker kommen zur Anwendung? In diesem Beitrag wird der 3-D-Druck von Modellen für die Diagnostik und Planung sowie für das Herstellen von Apparaturen dargestellt.

### Digitale Modelle in Diagnostik und Planung

Studienmodelle sind in der kieferorthopädischen Praxis elementarer Bestandteil der Diagnostik und das Erarbeiten des Therapieplanes. Mit der Verbreitung von Intraoralscannern werden konventionelle Gipsmodelle zunehmend von virtuellen Modellen abgelöst. Nach einer gewissen Einarbeitungszeit sind die digitalen Bilder in der Vermessung als gleichwertig anzusehen. Ein Ausdruck zu diagnostischen Zwecken erscheint schon heute obsolet. Es gelten gleiche gesetzliche Aufbewahrungsfristen wie für konventionelle Modelle.

### Digitale Fertigungstechnologien in der Kieferorthopädie

Ein mindestens ebenso großer Anteil der im kieferorthopädischen Labor gefertigten Gipsmodelle dient als Ausgangspunkt für das Herstellen von aktiven Platten, funktionskieferorthopädischen und festsitzenden Geräten, wie z. B. Transpalatinalbögen, Lingualbögen, Apparaturen zur Gaumennahterweiterung oder Aligner. Beim Vorliegen digitaler Daten kann das kieferorthopädische Arbeitsmodell mittels subtraktiven (Fräsen) oder additiven Verfahren (3-D-Druck) gefertigt werden. Ersteres ist zwar sehr genau, aber langfristig als nicht wirtschaftlich anzusehen. Die Zukunft wird dem 3-D-Druck gehören.

### 3D-Druckverfahren in der Kieferorthopädie

Es sind mehrere im Moment gebräuchliche Verfahren zu nennen:

- **Fused Deposition Molding (FDM)**  
Ein thermoplastisches Material

wird nach dem Erwärmen über eine Düse auf die Bauplattform extrudiert und das Objekt aus eng beieinanderliegenden Strängen aufgebaut. Druckmaterialien sind u. a. PLA (Polylactid), ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer) oder PET-G (mit Glykol modifiziertes Polyethylenaphthalat; Abb. 1). Diese sind deutlich günstiger als Druckmaterialien für alle anderen Verfahren. Es ist fast keine Nachbearbeitung notwendig. Bei hoher Genauigkeit ist die Oberflächengüte etwas geringer als bei DLP-Druckern. Die typische Schichtstärke ist 0,1 bis 0,2 mm (z. B. German RepRap X350pro, German RepRap GmbH, Feldkirchen).

- **Digital Light Processing (DLP)**  
Das Objekt wird aus einem photoreaktiven Polymerbad schichtweise durch Härtung mit einem Beamer erstellt. Der Bauraum ist meist kleiner als bei FDM-Druckern und wird von der Relation Beamer-Auflösung zu gewünschter Pixelgröße bestimmt. Die Drucker sind wartungsarm und bei einer Schicht-



Abb. 1 FDM-gedruckte Modelle (PET-G) auf der Bauplattform mit Hufeisensockel für die Alignerherstellung.

stärke von 0,05–0,1 mm sehr genau. Zudem gibt es eine Vielzahl von Materialien für diverse Indikationen, z. B. Modelle, provisorische Kronen, individuelle Abformlöffel. Grundsätzlich sind nach dem Druck eine Nachbehandlung zum Lösen der Monomerreste, eine Trocknung und eine zweite Lichthärtung mit einem speziellen Gerät notwendig. Die gedruckten Objekte können teilweise als Klasse-IIa-Medizinprodukt länger im Mund des Patienten bleiben. (z. B. Sheraprint D30, Shera Werkstoff-Technologie, Lemförde)

- **PolyJet Printing**

Dieses Verfahren ist vergleichbar mit einem klassischen Tintenstrahldrucker. Es werden Tröpfchen eines Fotopolymers auf ein Druckbett aufgebracht, lichtgehärtet und die nächste Schicht darüber aufgebracht. Aus Schichten von meist 0,1 mm Stärke entstehen genaue Objekte mit hoher Oberflächenqualität. Mittlerweile ist eine Vielzahl von Materialien für diese Geräte erhältlich. (Beispiel: Objet OrthoDesk, Stratasys Ltd., Min., USA).

- **Stereolithographie (SLA)**

Vergleichbar mit dem DLP-Verfahren erfolgt die Härtung mittels Laser (z. B. Form 2, Formlabs Inc. Somerville, USA).

Verfahren wie selektives Lasersintern (SLS) sind für die kieferorthopädischen Anwendungen im Moment nicht vordergründig interessant.

## Das gedruckte Modell in der Aligner-Therapie

Eine häufige Indikation für den 3-D-Druck ist das Herstellen von Arbeitsmodellen für die Alignertechnik. Alle vorgestellten Verfahren sind prinzipiell dazu geeignet, Modelle von hinreichender Genauigkeit und Ober-



**Abb. 2** Modellpaar gedruckt mit nGen-Material (co-Polyester, colorFabb, Belfed, Niederlande) im Artikulator mit Fixation durch Schrauben.

flächengüte zu erzeugen (Abb. 2). Unterschiede gibt es hinsichtlich der Größe des Bauraums, der Geschwindigkeit und der gewünschten Anzahl an Modellen. Insbesondere bei FDM-Modellen ist auf ausreichende Wandstärke zu achten, um genügend Stabilität (z. B. für das Tiefziehverfahren) zu gewährleisten. Je nach Gerät lassen sich bis zu 15 Modelle in einem Arbeitsgang drucken. Je mehr Modelle benötigt werden, desto länger die Druckzeit. Für ein Modell ist etwa mit 45–60 min zu rechnen. Wenn von einem höheren kontinuierlichen Aufkommen an Modellen ausgegangen werden kann, ist ein PolyJet-Drucker eine sinnvolle Alternative. DLP-Drucker können meist nur eine geringere Anzahl von Modellen drucken, bieten aber dafür eine größere Flexibilität.

## Das gedruckte Modell für konventionelle KFO-Geräte

Auch Arbeitsmodelle für andere Geräte sind mittels 3-D-Druck herstellbar. Für die laborseitige Herstellung von Transpalatinalbögen können im Vorhinein die für die Bänder ausgewählten Zähne virtuell separiert und z. B. mit einer Lücke mesial und distal des Molaren gedruckt werden. Auch das Herstellen von akti-

ven Platten und funktionskieferorthopädischen Geräten ist möglich. Hier ist auf die entsprechenden Materialien und ggf. eine Kunststoff-zu-Kunststoff-Isolierung zu achten. Bei der Wahl des Fixators ist zu bedenken, dass ein herkömmliches Befestigen mit Gips nicht möglich ist. Für Apparaturen zur Gaumennahterweiterung sind gedruckte Modelle nur beim Verwenden eines Lasers oder Mikroimpuls-Schweißgerätes geeignet. Löten ist aufgrund der mangelnden thermischen Stabilität nicht möglich.

## Fazit

Für den Einstieg in den 3-D-Druck ist ein FDM-Drucker aufgrund der geringen Anschaffungs- sowie Materialkosten durchaus zu empfehlen. Gerade bei den Bausätzen sind etwas handwerkliches Geschick sowie Grundkenntnisse in der Funktion von Mikrocontrollern vorteilhaft, aber keine Voraussetzung. Im Moment ist der digitale Workflow mit 3-D-gedruckten Modelle noch nicht hinreichend im GKV-System abgebildet, langfristig ist aber ein kompletter Umstieg auf CAD/CAM-basierte Fertigungstechnologien – ähnlich wie beim Übergang vom analogen zum digitalen Röntgen – denkbar.



**Prof. Dr. Karl-Friedrich Krey, MME**

Poliklinik für Kieferorthopädie  
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Universitätsmedizin Greifswald  
E-Mail: kreykf@uni-greifswald.de