



3-D-Druck in der Zahnmedizin – How to start?

Die Zahnmedizin ist ein Berufsfeld, das permanenten Veränderungen durch die Entwicklung neuer Technologien unterliegt und obwohl sie das wahrscheinlich fortschrittlichste Gebiet im medizinischen Bereich ist, neigen Zahnärzte/-innen dazu, an alten Verfahren festzuhalten. Manchmal wirkt Veränderung, die stark technisiert ist, auch schlicht einschüchternd auf Neuanwender/-innen. Um Ihnen diese Ängste, sich in ein neues Gebiet vorzuwagen, zu nehmen, möchte ich Ihnen aus erster Hand berichten, wie man am besten in den 3-D-Druck startet und welche Vorteile für Ihre Praxis daraus resultieren können.

Eine der wichtigsten Veränderungen in meiner eigenen Praxis war die Einführung des CEREC-Systems im Jahr 2020 mit der gleichzeitigen Umsetzung einer 3-D-Druck Strecke. Die Notwendigkeit für diesen Schritt entstand aus dem Wunsch, Chairside-Zahnheilkunde anbieten zu können und somit die Pati-

enten/-innen, die ich tagtäglich begleiten darf, optimal praxisintern versorgen zu können. Hinzu kam der Blick auf die wirtschaftlichen Vorteile eines In-Office-Ansatzes.

Was kann 3-D-Druck?

Der dentale 3-D-Druck ist eine sich schnell entwickelnde Technologie, die die Art und Weise, wie Zahnmedizin praktiziert wird, revolutioniert hat. Diese Technologie ermöglicht es Zahntechnikern/-innen und Zahnärzten/-innen, mithilfe von digitalen Modellen, die aus Intraoralscans der Patienten/-innen erstellt wurden, präzisen und individuellen Zahnersatz wie etwa Kronen und Prothesen, aber auch Aufbisssschienen und Hilfsteile wie etwa individuelle Löffel oder Einbringhilfen herzustellen. Des Weiteren ermöglicht der dentale 3-D-Druck eine Kosten- und Zeitersparnis für niedergelassene Kollegen/-innen,

da viele Prozesse parallel zum laufenden Geschäft im Eigenlabor abgebildet werden können. Neben der Verbesserung der Genauigkeit und der Anpassung kann der dentale 3-D-Druck somit Zeit sparen und Kosten senken. Herkömmliche Methoden zur Herstellung von Zahnersatz können zeitaufwendig und arbeitsintensiv sein. Mit 3-D-Druck ist der Prozess viel schneller und effizienter. Dies kann zu kürzeren Termin- und schnelleren Bearbeitungszeiten für Patienten/-innen führen. Darüber hinaus kann der 3-D-Druck die Kosten senken, da teure Materialien und arbeitsintensive manuelle Prozesse entfallen.

Einer der Hauptvorteile des dentalen 3-D-Drucks ist die Möglichkeit, hochpräzise und individuelle Arbeiten herzustellen. Herkömmliche Methoden zur Herstellung von Zahnersatz wie die konventionelle Abdrucknahme und der manuelle Herstellungsprozess können wie schon erwähnt zeitaufwendig und im Vergleich zu digitalen Herstellungs-



prozessen ungenau sein – vor allem sind diese nicht beliebig oft reproduzierbar. Dies kann zu einer besseren Passform und Funktion sowie zu einem angenehmeren Erlebnis für den Patienten/-innen führen.

Trotz der vielen Vorteile des dentalen 3-D-Drucks muss ich auch auf einige potenzielle Herausforderungen hinweisen, die daraus für die eigene Praxis resultieren können. Die beiden größten Faktoren, die man also bei der Anschaffung einer 3-D-Druck-Strecke beachten sollte, sind Zeit und Geld. Die Kostensituation für eine Grundausstattung von 3-D-Druckgeräten und -materialien ist nicht unerheblich. Die Ausgaben beschränken sich hier jedoch nicht nur auf physische Dinge, sondern werden auch für Aus- und Weiterbildungen fällig. Man sollte sich also schon vor dem Erwerb der Geräte damit auseinandersetzen, ob man neben der Behandlungs- und Administrationszeit über genügend Zeit für eine Ausbildung verfügt.

Worauf sollte ich beim Start achten?

Auf dem Markt ist aktuell eine Vielzahl verschiedener dentaler 3-D-Drucker erhältlich, von denen jeder seine eigenen Merkmale und Fähigkeiten hat, welche uns die Hersteller im gegenseitigen Wettbewerb schmackhaft machen möchten. Wichtig ist zu wissen für welchen Anwendungszweck ich meinen dentalen Drucker in meiner Praxis nutzen möchte. Informieren Sie sich über verschiedene Optionen und wählen Sie einen Drucker aus, der die spezifischen Anforderungen Ihrer Praxis erfüllt. Reicht ein Filamentdrucker, der langsam druckt und Modelle für die Tiefziehtechnik erstellen kann vielleicht schon aus? Oder ist ein Resin-Drucker, der aus „flüssigen Kunststoff“ das Endprodukt in SLA- oder DLP-Technik erstellt, vielleicht die bessere Option?

SLA (Stereolithografie), DLP („Digital light processing“) und Filament 3-D-Druck (FDM) sind drei der beliebtesten 3-D-Drucktechnologien, die zur Herstellung von 3-D-Objekten aus digitalen Dateien verwendet werden. Hier sind die Hauptunterschiede zwischen ihnen:

SLA: Verwendet einen Laser, um flüssiges Harz Schicht für Schicht auszuhärten. Es produziert qualitativ hochwertige, genaue Objekte mit feinen Details, ist aber in der Regel langsamer und teurer als andere Technologien.

DLP: Verwendet einen digitalen Projektor, um ein lichtempfindliches Harz auf einmal auszuhärten. Es produziert Objekte mit hoher Auflösung, aber die Baugeschwindigkeit ist durch die Aushärtungszeit des Harzes begrenzt.

FDM: Verwendet einen beheizten Extruder, um geschmolzene Kunststofffilamente Schicht für Schicht abzulegen. Mit FDM erstellte Objekte sind im Vergleich zu SLA und DLP weniger genau und haben eine geringere Auflösung, sind jedoch zugänglicher und einfacher zu verwenden.

Ich habe mich bewusst für das DLP-Druckverfahren in meiner Praxis entschieden, da dieses mehrere Objekte gleichzeitig drucken und der Austausch der unterschiedlichen Materialien schnell und einfach, auch durch mein Assistenzpersonal nach eingehender Schulung, durchgeführt werden kann. Der Einstieg in den dentalen 3-D-Druck in einer Zahnarztpraxis kann eine erhebliche Investition sein. Daher sollte das Augenmerk nicht nur auf dem Kauf des Druckers selbst, sondern ganz speziell

auf den Möglichkeiten der zu verarbeitenden Resine liegen, denn viele Hersteller verkaufen geschlossene Systeme, in denen im Weiteren nur die Produkte des Herstellers selbst oder lizenzierte Partnerprodukte gedruckt werden können.

Synergie aus Intraoralscan, 3-D-Druck und geführter Implantologie

Die korrekte dreidimensionale Positionierung eines Implantats unterhalb der Implantatkrone ist heute entscheidend für die Implantatplanung. Daher benötigt man in dieser Phase die Möglichkeit, einen Planungsvorschlag zu erstellen, der Aufschluss über die zukünftige Position der prothetischen Versorgung im Verhältnis zum Gegenzahn und dessen umgebende Gewebe gibt.

Eine Möglichkeit besteht darin, diesen Vorschlag aus dem CEREC-System herauszugenerieren, indem im bekannten CEREC-Workflow ein Entwurf für einen CEREC-Guide erzeugt wird. Ziel dieses Ansatzes ist jedoch nicht, das CEREC-System tatsächlich als Scan- und Fräseinheit zu verwenden, da die Bohrhülsen für das von mir genutzte Implantatsystem (MegaGen) derzeit nicht von der CEREC-Software unterstützt werden. Daher exportiere ich den Entwurf einfach in ein DVT-Planungstool, um anschließend die individualisierte Bohrschablone im praxiseigenen Labor zu drucken.

In der Administrationsphase wird daher die Option „CEREC Guide“ ausgewählt. Unabhängig davon, ob ein Implantat oder ein Zwischenglied geplant werden soll, werden für jede Position der zukünftigen Restauration die entsprechenden Zähne ausgewählt und der Planungsprozess gestartet. Der Intraoralscan wird für den Ober- und Unterkiefer sowie die Bissregistrierung durchgeführt. Bereits während der Designphase kann nun die korrekte dreidimensionale Position der

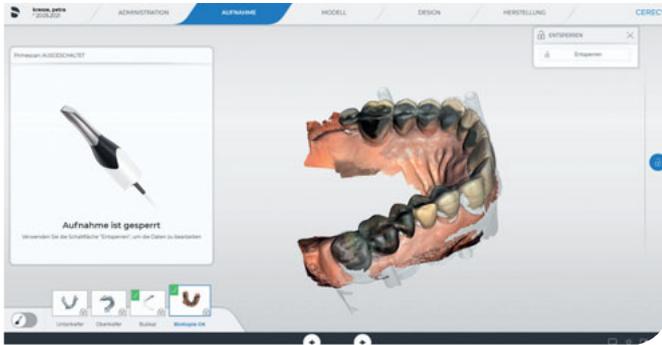
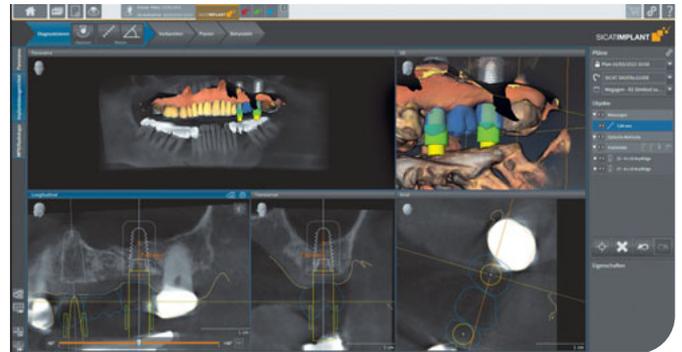


Abb. 1 Intraoralscan vor der Zahnextraktion.



Abb. 2 Intraoralscan nach der Zahnextraktion.

Abb. 3 Prothetischer Vorschlag zur Übertragung in die Software Sicat Implant.



Prothese bestimmt werden. Dieser Vorschlag wird im *.ssid-Format an das DVT-Planungsprogramm Sicat Implant weitergeleitet und der CEREC-Workflow an dieser Stelle verlassen.

Die Software Sicat Implant, die als eigenständige Software oder als Teil des sogenannten SicatSuite-Softwarebündels erhältlich ist, gleicht die Daten aus dem DVT und dem Intraoralscan ab. Damit kann der Planungsvorschlag importiert und eine virtuelle Implantatplanung durchgeführt werden. In diesem Planungstool werden die AnyGuide R2-Bohrer unterstützt, die es ermöglichen, eine metallfreie Hülse innerhalb der Bohrschablone zu konstruieren. Die Erstellung der Bohrschablone erfolgt nicht manuell, sondern mithilfe eines KI-Tools, das von Sicat als Pay-per-Use-Online-Dienst bereitgestellt wird. Nach Abschluss der Planung und dem Hochladen für die KI-Konstruktion dauert es durchschnittlich 12 bis 15 Min., bis eine *.STL-Datei bereitsteht, die auf jedem 3-D-Drucker gedruckt werden kann.

Ein Fallbericht aus meiner Praxis

Eine langjährige Patientin stellte sich Ende 2021 mit einer plötzlich stark gelockerten Brücke in Regio 25-27 vor. Vor der Zahnextraktion wurde ein Intraoralscan angefertigt (Abb. 1), um das exakte vertikale Maß für die spätere provisorische Versorgung zu erfassen und die Zahnform der bisherigen Brücke digital zu sichern (Initialscan der Patientin vor Extraktion). In einem Folgetermin wurden die Zähne gezogen (Abb. 2) und schließlich im Januar 2022 die Implantatplanung durchgeführt. Von einer zwischenzeitlich aufgetretenen COVID 19 hatte sich die Patientin gut erholt. Sie nahm keine Medikamente ein und hatte geringe Ansprüche an das ästhetische Ergebnis im Seitenzahnbereich. Ihr größter Wunsch war es, so schnell wie möglich wieder auf der zahnlosen Seite kauen zu können.

Das DVT zeigte eine ausreichende Knochenqualität und -quantität im Bereich des Prämolaren in Regio 25, jedoch

war im Bereich des zweiten Molaren ein unzureichendes vertikales Knochenvolumen vorhanden. Daher wurde ein direkter Sinuslift geplant. Glücklicherweise war der vertikale Knochen in diesem Bereich auf 7 mm reduziert, sodass ein geführter Zugang zum Erreichen der Schneiderschen Membran mit den 7-mm-Bohrern des AnyGuide R2 Guide Kit geplant werden konnte.

Es wurde ein neuer Intraoralscan durchgeführt, der Ober- und Unterkiefer in das beschriebene CEREC Guide-Protokoll einbezog. Aus diesen Daten konnte ein prothetischer Vorschlag erstellt werden, der anschließend in die Sicat Implant-Software übertragen wurde (Abb. 3). Die Bohrschablone wurde mithilfe einer KI entworfen (Abb. 4) und eine *.stl-Datei erzeugt. Diese kann man nach dem Herunterladen in den RayWare SprinTray-Slicer übertragen. Für den Druck benötigte ich nur 10 g KeyStone KeyGuide-Harz. Bei der Planung richtete ich besonderes Augenmerk auf die Positionierung der Stützstruktur, damit diese nicht zu dicht an den



Abb. 4 KI-designete Bohrschablone.



Abb. 5 Rekonturierung der Bohrschablone.

Was ist ein Slicer?

Eine 3-D-Slicer-Software wird verwendet, um 3-D-druckbare Modelle vorzubereiten, indem sie in Schichten „aufgeschnitten“ und G-Code generiert werden, bei dem es sich um einen maschinenlesbaren Code handelt, der den 3-D-Drucker steuert. Die Slicer-Software nimmt ein 3-D-Modell als Eingabe und schneidet es in mehrere dünne Schichten, berechnet den Werkzeugweg, dem der Drucker folgen muss, und gibt den G-Code aus. Diese G-Code-Datei kann dann in die Steuerungssoftware des 3-D-Druckers geladen und verwendet werden, um einen physischen 3-D-Druck des Modells zu erstellen.

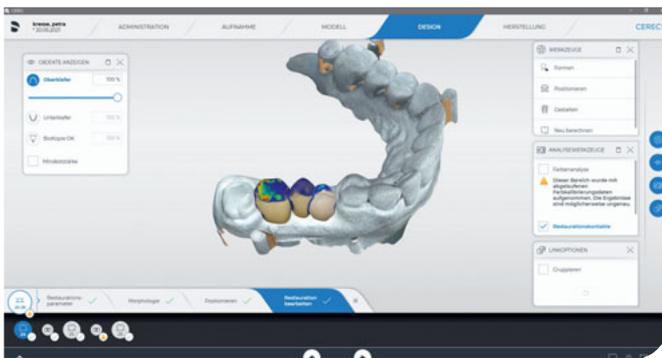


Abb. 6 Erstellung flexibler Prothese.

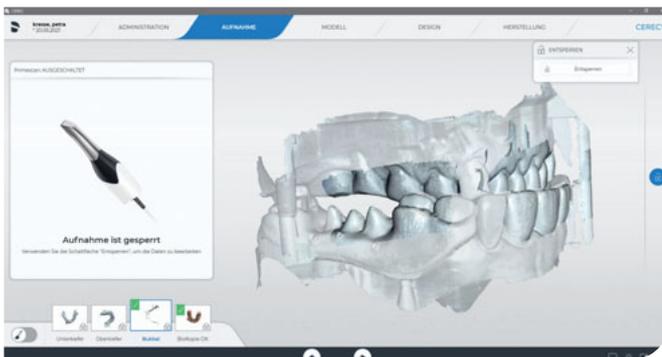


Abb. 7 Flexible Prothese nach erstem Intraoralscan.

Bohrhülsen lag und beim Entfernen keinen Schaden an der Schablone anrichten konnte. Mithilfe einer Ausriebahle habe ich den Hülsenbereich getrimmt und sämtliches überschüssiges Material von der Hülse entfernt (Abb. 5).

Zusätzlich zur Anleitung erstellte mein Zahntechniker anhand des ersten Intraoralscans digital eine flexible Prothese. Dieses wurde mit KeyStone Key-SplintSoft und Bego VarseoSmile Temp Harz gedruckt (Abb. 6 bis 9).

Der Weg zum geplanten Ziel

Vor dem Eingriff wurden der Patientin 20 ml Blut entnommen und Blutmembranen nach dem PRF-Protokoll erstellt (Abb. 10 bis 12). Nach lokaler Anästhesie konnte die gedruckte Bohrschablone anprobiert werden. Besonders zu beachten ist hier der passive Sitz der Schablone, sodass sie ohne weiteres Zutun auf dem Gebiss sitzt (Abb. 13). Danach konnte ich mit einem Schnitt den OP-Situs öffnen

(Abb. 14). Auf eine vertikale Entlastung wurde bewusst verzichtet, um die Ernährung des bukkalen Lappens nicht zu gefährden.

Der erste Bohrer, der zweite Bohrer und der 7 mm-Bohrer (\varnothing 2,0 mm) wurden verwendet, um eine initiale Knochenkavität zu erzeugen. Die Bohrschablone wurde entfernt und die Kavität auf Knochendefekte, besonders bukkal im Bereich der vestibulären Lamelle, untersucht. Außerdem wurden zur doppelten Kontrolle Richtungsanzeiger des AnyRidge-Systems eingesetzt, um die Achsen der Kavität zu kontrollieren. Anschließend erfolgte die Erweiterung der Bohrung gemäß Bohrprotokoll (Abb. 15). Als im Bereich des zweiten Molaren eine Tiefe von 7 mm erreicht war, wurde die Schneidersche Membran mithilfe von Osteotomen (Abb. 16 und 17) auf eine Höhe von 10 mm angehoben. Zur Anwendung kamen einmal PRF und ein AnyRidge-Implantat (4,5/10 mm), das ich manuell platzierte (Abb. 18). Des Weiteren ein zweites AnyRidge-Implantat (4,0/10 mm), das im präparierten Bereich des Prämolaren eingesetzt wurde. Bei der Kontrolle der Implantatstabilität wurden

copyright by
all rights reserved



Abb. 8 Teile der Prothese.



Abb. 9 Flexible Prothese.



Abb. 10 Situation am Tag des Eingriffs.



Abb. 11 Blutentnahme Patientin.



Abb. 12 Erstellung Blutmembranen nach dem PRF-Protokoll.



Abb. 13 Passiver Sitz der Bohrschablone.



Abb. 14 Öffnung OP-Situs.



Abb. 15 Erweiterung der Bohrung gemäß Bohrprotokoll.



Abb. 16 Indirekter Sinuslift.



Abb. 17 Anhebung Schneidersche Membran mithilfe von Osteotomen.



Abb. 18 Platzierung Implantat.



Abb. 19 Kontrolle der Implantatstabilität und Messung ISQ-Werte.



Abb. 20 Schließung OP-Situs.

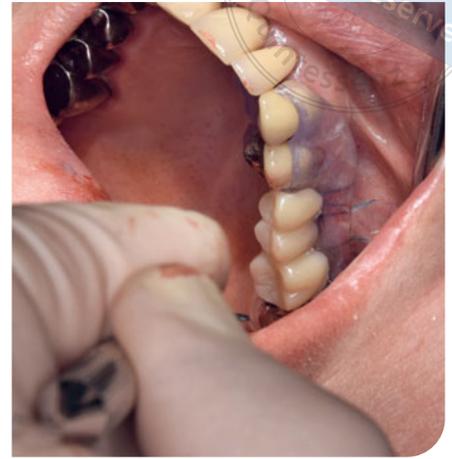


Abb. 22 Digital gestaltetes Provisorium.

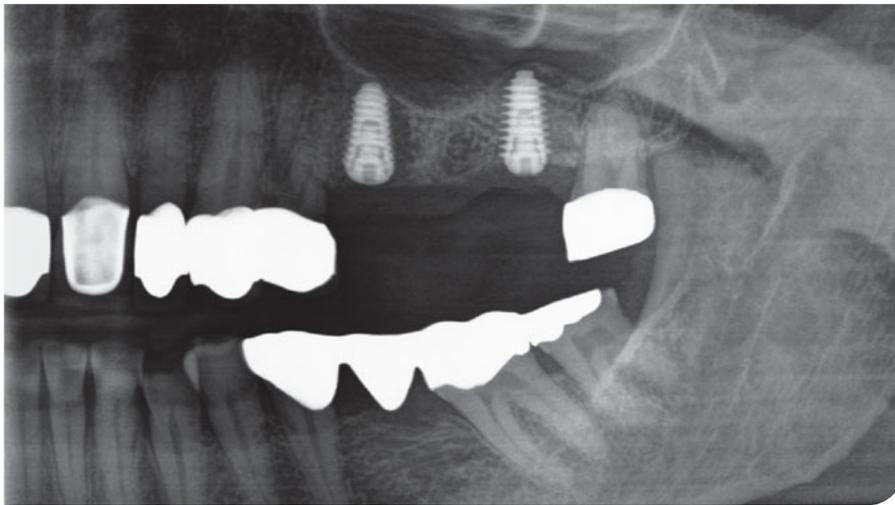


Abb. 21 Postoperative Röntgenaufnahme.

ISQ-Werte von 65/65 und 65/75 gemessen (Abb. 19) und der OP-Situs daraufhin geschlossen (Abb. 20). Die postoperative Röntgenaufnahme zeigte die lege artis Elevation der Schneiderschen Membran und der Patientin wurde das digital gestaltete Provisorium zur Verfügung gestellt (Abb. 21 bis 22).

Abschließende Worte

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der dentale 3-D-Druck den beschriebenen Workflow erst ermöglicht

hat. Es handelt sich um eine sich schnell entwickelnde Technologie, die das Potenzial hat, die Art und Weise, wie Zahnmedizin praktiziert wird, zu revolutionieren. Es wird möglich, hochpräzise und individuelle Teile für die zahnärztliche Praxis herzustellen, dabei Zeit zu sparen und auf lange Sicht Kosten zu senken.

Sind die anfänglichen Hürden der Anschaffung und Einarbeitung erst einmal genommen, so bietet der 3-D-Druck in der eigenen Praxis das Potenzial, die Ergebnisse für die Patienten/-innen zu verbessern und die Zahnheilkunde effizienter und effektiver zu machen.



Melanie Waldmeyer



Manuel Waldmeyer

Dr. med. dent.
Zahnarztpraxis Dr. Waldmeyer
Opernstraße 2, 34117 Kassel
E-Mail: info@dentalekt.de