

In vitro Untersuchung zur Modellanalyse an 3D-gedruckten Modellen

Krey KF¹, Ruge S², Müller M¹, Ratzmann A¹

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Universitätsmedizin Greifswald, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, ¹ Poliklinik für Kieferorthopädie, ² Poliklinik für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Abteilung für CAD/CAM- und CMD-Behandlung

Einführung

Nach der Etablierung von intraoralen 3D-Scannern sind digitale Modelle im klinischen Alltag weit verbreitet. Auch wenn eine Vermessung am virtuellen Modell vorzuziehen ist, besteht die Möglichkeit, diese mittels Rapid Prototyping Verfahren in ein materielles Objekt umzuwandeln. Der 3D-Druck ist dafür das verbreitetste Verfahren.

Fragestellung

Ziel der Untersuchung war es, die Eignung 3D-gedruckter Modelle zur metrischen kieferorthopädischen Modellanalyse zu prüfen.

Material und Methode

Von einem Frasco-Modell (je Ober- und Unterkiefer in habitueller Okklusion, Abb. 1) wurden zehn Alignatabformungen genommen und zehn Gipsmodelle aus Hartgips hergestellt (Abb. 2). Das Frasco-Modell wurde zudem mit einem 3D-Modellscanner mit einer Auflösung von 10µm digitalisiert (S600 Arti, Zirkonzahn GmbH, Gais, It). Das digitale Modell (Abb. 3) wurde in OnyxCeph 3D Lab (ImageInstruments GmbH, Chemnitz) rekonstruiert und für den 3D-Druck exportiert. Alle Modelle wurden als Hufeisensockel vorbereitet.

Es erfolgte der Druck (Abb. 4-7) von jeweils zehn Modellpaaren mit einem DLP (Digital Light Processing)-Drucker (SHERAeco Print D30 mit SHERA model fast, Werkstoff-Technologie GmbH & Co. KG, Lemförde, Deutschland) und mit einem FDM (Fused Deposition Molding)-Drucker (Geetech i3 Prusa, Getech Co. Ltd., ShenZen, VR China) mit Polylactid (PLA). Das Frasco-Modell wurde zehnmal und alle anderen Modelle je einmal mit einem modifizierten digitalen Messschieber (PeWe Tools Ltd, Trocheltfingen) vermessen (Abb. 8) und die Daten per USB-Interface direkt importiert.

Es wurden die wesentlichen Kennzahlen wie Overbite, Overjet, vordere und hintere Zahnbogenbreite, SI, si, Tonn und die Bolton-Relationen für alle Modelle ermittelt.

Ergebnisse

Für die Vermessung des Frasco-Modells ergaben sich 0,05% Konfidenzintervalle von 0,05-0,1mm und eine mittlere Standardabweichung von 0,12mm. In der statistischen Analyse der Messwerte mittels ANOVA bei paarweisem Mann-Whitney-Test fanden sich nur signifikante Unterschiede im si mit 0,3mm Vergrößerung bei FDM-Modellen (Abb. 10) und eine Abweichung von <0,4mm verkleinert gemessenem Overbite bei Gipsmodellen und FDM-Modellen gegenüber dem Original.



Abb. 8. Digitaler Messschieber mit modifizierten Spitzen und direktem USB-Anschluss.

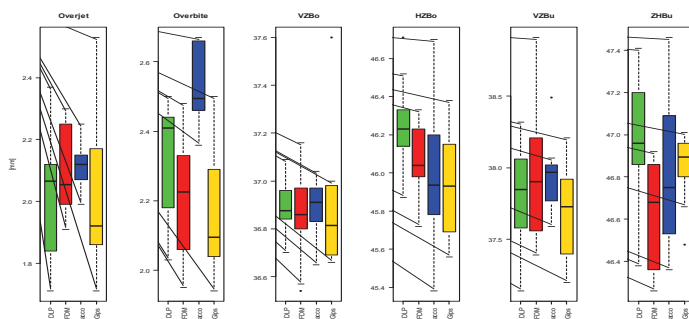


Abb. 9. Boxplots wesentlicher Messwerte – Teil 1.

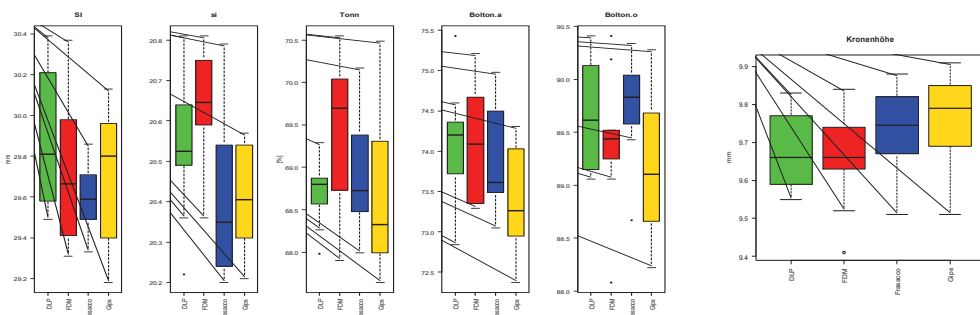


Abb. 10. Boxplots wesentlicher Messwerte – Teil 2.

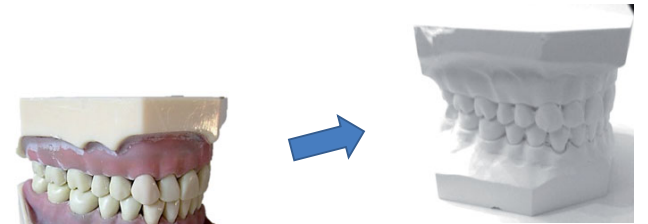


Abb. 1. Frasco-Modell.

Abb. 2. Gipsmodell nach Alginatabformung.



Abb. 3. Virtuelles Modell.

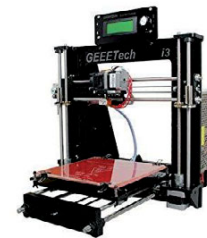


Abb. 4. Geetech i3 3D-Drucker.

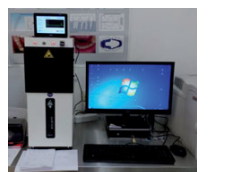


Abb. 5. DLP-Drucker D30.



Abb. 6. Modell mit Hufeisensockel mittels FDM-Drucker in PLA gedruckt.



Abb. 7. Modell mit Hufeisensockel mit DLP-Drucker hergestellt.



FDM-Drucker - PLA



FDM-Drucker – nGen (ColorFabb, Belfeld, NL) gedruckt mit TEVO Black Widow (Zhanjiang TEVO 3D Electronic Technology Co., Ltd., Guangdong, China).



DLP-Drucker

Abb. 11. Beispiele der zur Vermessung verwendeten Modelle mit Hufeisensockel.

Schlussfolgerungen

Die Vermessung von Studienmodellen mit einem digitalen Messschieber weist eine außerordentlich hohe Genauigkeit auf. Die gedruckten Modelle unabhängig vom Druckverfahren zeigten in der Untersuchung nur geringe klinisch nicht relevante Abweichungen vom Original. Gedruckte Modelle und Gipsmodelle können für die kieferorthopädische Diagnostik als gleichwertig angesehen werden.

In Anbetracht der diagnostischen Möglichkeiten an einem virtuellen Modell erscheint der 3D-Druck zu diagnostischen Zwecken allerdings schon jetzt als nicht mehr zeitgemäß. Die Prüfung der Genauigkeit ist vor dem Hintergrund der Anwendung von 3D-gedruckten Modellen bei der Herstellung von Therapiemitteln jedoch relevant.