



Schnittstelle Zahnmedizin – Zahntechnik Der Multimaterial-3-D-Druck

Der 3-D-Druck erlebt als additive Fertigungsart hohen Zuspruch. Zunehmend verändern sich Einsatzgebiete; die zu druckenden Materialien haben sich erweitert, z. B. auf Kunststoff, Metall, Keramik und sogar menschliches Gewebe. Wie ist der Status quo in der prothetischen Zahnmedizin?

Im Dentalbereich ist die additive Fertigung bereits längere Zeit etabliert. Beim Lasersinterverfahren werden Kronen- und Brückengerüste aus einer Metalllegierung „gedruckt“. Zudem wird seit Jahren die Stereolithografie angewendet, z. B. für Bohrschablonen oder Modelle. An Popularität gewonnen hat der 3-D-Druck als zahlreiche Geräte mit attraktivem Preis-Leistungsverhältnis

auf den Markt kamen. Viele Labore und Praxen drucken z. B. Modelle, Bohrschablonen, Abformlöffel und Schienen. Zum Einsatz kommen fotopolymerisierende Materialien (Harze, Kunststoffe). Während die Technologie gut ausgereift ist, sind die Werkstoffe für den definitiven Zahnersatz noch ein neuralgischer Punkt. Einerseits müssen die Materialien hinsichtlich ihres Einsatzes im Mund den Anforderungen des Medizinproduktegesetzes entsprechen (MPG; definitiver Zahnersatz unterliegt der Klasse IIa). Andererseits müssen die lichteptischen Eigenschaften natürlicher Zähne nachgebildet werden können.

Mit dem 3-D-Druck kann jedwede Geometrie digital gefertigt werden. Eine weitere Grenze wird mit dem Multimater-

ial-3-D-Druck (3-D-MMP) überwunden, denn es werden alle denkbaren Farben detailgetreu nachgebildet. Dies eröffnet im Dentalbereich enorme Möglichkeiten. So könnten beispielsweise die lichteptischen Eigenschaften natürlicher Zähne exakt reproduziert werden. Es gibt bereits Hersteller, welche die Technologie anbieten.

Partielle Prothesen

Der Dentalhersteller Valplast (Fa. Valplast International Corp., Westbury, NY, USA; deutscher Vertrieb Fa. Johannes Weithas GmbH) hat zusammen mit dem Unternehmen Arfona (Brooklyn, NY) einen FFF-Drucker (Fused Filament Fa-



Abb. 1 Gedruckte Valplast-Prothese im Frontzahnbereich. (Foto: Patientenarbeit, Universität Köln, Dr. Roggendorf, 2016)



Abb. 2a und b Anschauungsmodelle (a) und Implantatmodelle (b) mit Gingivamaske können in einem Bauprozess aus verschiedenen Materialien hergestellt werden. (Fotos: Stratasys)



brication = Schmelzschicht-Verfahren) vorgestellt, mit dem partielle Prothesen aus biokompatiblen, thermoplastischen Nylon im 3-D-MMP-Druck gebaut werden, z. B. Teilprothesen mit Klammern. Anders als im DLP-Druckverfahren wird der Kunststoff nicht mittels Lichtpolymerisation ausgehärtet, sondern das thermoplastische Material durch Aufschmelzen in Form bzw. Schichten gebracht. Der FFF-Drucker kann zwei unterschiedliche Materialien gleichzeitig verarbeiten, z. B. das Prothesenmaterial Valplast (Polyamid/Nylon) zusammen mit dem Support-Material. So lassen sich zusätzlich zu Valplast auch andere thermoplastische Materialien (PMMA, POM, PLA, PETG etc.) drucken. Denkbar wäre ein gleichzeitiger Druck der Prothesenbasis mit Zähnen aus PMMA. Valplast 3-D ist ein Medizinprodukt Klasse IIa und für den dauerhaften Einsatz im Mund zugelassen. Erste Patientenarbeiten wurden im Jahr 2016 an der Universität Köln gefertigt (Abb. 1). An der Universität Dresden läuft eine materialkundliche Untersuchung des gedruckten Valplast-Materials.

Histoanatomischer 3-D-Druck von Zähnen

Einen interessanten Ansatz zeigt die Fa. Stratasys (Eden Prairie, MN, USA) mit der Polyjet-Technologie. Seit dem Jahr



Abb. 3a und b Basis des Multimaterial-3-D-Drucks von Zähnen bildet die Zahnstrukturdatenbank nach Schweiger, welche die verschiedenen Schichten von Zähnen, wie beispielsweise die äußere Schmelzoberfläche (OES), die Dentin-Schmelz-Grenze (DEJ) und die Pulpa, abbildet.

2014 kann damit der 3-D-MMP-Druck erfolgen. Aktuelle Geräte bieten die Option, sechs verschiedene Materialien mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften und bis zu 360.000 Farbmischungen simultan anzuwenden (Abb. 2). Spannende Möglichkeit im Dentalbereich: Der Druck von mehrschichtigem Zahnersatz aus verschiedenen Materialien.

Die Reproduktion natürlicher Zähne befindet sich derzeit in der Prototypen-Phase. Basis dieser patentierten Technologie bildet die Zahnstrukturdatenbank nach Schweiger. Diese ermöglicht es, den mehrschichtigen Aufbau natürlicher Zähne digital zu erfassen und die generierten Daten für die additive Fertigung zu nutzen. Sowohl die mehrschichtige Dreidimensionalität als auch die mechanischen Eigenschaften natürlicher Zähne werden reproduziert. Unter Berücksichtigung der lichteptischen Eigenschaften der Zahnschichten (Pulpa, Dentin, Schmelz) kann eine ästhetische

Reproduktion natürlicher Zähne erreicht werden (Abb. 3).

Ästhetisches Try-in

Aktuelle Forschungen der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München vereinen die Zahnstrukturdatenbank mit dem Polyjet-Verfahren. Nach derzeitigem Entwicklungsstand können Ästhetik-Try-In-Kronen/Brücken aus lichteptenden Kunststoffmaterialien angefertigt werden. Die verwendeten Werkstoffe sind für die Anwendung im Mund bis zu 24 Stunden zugelassen. Dies ermöglicht das Testen der funktionellen und der ästhetischen Kriterien. Die 3-D-Schichtung ist aufgrund des digitalen Konstruktionsprozesses reproduzierbar, sodass nach der Einprobe die geschichtete Restauration mittels subtraktiver Fertigung in die definitive Versorgung aus Keramik überführt wer-

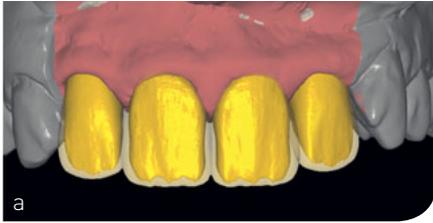


Abb. 4a und b Mithilfe von Zahnstrukturdaten (OES und DEJ) erfolgte die mehrschichtige CAD-Konstruktion von vier Oberkieferfrontzähnen (a) und die additive Herstellung mittels Multimaterial-3-D-Druck (b). Die Zahnstrukturdaten ermöglichen die identische Kopie der lichteptischen Eigenschaften natürlicher Zähne.

den kann. Durch Verändern der Zusammensetzung beim 3-D-MMP-Druckprozess können zukünftig lichteptische Eigenschaften präzise eingestellt werden. Bei in-vitro-Untersuchungen werden bereits verschiedene Mischungen für den Schmelzmasseanteil getestet, um möglichst nahe an die Lichttransmission von natürlichem Zahnschmelz heranzukommen. Ebenso kann Dentin durch Mischungen in Spezialfarbräumen eingestellt werden (Abb. 4).

Fazit

Der 3-D-MMP-Druck von definitivem Zahnersatz stellt eine große Herausforderung dar. Sowohl hinsichtlich der Drucktechnologien als auch der Materialien ist noch Entwicklungsarbeit nötig. Eine intensive Forschung in beiden Bereichen wird es wahrscheinlich langfristig ermöglichen, geschichteten definitiven Zahnersatz, beispielsweise aus Keramik, mittels 3-D-Druck herzustellen.

ZT Josef Schweiger

Leiter zahntechnisches Labor
LMU München
E-Mail: Josef.Schweiger@med.uni-muenchen.de



Annett Kieschnick

Freie Fachjournalistin, Berlin
E-Mail: ak@annettkieschnick.de