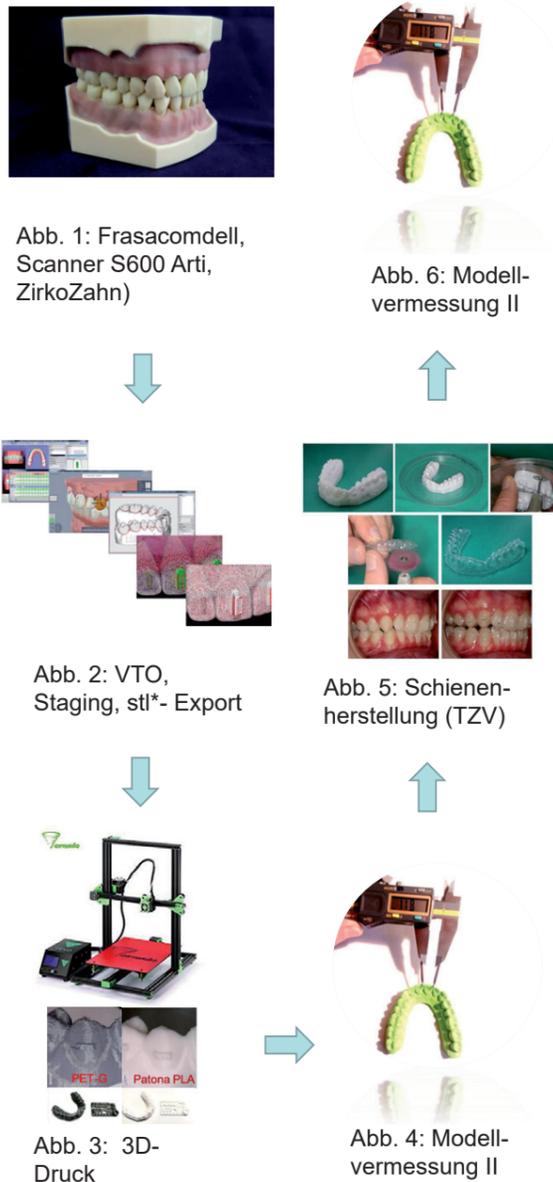
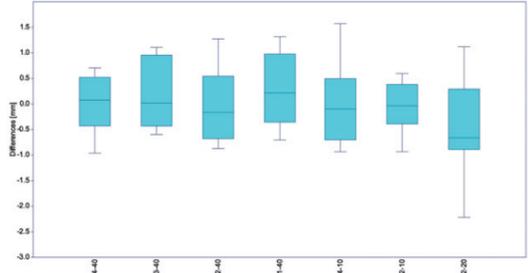


## Optimierung des FDM- 3D- Drucks von Arbeitsmodellen für die Alignertechnik - Variation von Druckparametern -

Für die Aligner- Herstellung mittels Tiefziehverfahren (TZV) 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), Digital Light Processing-Druck (DLP) und Fused Deposition Molding-Druck (FDM). Derzeit 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. Im sich anschließenden Tiefziehverfahren zur Alignerherstellung wirkt eine thermische und mechanische Belastung auf das Arbeitsmodell ein. Die Beständigkeit gegen diese Einflüsse ist entscheidend für die spätere Passung der Aligner und die Möglichkeit ein Modell ggf. mehrfach zu verwenden. Neben den Materialien spielen die verwendeten Druckparameter eine wesentliche Rolle für die Modellqualität. Ziel der Untersuchung war daher die dreidimensionale metrische Erfassung von Formveränderungen im TZV an mittels FDM-Druck hergestellten kieferorthopädischen Arbeitsmodellen in vitro sowie die Ermittlung optimaler Druckparameter für die Aligner-Herstellung.

Methode	Material/Arbeitsablauf	Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> <li>Referenzmodell: Frasaco-Modell, digitalisiert mit 3D-Scanner- Zirkonzahn S600Arti (Abb. 1)</li> <li>Druckoptimierung mit Software: Onyx-Ceph 3D Lab (Abb. 2)</li> <li>Druck stl*-Dateien mit Hufeisensockel mit TEVO Tornado, in PETG (Glykol modifiziertes Polyethylenterephthalat) und PLA (Polylactid) (Abb. 3)</li> <li>Variation der Druckparameter Infill (0-40%), Top- und Bottom-Layer (1-6), Anzahl der Shells (1-4) variiert in Druckersoftware Simplify3D</li> <li>Optimierung durch schrittweise Reduktion der einzelnen Parameter Infill/Layer/Shells aus insgesamt 256 möglichen Kombinationen</li> <li>Modellvermessung I (Zahnbreiten, vordere und hintere Zahnbogenbreite) mit einem digitalen Messschieber (Abb. 4)</li> <li>Schienenherstellung (0,8mm Erkodentfolie/Scheu Biostar ®) im TZV (Abb. 5)</li> <li>Modellvermessung II nach TZV (Abb. 6)</li> <li>Vergleich der Datensätze mit GOM Inspect und deskriptive Auswertung hinsichtlich metrischer Veränderungen sowie optische und taktile Kontrolle von Oberflächenveränderungen und Verformbarkeit vor und nach dem TZV (Abb. 7)</li> </ul>	 <p>Abb. 1: Frasacommodell, Scanner S600 Arti, Zirkonzahn</p> <p>Abb. 2: VTO, Staging, stl*- Export</p> <p>Abb. 3: 3D-Druck</p> <p>Abb. 4: Modellvermessung I</p> <p>Abb. 5: Schienenherstellung (TZV)</p> <p>Abb. 6: Modellvermessung II</p>	 <p>Abb. 7: Differenzen-. Modellvermessungen (vor und nach TZV vs. Druckparameter (variiert))</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ohne Infill: Zahnkranz druckbar, mit Gaumen mind. 10% Infill nötig</li> <li>Mindestens 2 Bottomlayer unverzichtbar bei Technicarbeiten (sichert Verwindungsstabilität)</li> <li>Reduzierte Wandstärke (Minimum 2 Shells) und Infill (20%) bei PETG möglich, aber im TZV 3 Shells nötig</li> <li>Bessere Temperaturstabilität von PETG</li> <li>Formveränderungen durch TZV an Bukkalflächen der Zähne bei geringen Schichtstärken optisch sichtbar</li> <li>Keine metrischen Veränderungen (Messtrecken unverändert), trotzdem Modellverformung möglich</li> </ul>

### Schlussfolgerung

Mit definierten Druckparametern lassen sich für das TZV geeignete und hinsichtlich Materialverbrauch und Druckgeschwindigkeit optimierte Modelle herstellen. Als optimal für das TZV erwiesen sich als Druckparameter 3 Bottomlayer, 3 Shells, 30% Infill und 4 Toplayer. Aufgrund der auftretenden Erwärmung sind hitzestabile Filamente im Vorteil.