



Lückenlos digital: Scannen, Drucken, Fräsen

Der 3D-Druck als ideale Ergänzung des digitalen Workflow: Ein Patientenfall

Agiert das zahntechnische Labor als Kompetenzzentrum für digitale Technologien, ergeben sich viele Vorteile für alle Partner des Behandlungsteams. In diesem Beitrag beschreiben ZT Alexander von Fehrentheil und ZTM Sascha Morawe die Verknüpfung von zahntechnischem Fachwissen mit den digitalen Technologien, die sie seit Jahren in ihren Arbeitsalltag integriert haben. Anhand eines Patientenfalles wird gezeigt, wie die additive Fertigung (3D-Druck) eine Lücke im digitalen Workflow schließt: die Modellherstellung.

Eine gute Zukunft braucht eine aktive Gegenwart. Um mit der rasanten Entfaltung der digitalen Technologien in der Zahntechnik mithalten zu können, ist es im Arbeitsalltag wichtig, sich mit Zukunftsszenarien auseinanderzusetzen. Der Wandel unseres Berufsbilds ist noch lange nicht am Ende. Die einst handwerklich geprägte Welt der Zahntechnik ist etwas in „Unordnung“ geraten. Durch die industrielle Fertigung werden handwerklich bewährte Techniken ersetzt. Dies ist einerseits zu bedauern, doch andererseits ist das gelebter Fortschritt und Marktveränderung. Hier in nostalgischen Erinnerungen zu schwelgen, ist nicht zielführend. Patienten wünschen sich einen ästhetischen, funktionellen und bezahlbaren Zahnersatz. Mittels digitaler Technologien können wir genau das bieten. Seitdem die subtraktive Fertigung etabliert ist, steht die Zahntechnik nun am nächsten Meilenstein, dem 3D-Druck. Das Potenzial ist immens und wird die zahntechnische Arbeit wiederum verändern. Die additive Fertigung lässt sich hervorragend in den Laboralltag integrieren und ergänzt die vorhan-

denen CAD/CAM-Technologien. Das Produktportfolio eines Labors kann erweitert und die Wirtschaftlichkeit erhöht werden. Uns hat die IDS 2015 den Startschuss für den Einstieg in die 3D-Drucktechnologie gegeben.

Digitale Visionen als Laborleitbild

Die subtraktive Fertigung mittels CAD/CAM-Technologien ist ein fester Bestandteil zahntechnischer Arbeit und hat mit „Zukunftsorientierung“ heutzutage nichts mehr zu tun. Wir wenden in unserem Labor seit Jahrzehnten die CAD/CAM-Technik an und wollen/können auf die Vorteile nicht mehr verzichten. Um bei der Vielfalt an Angeboten und der Entwicklungsgeschwindigkeit die digitale Prozesskette sinnvoll im Laboralltag zu integrieren, bedarf es einer gewissen Lernkurve. Deren Beginn liegt – trotz aller Technik – in der konventionellen Zahntechnik und im zahntechnischen Basiswissen und -können. Wir setzen uns in unserem Labor frühzeitig mit neuen vielversprechenden Technologien für die digitale Zahn-

heilkunde auseinander. Hin und wieder nehmen wir auch eine Pionierrolle ein. Ergebnis ist ein Spezialistentum im Bereich der digitalen Zahntechnik, von dem wir als Labor ebenso profitieren wie „unsere“ Zahnärzte und deren Patienten. Immer wieder entstehen neue Schnittstellen zwischen den Einsatzgebieten, die ein vernetzendes Denken und Handeln zulassen. Häufig werden neue Technologien angeboten, die noch in den Kinderschuhen stecken. Der Nutzen wird von Seiten der Anbieter stark forciert und bestätigt sich letztlich auch in den meisten Fällen. Um aber aus den Kinderschuhen herauswachsen zu können, sind die Anwender gefragt. Nur mit dem Feedback aus dem Labor wird die Dentalindustrie dazu motiviert, die jeweilige Indikation den zahntechnischen Wünschen anzupassen. Nicht immer wird die Anwendung einer neuen Technologie sofort von Erfolg gekrönt sein. Wir mussten z. B. beim Intraoralscanner hohes Lehrgeld zahlen, als wir Anfang 2009 in diese Technologie investiert haben. Doch wir waren trotzdem überzeugt vom Potenzial der digitalen intraoralen Datenerfassung und haben fast alle am Markt verfügbaren Systeme mit der entsprechenden Software (3Shape, Exocad, Dental Wings) ausprobiert.

Erste Schritte 3D-Druck

Wo der eine Mensch Risiken sieht, erkennt der andere Chancen! Das Lehrgeld ist lange abgezahlt und unsere gewonnene Erfahrung im Nachhinein durch nichts zu ersetzen. Heute ist die intraorale Abformung bei uns etabliert und wir können – dank 3D-Druck – die Daten lückenlos weiter bearbeiten. Im Bereich der subtraktiven Fertigung (CNC-Verfahren) bieten wir mittlerweile alle Indikationsbereiche an und können Restaurationen in allen gewünschten Materialien umsetzen (Zirkoniumdioxid, Glaskeramik, Metall, PMMA, PEEK, Hochleistungspolymere und Gipse etc.). Vor ca. zwei Jahren haben wir unseren Fokus auch auf den 3D-Druck gelegt und den Markt in diesem Bereich genau beobachtet. Nun gehen wir dazu über, die subtraktiven mit den additiven Verfahren zu verknüpfen, beispielsweise bei der Herstellung eines Zahnersatzes, basierend auf den Daten eines Abformscans.

Nachdem wir die Entwicklung im Bereich des dentalen 3D-Drucks einige Monate verfolgt haben, entschieden wir uns im vergangenen Jahr für den Kauf eines 3D-Druckers (FAB 12, dentona, Dortmund). Begonnen haben wir zunächst damit, die Daten des digitalen Intraoralscans in ein physisches Modell umzusetzen. Schnell haben wir den Bereich der Bohrschablonen und unser Angebot um kieferorthopädische Modelle (Aligner-Therapie) erweitert. Vorteil des 3D-Drucks ist die hohe Präzision von Objekten in allen denkbaren Geometrien. Zudem kann nicht genutztes Material wiederverwendet werden. Somit entsteht kein Schwund, was sowohl finanziell vorteilhaft ist als auch ökologisch unseren nachhaltigen Arbeitsansatz unterstützt. Bei der subtraktiven Fertigung entstehen oft Abfälle bis zu 85 %, welche nicht wiederverwertet werden können. Die Entwicklung im 3D-Druck schreitet mit enormer Geschwindig-

keit voran. Es kommen immer mehr Materialien auf den Markt, welche mittlerweile nicht nur Indikationen „in vitro“, sondern nun auch „in vivo“ ermöglichen, z. B. die Herstellung von Schienen. Ob Bohrschablone, CAD/Cast-Gerüst oder Modell – bei uns hat sich die additive Technologie schon nach kurzer Zeit bewährt. In Kombination mit den subtraktiven Verfahren können wir bei vielen Indikationen auf komplett digitalem Weg zum fertigen Zahnersatz gelangen.

Patientenfall

Der komplette Oberkiefer der Patientin sollte mit Einzelkronen neu versorgt werden. Gewünscht waren vollkeramische Restaurationen und eine möglichst effiziente Fertigungsart. Wir entschieden uns nach Absprache mit dem Zahnarzt für Gerüstkapfen aus Zirkoniumdioxid, die nachfolgend individuell mit Schichtkeramik ergänzt werden sollten. Der behandelnde Zahnarzt bevorzugt in derartigen Indikationen den intraoralen Abformscan; auch er agiert mit Vorliebe digital. Für die digitale Datenerfassung im Mund des Patienten sprechen z. B. die unmittelbare Kontrollmöglichkeit der Präparation sowie die Erfassung der Stümpfe und das patientenorientierte Vorgehen. Zudem können die Daten ohne Umweg an das Labor kommuniziert und hier verarbeitet werden, sofern das Labor über das notwendige Equipment verfügt (Abb. 1). Ein physisches Präzisionsmodell ist bei der Herstellung einer solchen Restauration – verblendete Einzelkronen – unabdingbar.

Bisher war der digitale Workflow zwischen dem Datenversand aus der Praxis und unserer Arbeit im Labor (CAD-Konstruktion) unterbrochen. Die Modellherstellung galt als eine Lücke im digitalen Prozess, die nur über Umwege geschlossen werden konnte, etwa über externe Dienstleister. Mit dem 3D-Drucker sind wir nun in der Lage, aus den Abformdaten selbst ein physisches Modell herzustellen, das alle unsere Ansprüche erfüllt: zeichnungsscharf und dimensionstreu. Diese komplett digitale Verfahrenskette verspricht im prothetischen Therapiespektrum eine Vereinfachung der Arbeitsabläufe. Durch das standardisierte Vorgehen werden die Effizienz sowie die Ergebnisqualität erhöht.



Abb. 1: Der Intraoralscan wurde aus der Praxis zugestellt. Gewünscht waren vollkeramische Einzelkronen.

Die Daten aus dem Abformscan (Trios Colored Pod Intraoralscanner, 3Shape, DK-Kopenhagen) wurden an uns übermittelt und in die CAD-Software (3Shape) importiert.



Abb. 2: Virtuelle Darstellung der getrimmten Ober- und Unterkiefermodelle mit deutlich sichtbaren Präparationsgrenzen.



Abb. 3: Realistische Visualisierung der Modelle in der Software.

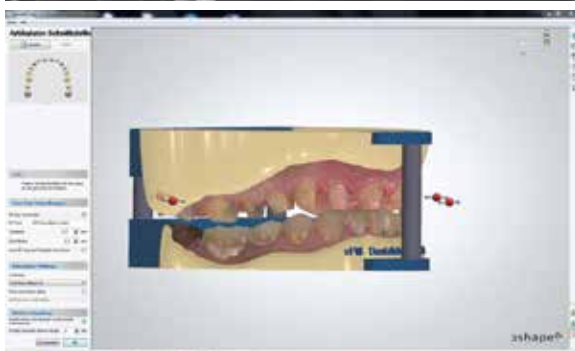
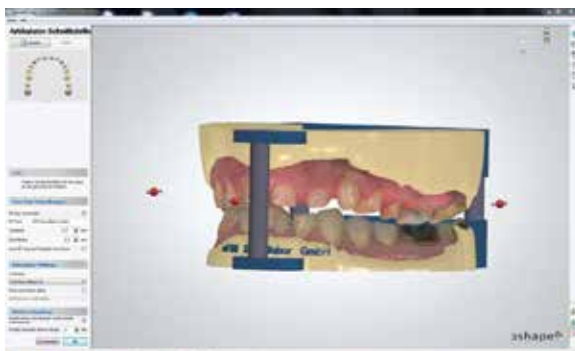


Abb. 4 u. 5: Im virtuellen Artikulator wurden die Modelle entsprechend der Bissregistrierung zusammengeführt.

Basierend auf den im Mund erfassten digitalen Daten haben wir sowohl das Modell also auch die Kronengerüste konstruiert. Wir arbeiten seit Jahren mit der 3Shape-Software und mussten die gewohnten Prozesse für den Einsatz des 3D-Druckers nicht verändern. Der Anwender ist mit dem 3D-Drucker FAB 12 nicht auf ein System festgelegt. Die zum Drucker mitgelieferte Nesting-Software liest jede STL-Datei. Somit kann die additive Fertigung problemlos in den Prozess eingebunden werden.

Die Arbeitsschritte bei der Konstruktion von Ober- und Unterkiefermodell entsprachen dem gewohnten Vorgehen. Die Modelle wurden in der CAD-Software (Modellbuilder) getrimmt, Präparationsgrenzen festgelegt sowie Ober- und Unterkiefer im virtuellen Artikulator zusammengeführt (Abb. 2-5). Im Oberkiefer wurden adäquat zum Sägeschnittmodell Einzelstümpfe erstellt; ähnlich dem Geller-Alveolenmodell (Abb. 5 u. 6). Die Daten wurden als STL-Datensatz exportiert, an den 3D-Drucker übermittelt und von der Druckersoftware automatisch für den Druck konfiguriert. Durch das Speichern der Daten kann bei Bedarf jederzeit ein erneuter Druck erfolgen.

Das Drucken der Modelle erfolgte mittels eines speziellen Modell-Materials (dentona). Das Objekt – in unserem Fall das Modell – gelangt in einem Bad mit flüssigem Kunstharz (Photopolymer) zur gewünschten Form. Der 3D-Drucker FAB 12 basiert auf dem DLP-Verfahren. Ein Beamer belichtet während des Drucks den photoaktiven Kunststoff. Nach dem Druck werden die Modelle entnommen und im Ultraschall-Bad (Isopropanol 99,9 %) gereinigt. Die Druckqualität entsprach exakt unseren Vorstellungen (Abb. 8-13).

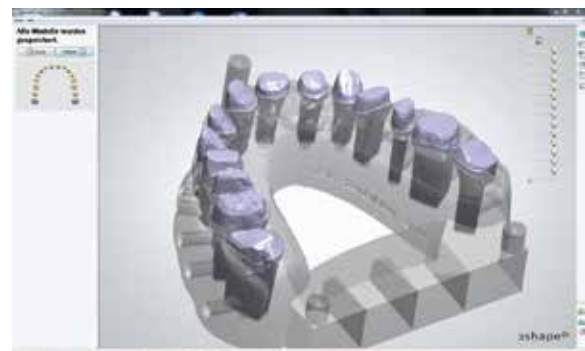


Abb. 6 u. 7: Im Oberkiefer wurden Einzelstümpfe hergestellt (Pendant zum Sägeschnittmodell).

Zeitgleich zur Konstruktion der Modelle wurden die Kronengerüste in der CAD-Software „modelliert“. Wie von vollkeramischen Verblendkronen bekannt, haben wir auf eine ausreichende Unterstützung der Verblendkeramik geachtet (anatomisch verkleinerte Kronenform) und eine Kombination aus Vollanatomie und Verblendgerüst erarbeitet (Abb. 14a-c). Die Umsetzung der Kronenkappen erfolgte in der 5-Achs-CAM-Maschine aus Zirkoniumdioxid. Gerüste und Modelle waren nun für die individuelle Verblendung vorbereitet – ohne den digitalen Workflow unterbrechen zu müssen. Die Kronen konnten auf den Modellen keramisch verblendet und fertiggestellt werden (Abb. 15a u. b). Hierzu bedarf es nach wie vor der zahntechnischen Handarbeit – zumindest bei hohen ästhetischen Ansprüchen. Die Eingliederung der vollkeramischen Kronen erfolgte im bekannten Vorgehen. Wie erwartet, war die Passung der Kronen erstklassig. Der digitale Workflow von der Abformung zur Gerüsterstellung lässt eine hohe Präzision erwarten (Abb. 16-18).

Zusammenfassung

Der 3D-Druck steht derzeit am Anfang einer dentalen Erfolgsgeschichte, die wir von Beginn an begleiten. In diesem Artikel wurde die Modellherstellung fokussiert. Ein weiterer Anwendungsbereich für den 3D-Druck ist die Bohrschablone für die navigierte Implantologie; diese wird von unseren Zahnärzten häufig nachgefragt. Dank des 3D-Drucks unterstützen wir nun nicht mehr „nur“ bei der virtuellen Pla-



Abb. 8: Entnahme des gedruckten Modells und vorsichtiges Abheben von der Bauplattform.



Abb. 9: Das gedruckte Alveolarmodell.



Abb. 10 u. 11: Das Drucken der Einzelstümpfe für den Oberkiefer und des Unterkiefermodells.



Abb. 12: Reinigung der Modelle im Ultraschallbad.



Abb. 13: Zusammgeführtes Ober- und Unterkiefermodell.

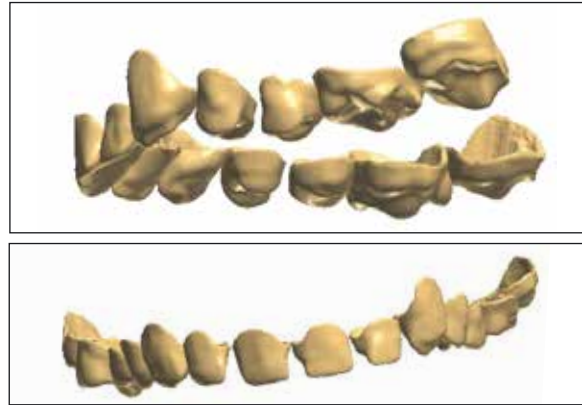


Abb. 14a-c: Konstruktion der Einzelkronen-Gerüste in anatomisch verkleinerter Kronenform. Das Fräsen erfolgte in der CAM-Maschine aus einem Zirkoniumdioxid-Blank.



Abb. 15a u. b: Die keramisch verblendeten Einzelkronen auf dem gedruckten Oberkiefermodell.



Abb. 16: Anprobe der Einzelkronen in der Praxis unter Anwesenheit des Zahntechnikers.

nung, sondern können zugleich die Bohrschablone herstellen. Bislang erfolgte dies entweder im händischen Vorgehen (aufwendig, fehlersensibel) oder bei einem externen Dienstleister (kostenintensiv). Mit dem laboreigenen 3D-Drucker konnten wir unser Angebotsportfolio um diesen Bereich erweitern.

Fazit

Die Vorteile, die sich aus der additiven Fertigungstechnologie ergeben, lassen immer mehr Labore den 3D-Druck nutzen. Innerhalb kurzer Zeit haben diverse Industrieanbieter dentale 3D-Drucker auf den Markt gebracht. Auch die Materialentwicklung hat ein rasantes Tempo. dentona entwickelt alle seine Materialien für den 3D-Druck selbst. Mittlerweile wird ein mundbeständiger Schienen-Kunststoff für den Druck angeboten. Das biokompatible Material (Medizinprodukt Klasse 2a) kann langfristig im Mund verbleiben. Der Restmonomergehalt ist verschwindend gering. Die meisten CAM-gefrästen Schienen (Medizinprodukt Klasse 1) können maximal für 30 Tage im Mund des Patienten verbleiben. Mit dem Schienen-Material für den 3D-Druck können wir nun endlich auch langfristige KFO-Behandlungen mit unseren Schienen begleiten. In naher Zukunft werden sich weitere Materialien entsprechend dem Medizinproduktegesetz etablieren, so dass beispielweise temporäre Kronen gedruckt werden können. Und damit ist das Potenzial des 3D-Drucks noch lange nicht ausgeschöpft. Die Zukunft ist 3D-Druck.



Abb. 17: Okklusal-Ansicht der eingesetzten vollkeramischen Kronen.



Abb. 18: Die fertig eingesetzten Kronen im Mund der Patientin.

Die zahnärztliche Umsetzung erfolgte in diesem Fall von Dr. Dr. Daniel Lind, Hamburg.



vFM Dentallabor GmbH
 von Fehrentheil & Morawe
 Zahntechnik Hamburg
 Borsteler Chaussee 111-115
 22453 Hamburg
www.vfm-hamburg.de

ZT Alexander von Fehrentheil

- 1996 -1999 Ausbildung zum ZT, 1996-2002 ZT-Geselle
- 2002-2004 Dentalhandel
- 2004-2006 Marketing, Forschung, Entwicklun
- 2006 Gründung des Dentallabors von Fehrentheil & Morawe GbR
- 2010 Gründung der vFM Dentallabor GmbH

ZTM Sascha Morawe

- 1992-1995 Ausbildung zum ZT
- 1995-2014 ZT-Geselle in verschiedenen Laboren
- 2005 Meisterschule Hamburg
- 2006 Gründung des Dentallabors von Fehrentheil & Morawe GbR
- 2010 Gründung der vFM Dentallabor GmbH
- Ehrenamtlich im Meisterprüfungsausschuss Zahntechnik Hamburg tätig
- Spezialisiert auf Digitale Technologien und ästhetisch-funktionelle Prothetik

Digitales Laborprofil:

- 2006 Einstieg in die CAD-Technik (KaVo-Everest)
- 2008 Tisch-Scanner 3 Shape D 700 CAD
- 2008 CAM-Fräsmaschine imes-icore
- 2009 Beta-Tester für 3M Espe Lava C.O.S. Intraoralscanner
- 2010 Testanwender i Tero Straumann Intraoralscanner
- 2012 Beta-Anwender für 3 Shape TRIOS MonoChrom
- 2013 Digitales Farbmessgerät Vita Easy Shade
- 2014 Zweite CAM-Fräsmaschine imes-icore
- 2015 Tischscanner von 3 Shape D1000
- 2015 Intraoralscanner Trios 3 Shape POD coulered inkl. Farbmessgerät
- 2015 FAB 12 pro 3D-Drucker zur additiven Fertigung
- 2012 Spezialisierung auf 3D-Modelle sowohl subtraktive als auch additive Verfahren
- Heute: Bohrschablonen für die navigierte Implantologie; Testanwender 3-Shape Implantstudio, integrierte Systeme: SMOP (Swissmeda), CO-Diagnostic (Straumann).