

Alles 3D-Druck oder was?

Der 3D-Druck von Kronen- und Brückengerüsten aus Metallpulver und der 3D-Druck von Modellen oder Abformlöffeln aus Kunststoff sind heute schon gängige Praxis. Doch lässt sich auch eine Kombinationsarbeit ausschließlich mit dem 3D-Druck herstellen? Was ist heute technisch bereits möglich, und wo sind noch Grenzen gesetzt? Entspricht das Ergebnis den qualitativen und ästhetischen Ansprüchen? Christof Hafermann will diese Fragen in folgendem Artikel beantworten und die Leserinnen und Leser anregen, ihre 3D-Druck-Prozesse zu erweitern oder unbedingt mit dem dentalen 3D-Druck zu beginnen.

Anhand eines Patientenfalles, einer Teleskoparbeit, wird gezeigt, was heute bereits umsetzbar ist. Ergänzend zum Desktopscanner wurde hierbei auch ein Intraoralscanner (IOS) in den digitalen Workflow ein-

gebunden. Für die Herstellung der 3D-Druck-Objekte wurden laborseitig LCD- sowie DLP-Drucker genutzt. Die Metallkomponenten wurden mittels Selective Laser Melting (SLM) hergestellt.

1 und **2** Ausgangssituation



Autor

Christof Hafermann

Mail ch@biebl-knapp.de

Ausgangssituation

Im vorliegenden Patientenfall wurde dieser Befund festgestellt:

- Generalisierte chronische Parodontitis
- Parodontaler Abszess ausgehend von Zahn 24
- Insuffizienter Klammer-Zahnersatz im Oberkiefer (Abb. 1 und 2)



Therapie

Darauf basierend schlug der Behandler (Dr. Werner Knapp, Würzburg) die folgende Therapie vor:

- Extraktion Zahn 24 sowie Extraktion der Zähne 12 und 22 aufgrund des fortgeschrittenen Gewebeverlustes
- Systematische Parodontitis-Therapie
- Neuer teleskopierender Zahnersatz für die Zähne 16, 15, 13, 23, 27 (Abb. 3)

3 Neuer teleskopierender Zahnersatz für die Zähne 16, 15, 13, 23, 27

Verarbeitung der IOS-Daten und Modelldruck

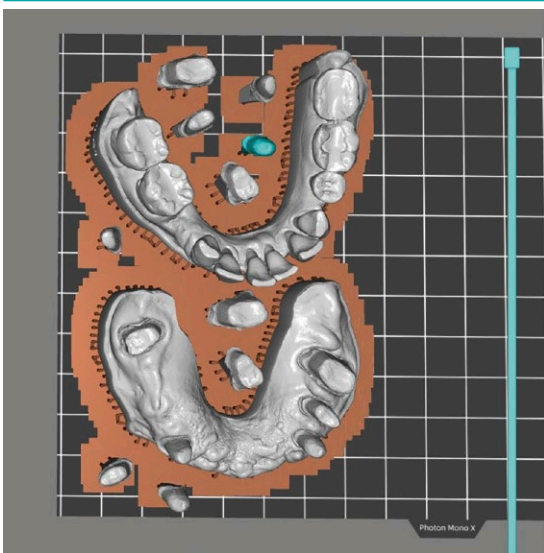
Im Anschluss an die digitale Abformung (Abb. 4) wurden zur Herstellung der Primärkronen in der CAD-Software ungesägte Zahnkränze segmentiert und zur Überprüfung der Passung Einzelstümpfe generiert (Abb. 5 und 6).



4 Intraoralscan in der Praxis Biebl & Knapp in Würzburg



5 und 6
Fertiger
Intraoralscan



7 Nesting der STL-Daten mit Photon Workshop 64



8 Gedruckte Modelle

9 Primärkronen Design



10 Löffel-Modell



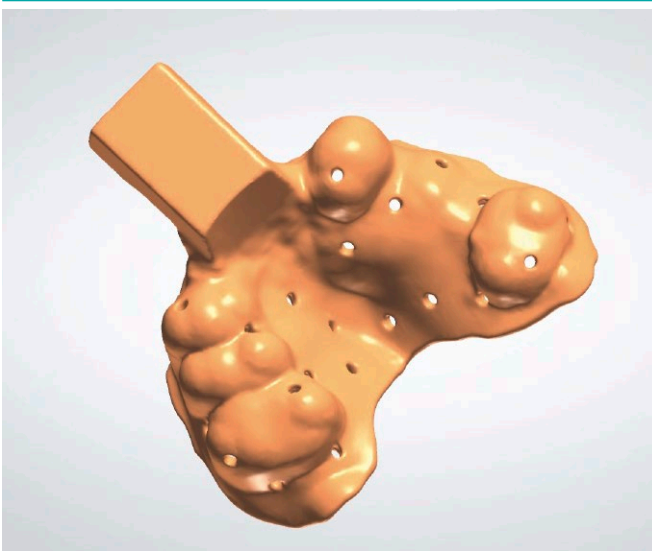
Der 3D-Druck der daraus generierten STL-Datei erfolgte nach dem Nesting, also der virtuellen Ausrichtung der Druckobjekte auf der Bauplattform des 3D-Druckers (Abb. 7), mit Var-seoWax Model (Bego) auf einem Anycubic Photon Mono X LCD-Drucker (Abb. 8).

Primärkronen Design

Die Gestaltung der Primärkronen 0° mit mindestens zwei gegenüberliegenden 3 mm hohen Fräsflächen erfolgte wiederum in der CAD-Software (Abb. 9). Hergestellt wurden die Kronen im Bego CAD/CAM-Produktionszentrum in Bremen im SLM-Verfahren aus dem Material Wirobond C+ (Bego).

Individueller Abformlöffel

Zur Herstellung eines Meistermodells war eine herkömmliche Abformung erforderlich, da es keine praktikable Lösung gibt, dies volldigital mit einem Intraoralscan mit den eingesetzten Primärkronen zu realisieren. Daher wurde ein individueller Abformlöffel hergestellt.



11 Löffel-Design



12 Gedruckter Abformlöffel

Zur Gestaltung des Abformlöffels wurde die CAD-Konstruktion kopiert und an den Präparationsscan angehängt. Dies ersparte einen weiteren Scan und es musste nicht auf die Lieferung der Primärkronen gewartet werden.

Das Zuschneiden des Modells war in diesem Fall nicht möglich. Da aber ein Druck nicht nötig ist, war dies zu vernachlässigen (Abb. **10**).

Der Abformlöffel (Abb. **11**) wurde mit dem DLP-Drucker Varseo S aus dem 3D-Druck-Material VarseoWax Tray (Bego) gedruckt (Abb. **12**).

Die zwischenzeitlich gelieferten Primärkronen konnten mithilfe der Stümpfe auf das Modell aufgespasst werden (Abb. **13**).



13 Gelieferte Primärkronen

Zwischenstand

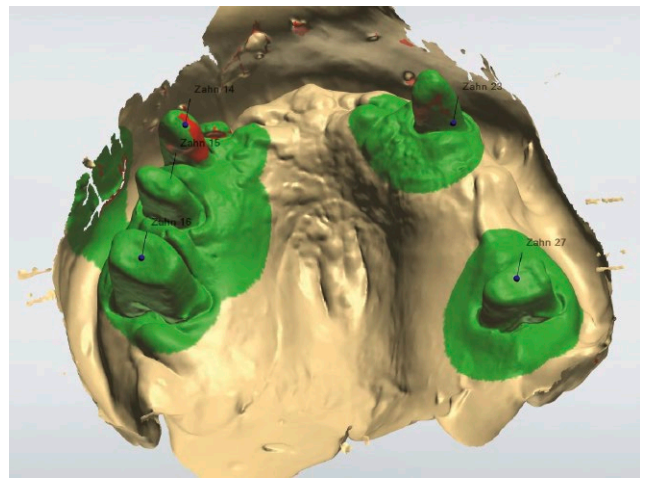
Die Herstellung diverser Modelle, der Primärkronen sowie des individuellen Löffels im 3D-Druck-Verfahren erfolgte bis hierher problemlos (Abb. **14**)!



14 Die Herstellung von Modellen, Primärkronen sowie des individuellen Löffels im 3D-Druck-Verfahren



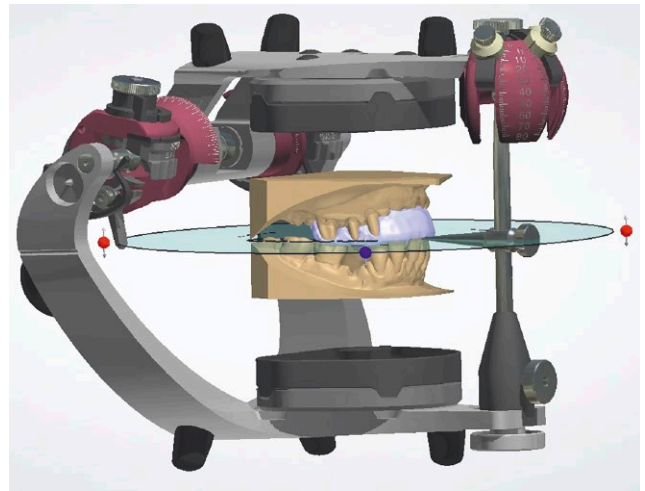
15 Überabformung im Scanner



16 Kritische Bereiche



17 Gedrucktes Meistermodell



18.1 Bissregistrator Design

Anprobe und Überabformung

Wie oben bereits erwähnt, gibt es keine praktikable Lösung, einen Intraoralscan mit den eingesetzten Primärkronen vorzunehmen, da die Innenseiten der Primärkronen nicht gescannt werden können. Die volldigitale Herstellung eines Meistermodells war somit nicht möglich. ABER: Das Ziel war es ja, alles zu drucken! Daher wurde kurzerhand die Abformung im Desktopscanner gescannt (Abb. 15) und das Meistermodell aus VarseoWax Model (Bego) gedruckt.

Wenn die kritischen Bereiche (Abb. 16) noch einmal genauer nachgescannt werden, kann mit diesem Verfahren tatsächlich ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden! Davon war ich persönlich auch überrascht (Abb. 17). Zu einem parallel hergestellten Meistermodell aus Superhartgips gab es keine signifikanten Unterschiede.

Bissregistrator

Die aus dem Desktopscan erstellten Modelle konnten digital weiterverarbeitet werden, um das Bissregistrator zu erstellen. Hier wurde mit dem Appli-

ance Designer eine Art Schiene konstruiert (Abb. 18.1).

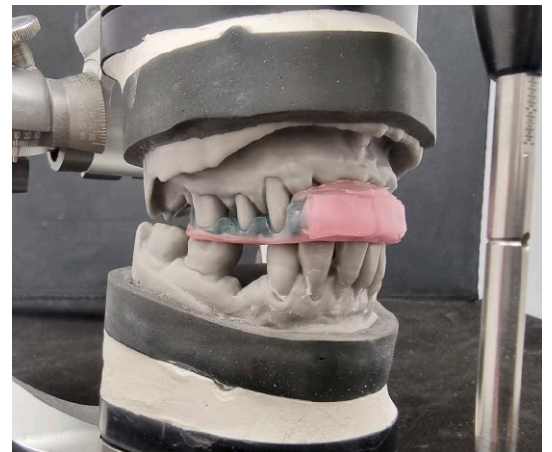
Das aus VarseoWax Surgical Guide (Bego) gedruckte Registrator (Abb. 18.2) wurde mit Wachs um einen Millimeter erhöht, um ein freies Einbeißen zu gewährleisten (Abb. 19).

Im Nachhinein gesehen, war dies ein reiner Kontrollschritt, da die Genauigkeit der Bissregistrierung über den IOS sehr zuverlässig funktioniert.

Der Behandler hat damit allerdings die Möglichkeit, an das Labor noch zusätzliche Informationen weiter zu geben, die so in der IOS-Registrierung



18.2 und **19** Das aus VarseoWax Surgical Guide (Bego) gedruckte Registrat wurde mit Wachs um einen Millimeter erhöht, um ein freies Einbeissen zu gewährleisten



20 und **21** Der Behandler hat die Möglichkeit, an das Labor noch zusätzliche Informationen weiter zu geben, die so in der IOS-Registrierung nicht möglich sind, zum Beispiel Gesichtsmitte, Lippenfülle und Lachlinie

nicht möglich sind, zum Beispiel Gesichtsmitte, Lippenfülle und Lachlinie (Abb. **20** und **21**).

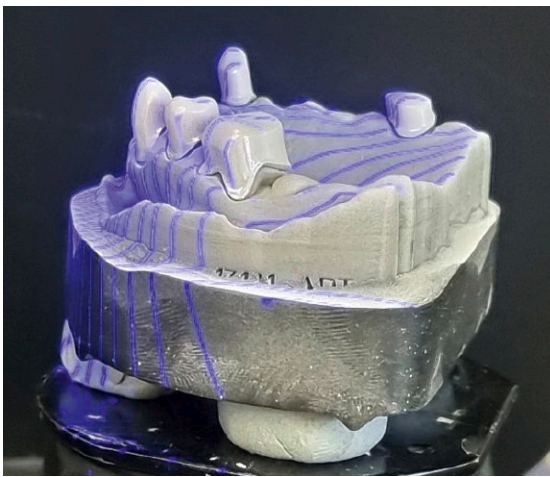
Vor dem Scan wurden die nachgefrästen Primärkronen (Abb. **22**) hauchdünn mit Scanspray eingesprüht (Abb. **23**). Verwendet wurde hier das Helling 3D Laser Scanning Spray.

Alles in einem Design

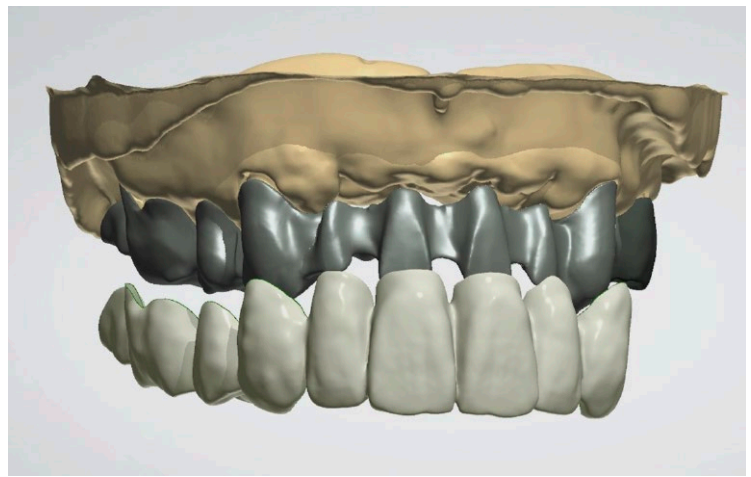
Im digitalen Auftragsblatt der Scansoftware wurde ein anatomisch reduziertes Wirobond C+ Hybrid Sekundär-Gerüst angelegt und im gleichen Auftrag



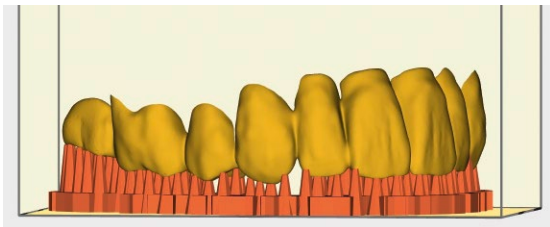
22 Bearbeitete Primärkronen



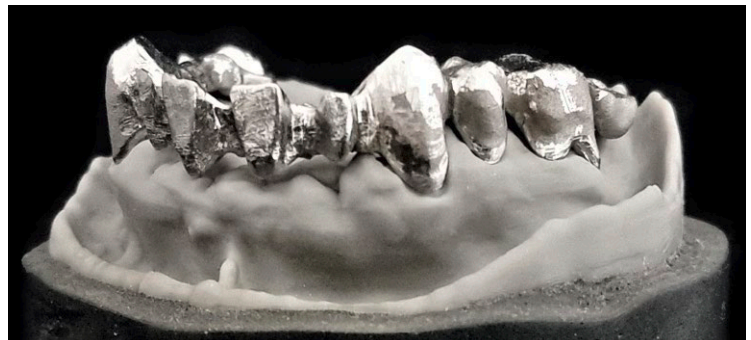
23 Meistermodell mit Primärkronen im Desktop-scanner



24 Alles in einem Design



25 Die Verblendschalen wurden im Labor mit dem 3D-Drucker Varseo XS gedruckt



26 Ausgearbeitetes Gerüst

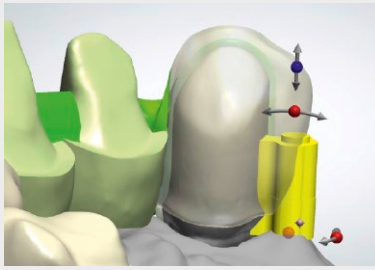


27 Vorbereitung für Friktionselemente

auch die Anatomie aus VarseoSmile Crown^{plus} ausgewählt. So konnte eine anatomische Gestaltung vorgenommen werden und daraus das reduzierte Gerüst designt werden. Gleichzeitig wurden auch die Verblendschalen generiert. Ein zugegeben anspruchsvolles Design (Abb. **24**) – aber möglich. Der entsprechend erstellte Auftrag wurde dann zur Fertigung der Sekundärstruktur aus Wirobond C+ Hybrid (Bego) an das Bego CAD/CAM-Produktionszentrum geschickt.

Drucken der Verblendschalen

Die Verblendschalen wurden im Labor vor Ort aus VarseoSmile Crown^{plus} (Bego) mit dem 3D-Drucker Varseo XS (Bego) gedruckt (Abb. **25**).



Im Design hat man die Möglichkeit, Friktionselemente vorzusehen. Sollte es zu einem späteren Zeitpunkt zu einem Friktionsverlust kommen, kann man schnell reagieren.

Ausarbeiten

Für das Aufpassen des Gerüsts waren nur noch ein leichtes Gummieren und ein Bearbeiten der Oberfläche nötig, die noch mit Oxiden überzogen war (Abb. 26).

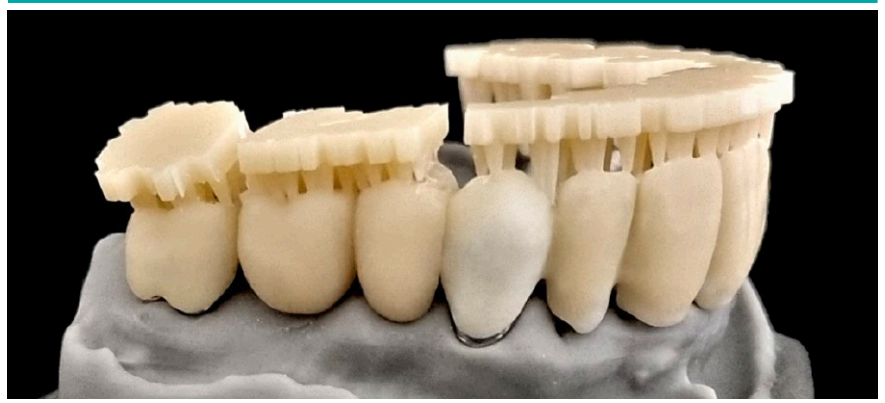
Die Vorbereitung für die Friktionselemente (Abb. 27) wurde im Zuge der Fertigstellung mit Kunststoff gefüllt, könnte aber auch mit einem Dummy versehen werden, um unerwünschte Einlagerungen zu vermeiden.

Um die Passung zu kontrollieren, wurden die gedruckten Verblendschalen einmal auf das Modell gesetzt. Eine manuelle Anpassung war jedoch nicht mehr nötig, da dies ja bereits im Vorfeld digital geschehen ist.

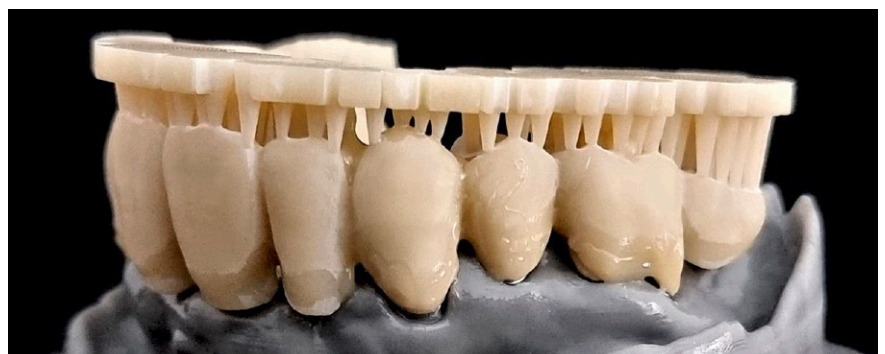
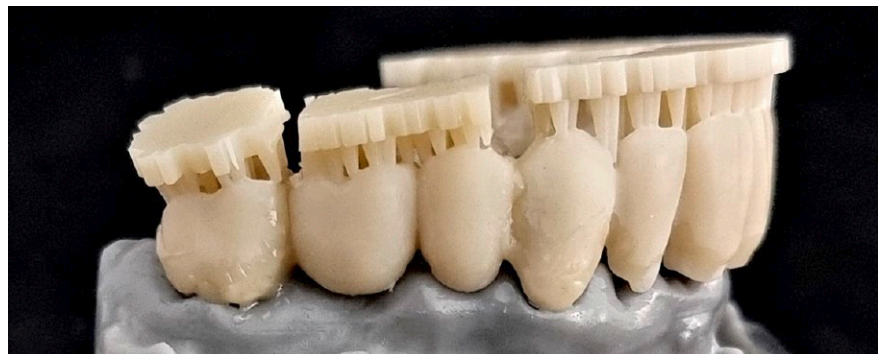
Der Farbunterschied, hier gut am Eckzahn zu sehen, verschwindet sobald die Schalen mit dem Gerüst verbunden sind (Abb. 28 und 29).

Die Hochzeit

Vor dem Verbinden des Metallgerüsts mit den gedruckten Verblendschalen wurde das Gerüst zunächst mit Opaker behandelt. Danach wurden die ästhetischen Komponenten mit dualhärtendem Komposit aufgeklebt. Hier haben sich visio.link (bredent) als Bonder in Kombination mit combo.lign (Bredent) bewährt (Abb. 30 und 31).



28 und 29 Passungskontrolle Verblendschalen



30 und 31 Aufgeklebte Verblendschalen



Das Ausarbeiten erfolgte ganz herkömmlich wie bei einfachen konfektionierten Verblendschalen. Auch hier war der Arbeitsaufwand minimal (Abb. **31.1** und **31.2**).

Sollte noch mehr Schneide gewünscht sein, kann diese jederzeit mit Primer und Komposit nachgetragen werden. Das verwendete 3D-Druck-Material hat einen keramischen Anteil und gewährleistet somit eine hervorragende Anbindung.



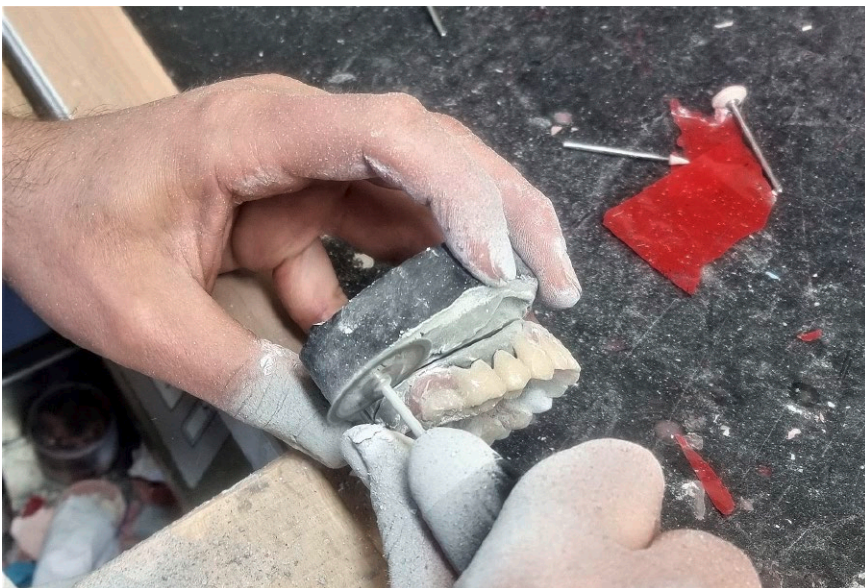
31.1 und **31.2**



Rotästhetik und Anprobe

Zur Anprobe wurde die Rotästhetik in Wachs ausgeführt (Abb. **32**). Die Umsetzung in Kunststoff erfolgte herkömmlich. Der 3D-Druck dieser Komponente ist bei entsprechenden Arbeiten noch nicht möglich bzw. würde es den Aufwand derzeit nicht rechtfertigen.

32 Rotästhetik zur Anprobe



33 Fertigstellung mit Hindernissen



34 Finish

Fertigstellung

Wie sich herausstellt, ist der Verbund zwischen einem gedruckten Modell und einem PMMA auch ohne Bonder hervorragend, war aber in diesem Fall nicht gewollt. Es wurde zwar isoliert, allerdings sollte die gewählte Isolierung eine speziell für den Anwendungsfall entwickelte sein. Das war sie in diesem Fall nicht.

Das Modell lies sich aber mit viel Mühe wieder von der Arbeit trennen (Abb. 33).

Dank des digitalen Vorgehens – der Datensatz war ja gespeichert – konnte aber schnell ein neues Modell gedruckt und die Arbeit beendet werden (Abb. 34).

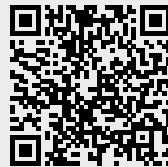


35 und **36** Vorher vs. Nachher

ÜBER DEN AUTOR CHRISTOF HAFERMANN

Der Zahntechnikermeister und Spezialist für Implantatprothetik (DGZI) ist auch geprüfter Betriebswirt (HwO). Er ist Laborleiter der Zahnwerkstatt, Praxislabor der Biebl + Knapp Zahnärztepartnerschaft in Würzburg. Seit mehr als 20 Jahren ist er CAD/CAM-Anwender. Eine kostenfreie Vortragsaufzeichnung zum hier dargestellten Fall ist verfügbar unter https://register.gotowebinar.com/register/4198065561285006863?utm_source=dl1122

Zukünftig sind auch Workshops rund um dieses Thema geplant.



Fazit

Mit Blick auf das Ergebnis konnte ich qualitativ keine Einschränkungen gegenüber dem konventionellen Vorgehen feststellen. Die Arbeit ist mittlerweile seit mehr als einem halben Jahr inseriert und bislang ohne jeglichen Mangel. Sicherlich ist ästhetisch noch Platz nach oben, aber da kann ja noch nachgeholfen werden. Zukünftig wird es sicher möglich sein, auch Verblendschalen oder Prothesenzähne mit Farbverlauf zu drucken. Eine komplette Patientenarbeit größeren Umfangs rein im 3D-Druck-Verfahren herzustellen, ist aber bereits heute keine Fiktion mehr (Abb. **36**).

Die Zeitersparnis durch das digitale Vorgehen ist enorm, wenn man sich eingearbeitet hat. Der Fachkräftemangel ist in diesem Zusammenhang sicher eine der Herausforderungen, die uns alle beschäftigt. Wir werden in Zukunft noch viel mehr auf maschinelle Fertigung setzen müssen, um die Arbeitsaufträge überhaupt bewältigen zu können.

Das oben beschriebene Vorgehen ist auch in Kombination mit einem Modellgussgerüst machbar. Wir stellen unsere Modellgüsse inzwischen ausschließlich am PC her und lassen sie im SLM-Verfahren aus federharter Wironium RP Legierung (Bego) fertigen. Die Modellgussgerüste kommen hochglanzpoliert und absolut passgenau wieder im Labor an. Wenn dann noch Verblendschalen oder zukünftig auch Ersatzzähne passgenau und ohne jegliches Aufschleifen mit einem 3D-Drucker produziert werden, ist sogar ein Klammermodellguss ein Vergnügen.

Wer heute noch nicht druckt, sollte sofort damit beginnen und wer bereits am Thema dran ist, sollte versuchen, noch mehr raus zu holen. Der dentale 3D-Druck ist schon lange nichts mehr für Tüftler, sondern eine zuverlässige und alltagstaugliche Technik mit enormem Potential. Die Zukunft ist additiv! ■