



3D-Druck – wirklicher Vorteil oder digitaler Hype?

Abb. 3: Stumpfmodelle aus einem Projekt/ MJP-Drucker ohne Nachhärtung. Direkt nach Wachssupport-Entfernung. (Quelle: <https://www.3dsystems.com/dental>)

Von Applikationen bis Zeitberechnung. Ein Beitrag von ZT Stephan Winterlik und Woo-Ttum Bittner, Kieferorthopäde aus Berlin.

Verschiedene Technologien

In der Zahnmedizin ist der 3D-Druck in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus gerückt. Die Angst, die viele Kieferorthopäden

umtreibt, ist, ob dieser lediglich wieder eine neue Welle darstellt, die durch den Berufsstand schwappt, oder ob der 3D-Druck doch zu einer neuen festen Größe wird. Die Tendenzen weisen wie bei der Scannertechno-

logie deutlich auf Fortschritt sowie eine stabile, tägliche Nutzbarkeit. Auch die Finanzierbarkeit und die Amortisierung sind unverzichtbare Gesichtspunkte, die mehr und mehr Berücksichtigung finden.



Abb. 1: FDM-gedrucktes Chirurgieplanungsmodell mit sehr deutlicher Rillenbildung nach der Produktion. (Quelle: <https://vexmatech.com> [Indien]) – **Abb. 2:** Gedruckte Prothesenbasis ohne Nachbearbeitung aus einem DLP-Drucker mit Figur 4-Technologie. Die Standardzähne wurden mit klarem Druckmaterial eingebracht und gehärtet.

Folgender Beitrag soll einen Einblick in die 3D-Druckwelt geben und auch für erfahrene Nutzer den einen oder anderen Tipp aus Praxisicht bereithalten. Durch die enge Verfolgung und Verbundenheit mit dem 3D-Druckmarkt soll Kollegen und Kunden ein Gesamtüberblick vermittelt werden – von der Technologie über die Praxiseinbindung, dem täglichen Nutzen bis hin zu Applikationsmöglichkeiten und Amortisation.

Die Druckertechnologie entwickelt sich so rasant, dass man selbst als Profi kaum den Überblick behält und als normaler Anwender noch viel weniger. Diese Technologie ist zwar bereits seit 1986 auf dem Markt, wurde allerdings sehr lange nur für die Prototypenproduktion und den Kleinserien- sowie Formenbau verwendet. Die Zahnmedizin braucht jedoch für die tägliche, zuverlässige Nutzbarkeit den 3D-Druck in präziser Produktionsqualität.

Man kann also durchaus sagen, dass erst heute das Motto „3D printing makes production real“ wirklich nach und nach zur Realität wird. Einige alteingesessene Hersteller haben diesen Trend bereits verstanden und investieren jährlich hohe sieben- bis achtstellige Summen, um in der Entwicklung ganz vorn mit dabei zu sein. Oftmals stellen die Technologie und Materialkunde in ihrem jeweiligen Verständnis bereits allein eine Wissenschaft für sich dar. Jene Technologien, die in der Zahnmedizin am häufigsten vorkommen, werden in diesem Artikel zusammengefasst.

Fused Deposition Modeling (FDM)

Bei diesem Verfahren wird ein Kunststoff-Filament von einer Spule abgerollt und in einem erhitzten Druckkopf aufgeschmolzen. Dies geschieht ähnlich wie bei einer Heißklebepistole. Die hauptsächlichen Punkte, die den Einsatz dieser Technologie limitieren, sind momentan die Druckgeschwindigkeit und die Produktion, Modell für Modell. Darüber hinaus kann eine bessere Auflösung als 100 µm in aller Regel nicht erreicht werden, sodass auch die Oberfläche deutliche Rillen und eine sehr negative Modellbeschaffenheit aufweist. Dieses Verfahren eignet sich nach Auffassung der Autoren daher nur sehr reduziert für die Produktion in der Zahnmedizin. Als positiver Aspekt ist aber sicherlich anzusehen, dass es hierbei Druckfilamente gibt, die kompostierbar sind, und somit ein positiver Beitrag für die Umwelt geleistet werden kann.

Stereolithografie (SLA)

Diese Technologie hat in manchen Low-Cost-Printern innerhalb der letzten zwei Jahre für ziemliche Furore gesorgt. In der Massenproduktion von Tiefziehmodellen ist diese Produktionsweise bei Großindustriedruckern bereits seit vielen Jahren nicht wegzudenken. Letztendlich arbeiten all diese Geräte mit einem Kunstharzreservoir und einem Laser, der entweder von oben oder von unten durch eine Glas- oder Kunststoffwanne das 3D-Modell aushärtet.

Die wichtigsten Punkte, die man wissen sollte, sind die durchaus guten Modelloberflächen (im Mittel 50 µm) und die längeren Druckzeiten. Darüber hinaus muss eine gewisse Modellabstützung (Supportstruktur) angebracht und ein Nachreinigungs- und Nachhärteprozess durchlaufen werden. Hier sollten eventuelle Schrumpfungen, die völlige Aushärtung sowie die Haltbarkeit der Kunstharzreservoirs Beachtung finden. Eine Produktion von 10 bis 15 Zahnkränzen bis hin zu mehreren Hundert Stück pro 24 Stunden sind (je nach Maschine) durchaus erreichbare Ziele.

Digital Light Processing (DLP)

DLP stellt wohl die schnellste Produktionsmethode dar, die je nach Hersteller auch für beeindruckende Oberflächenqualitäten sorgt. Auf der jüngsten Internationalen Dental-Schau in Köln wurden neue Technologien mit Produktionszeiten von rund zehn Minuten für vier Zahnkränze vorgestellt, die ab Anfang 2018 den Dental- und Gesundheitsmarkt erobern sollen. Große Überschriften innerhalb dieses Technologiebereichs sind „Clip“ oder „Figur 4“, die je nach Anwendungsgebiet das Drucken sichtbar machen. Es ist sozusagen sichtbar, wie mein gedrucktes Objekt aus einer Flüssigkeit heraus entsteht. Somit wären indirekte Klebetrays, Retentionsschienen oder Platzhalter in einer kurzen Patientensitzung realisierbar, chairside sozusagen. Die DLP-Technik funktioniert im Groben wie ein Overheadprojektor, der unter einem Kunstharzreservoir Bereiche hell oder dunkel darstellt und somit das Modell oder Ähnliches erstellt. Auf eine Supportstruktur kann nur teilweise verzichtet werden. Und um eine nachträgliche Reinigung und Nachhärtung kommt man auch hier nicht herum. Nur selten können die Lichtöfen eine Breitbandlichtquelle vorweisen und somit eine 100-prozentige Tiefenaushärtung und eine verzugfreie Produktionsqualität garantieren. Sicherlich werden viele sich freuen, dass hier die komplett zertifizierten Abläufe vom Drucker über das Material bis hin zur Aushärtung für die Erstellung von zugelassenen Medizinprodukten kurz vor der Realisierung stehen. Das bedeutet, dass die zertifizierten und validierten Abläufe für Geräte der Medizinklasse I und IIa zugesichert werden können.



Abb. 4: Kombination aus 3D-Metalldruck und Frästechnik. Steckbare Stegarbeit mit Nacharbeit in einer Dentalfräsmaschine, um die gewünschte Passung und Oberflächengüte sicherzustellen. (Quelle: 3dsystems)



Abb. 5: Beispiel für eine breite Materialauswahl. Mit der obligatorischen Zulassung der Klassen I und IIa. (Quelle: <https://nextdent.com>)

ProJet / MultiJet Printing (MJP)

Bei dieser Produktionsweise kann auf mechanische Supports verzichten werden. Allerdings wird zum Druckmaterial (Modellmaterial) immer ein Supportmaterial verdruckt, um unter sich gehende Bereiche abzustützen. Ob dieses Supportmaterial gel- oder wachsartig ist, wird je nach Hersteller unterschiedlich gehandhabt. Die Druckköpfe verdrucken Schicht für Schicht, ähnlich wie bei einem Tintenstrahldrucker, das Material auf eine Bauplattform. Es werden bei Druckern mit Wachssupport die besten und homogensten Oberflächenqualitäten erzielt. Auch eine spätere Sicherstellung der eventuellen Biokompatibilität in den Klassen I (Medizinklassen) des gedruckten Objektes wird mit Wachssupport erfolgreich sichergestellt. Eine Nachhärtung ist nicht erforderlich. Einzig eine Wachsentfernung im Ofen (ca. 75 °C) ist notwendig. Bei gelartigen Supportmaterialien muss dem Support mit Wasserstrahl und Natronlauge zu Leibe gerückt werden. Dies ist oftmals nur bei größeren Räumlichkeiten gut umsetzbar und bindet zudem Arbeitskräfte.

Direct Metal Printing (DMP)

An eine kleine Laborlösung für einen Metalldrucker ist die nächsten Jahre sicherlich noch nicht zu denken, obgleich es bereits die ersten Desktoplösungen gibt, die allerdings mit sechsstelligen Summen zu Buche schlagen. Diese Technologie wird sicherlich in der Kieferorthopädie die seltenste Nutzung erfahren, weil nur selten individuelle Metallapparaturen, wie in der Implantologie oder Prothetik, Verwendung finden. Im Grunde funktioniert diese Technik ähnlich wie die eines SLA-Druckers, mit dem Unterschied, dass es ein Metallpulverreservoir gibt anstelle eines Kunstharzreservoirs. Zusätzlich muss die Oxydation des zu schmelzenden Metalls kontrolliert werden, wobei Schutzgas zum Einsatz kommt. Wer dennoch

auf diese stabilen, individualen Lösungen Wert legt, wird sicherlich auf einen Anbieter in Europa zugehen, der die Chrom-Cobalt- oder Titan-Produktion beherrscht. Aufgrund des digitalen Versands kann hier auch mit Produktionszyklen von wenigen Tagen gerechnet werden.

Genauigkeit der Oberflächen

Immer wieder werden Schaumodelle auf Messen präsentiert, die alles andere als homogene und glatte Modelloberflächen darstellen. Dies spielt in aller Regel in der herkömmlichen Zahnmedizin bei der Kronen-/Brücken- und Implantat-Modellherstellung eine große Rolle. In der Kieferorthopädie nimmt es eher eine leicht untergeordnete Rolle ein.

Es gibt einige Hintergründe, die man auch bei der Eigenproduktion von Modellen wissen sollte, wenn eine Oberfläche eine starke Rauigkeit oder Rillenbildung aufweist. Meist ist dies nicht automatisch ein Hinweis auf eine geringe Qualität oder Genauigkeit des Modells. Vielmehr zeigt es leider sehr deutlich, dass es der Druckerhersteller bzw. Druckeranbieter mit der Abstimmung und Validierung zwischen Druckmaterial, Druckauflösung, Belichtungszeit und Nachhärteprozess nicht so genau genommen hat. Das bedeutet, wenn ein Modell eine sehr starke Rillenbildung zeigt, ist fast immer von einer Überbelichtung und somit von einer größeren Sprödigkeit des Materials auszugehen. Wenn das Material eine sehr homogene, aber ungenaue Kantenstruktur darstellt, ist in aller Regel eine Unterbelichtung und vielleicht zusätzlich ein zu aggressives Lösungsmittel in der Nachbearbeitung verwendet worden. Die Oberfläche ist im wahrsten Sinne des Wortes einfach verschwommen oder abgeätzt. Diese unterschiedlichen Oberflächenqualitäten sind teilweise bei gleicher Druck-

auflösung zu erkennen und lassen somit nicht auf die Schichtstärke des Druckers schließen (µm). Nur wenige Anbieter von 3D-Druckern produzieren ihre Geräte und auch ihre Materialien selbst und stimmen diese aufeinander ab. Schlagworte wie „OEM“ (Original Equipment Manufacturer) oder „Privatlabel“ haben hier eine hohe Verbreitung.

Ob das Material die richtige Ausrichtung zur Lichtbandbreite des Druckers hat, bringt wohl als Information nur den echten Profis ihrer Zunft etwas (385 oder 405 Nanometer). Es bleibt festzuhalten, dass nicht alles zusammenpasst, was man augenscheinlich miteinander kombinieren kann. Die Kombinationsunterschiede resultieren daraus, dass es viele Hürden der medizinischen Zulassung gibt, die je nach Zertifizierungs-kategorie ein bis drei Jahre des Zulassungsprozesses beanspruchen. Somit sind die meisten Geräte ein Zukaufprodukt (OEM-Produkt), was mit einem zusätzlich zugekauften Druckmaterial bestückt wird.

In etwa 75 Prozent der Fälle ist das Material, was in den heutigen dentalen 3D-Druckern Verwendung findet, von ein und derselben Firma, die bereits vor einigen Jahren die Zulassungen und Materialvariationen auf den Weg gebracht hat. Lediglich Anpassungen und Testdrucke in drei- bis vierstelliger Anzahl haben bei guten Herstellern zur perfekten Abstimmung zwischen Material und Drucker geführt. Alle anderen gehen den Weg der Einfachheit halber nur bis zu einem gewissen Punkt und nicht bis zur Perfektion. Eine homogene, vollkommen ausgehärtete und verzugfreie Oberfläche mit einer präzisen Kantenschärfe ist das Maß der Dinge und sollte unser aller Anspruch sein. Dies ist genauso ein Punkt, wie z. B. die Kratzfestigkeit der Oberfläche und die Farbgebung des Materials, die auf die persönlichen Bedürfnisse abgestimmt sind.

Technische Eigenschaften und Voraussetzungen

Ein 3D-Drucker kann in aller Regel in jedem Labor genutzt werden, wenn ein paar Punkte beachtet werden:

1. Ein 3D-Drucker hat meist ein oranges Kunststoffglas, was die Sonneneinstrahlung mindert, um die unkontrollierte Aushärtung des zu verdruckenden Materials zu verhindern. Bedeutet, dass ein 3D-Drucker nicht in Räumen Verwendung finden sollte, die bei direktem Sonnenlicht (Südseite) nicht zu verdunkeln sind.
2. Je nach verwendetem Material sind auch die Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit ein ernsthaftes Problem. Hier sollten Sie Ihren Hersteller etwas genauer unter die Lupe nehmen und um Rat fragen.
3. Manchmal sind die zu verwendenden Druckmaterialien von einem sehr intensiven Kunststofflösungsgeruch begleitet. Dies, in Kombination mit dem Kunststoffgeruch von herausnehmbaren Platten, kann für erhebliche Beeinträchtigungen am Arbeitsplatz des Zahntechnikers sorgen.
4. Ein Netzwerkanschluss an den Praxisserver ist unabdingbar, wenn man auf einen zügigen und sicheren Austausch von Daten zwischen Scanner und Drucker Wert legt.
5. Manche Geräte brauchen zusätzlich einen PC, der die Nesting-Software (Software zur virtuellen Positionierung auf dem Drucker) einwandfrei wiedergibt und so die Printjobs (Druckaufträge für den Drucker) generiert.
6. Meistens sollten Einweghandschuhe und ein Augenschutz bei der Materialverwendung zur Verfügung stehen, weil das nicht ausgehärtete Material nicht wirklich gesundheitsfördernd ist.
7. Wenn offene Flüssigkeiten zur Anwendung kommen und keine geschlossenen Kartuschen für den Drucker bereitstehen, dann ist sicherlich der Schutz vor Verunreinigung auf dem Laborboden ein weiterer Punkt, auf den geachtet werden sollte.
8. Bei Reinigungsprozessen mit Ethanol, Wasser oder anderen Dingen (je nach Hersteller) bedenken Sie bitte, dass es sich nach der Reinigung um eine Flüssigkeitsättigung handelt. Das bedeutet, dass es sich um kontaminierte Flüssigkeiten handelt, die oftmals gesondert entsorgt werden müssen!

tipp



„Der Stellplatz des Druckers ist ein nicht zu unterschätzendes Problem. Erste Versuche mit einem Drucker in einem zu warmen Raum haben in unserer Praxis zu Fehldrucken geführt. Neben einer staubfreien und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützten Stellfläche brauchen Sie am besten auch noch einen Computerarbeitsplatz in unmittelbarer Nähe mit den entsprechenden Netzwerkanschlüssen.

Unser ‚digitales‘ Labor, bestehend aus einem Stratasys-Drucker und einem PC-Arbeitsplatz, ist in einem eigenen Raum untergebracht, während die Modellversäuberung im normalen KFO-Labor stattfindet, da hier ein Wasseranschluss benötigt wird.“

Woo-Ttum Bittner, ADENTICS – Die Kieferorthopäden, Berlin

Anwendungen/Applikationen

So einige Kieferorthopäden argumentieren, dass ein 3D-Drucker sich für ihre Praxis nicht lohnt und nur am Rande wirklichen Nutzen suggeriert. Diese Aussage kann nur unter bestimmten Bedingungen so bestätigt werden.

Ein Drucker wird sich sicherlich kaum lohnen, wenn eine Praxis nur gering digital aufgestellt ist und weder einen Intraoralscanner noch einen Modellscanner bereithält. Zusätzlich wird in einer Praxis mit geringem Innovationsinteresse eine solche Technologie nur sehr selten Anwendung finden. Wer hingegen in seinem täglichen Ablauf neue Wege sieht und gern nach Ideen und Optimierungen Ausschau hält, der wird sicherlich einer der erfolgreichen Nutzer von 3D-Druckern sein und diese entsprechend verwenden. 3D-Druck, oder auch additive Fertigung genannt, ist im ersten Blick sicherlich für das Produzieren von Studienmodellen oder Arbeitsmodellen, für herausnehmbare Platten im eigenen Labor gedacht. Ob diese Modelle innen ausgefüllt, innen hohl und außen geschlossen, innen hohl und unten offen sind oder gar mit einer Wabenstruktur im Inneren versehen werden, bleibt jedem Nutzer

selbst überlassen. Diese Funktionen sind je nach CAD-Software teilweise automatisch wählbar. Dass diese Möglichkeiten überhaupt gegeben sind, um Material und Ressourcen einzusparen oder Stabilitäten zu steuern, ist ein wesentlicher Fortschritt im Zusammenspiel von Software und Drucker. Ob ein Modell in manchen Behandlungsschritten physisch noch benötigt wird, ist je nach Bundesland selbst zu eruieren. Die Eigenproduktion von Zahnkorrekturschienen (Alignern) ist bei den meisten Kieferortho-

tipp

„Weil sich das Arbeiten mit Gipsmodellen in den Köpfen der Zahnärzte, Kieferorthopäden und Berufsverbänden über die letzten Jahrzehnte so sehr etabliert hat, ist es für viele schwer vorstellbar, dass digitale Modelle präziser und sogar günstiger als Gipsmodelle sein können. Die bisher größte Hürde für den Alltag ist die Abrechnung der digitalen Abformung und der Modelle im GKV-Bereich, wo die KZVen unverständlicherweise noch auf die Abformung mit Alginat und die Erstellung von Gipsmodellen bestehen. Auch hier ist eine Anpassung der Abrechnungsstrukturen an zeitgemäße und moderne Verfahren höchst überfällig.“

(Woo-Ttum Bittner)

päden sicherlich eine der am häufigsten gesehenen Indikationen. Eine spontane Produktion eines neuen oder zusätzlichen Set-ups für den Tiefziehvorgang stellt eine hohe Flexibilität und Wirtschaftlichkeit für die Praxis und den Patienten dar. Welche Software hierbei vom Kieferorthopäden eingesetzt wird, ist in aller Regel frei zu wählen. Alle, die bereits mit einem Auge auf druckbare Tiefziehschienen schauen, müssen zum heutigen Zeitpunkt noch enttäuscht werden. Die Materialentwicklung ist zwar auf dem besten Wege, dies zu schaffen. Es erfordert allerdings noch einige Jahre an Geduld, da die damit zusammenhängende Zertifizierung für Medizinprodukte weitere Zeit verschlingt. Mit einfachen Modellen, ob für die herausnehmbare Spange, als gesockeltes Modell für den Patienten oder den überweisenden Kollegen, kann man heute wohl keinen Kieferorthopäden mehr überraschen.



Abb. 6: Beispiel für eine Bohrschablone oder OP-Splint. Das Material verliert seine Farbe erst nach der Sterilisation, sodass dieser Vorgang auch augenscheinlich vor Gebrauch sichergestellt ist. (Quelle: <https://nextdent.com>) – **Abb. 7:** Beispiel für einen Platzhalter aus Klasse IIa zugelassenem, mit Keramikpartikeln verstärktem 3D-Druckmaterial. (Quelle: <https://nextdent.com>)

Praktische Anwendungsbeispiele

Es gibt mittlerweile druckbare Materialien auf dem Markt, die es nicht nur erlauben, Modelle additiv zu fertigen, sondern auch das Endprodukt zu produzieren. Das bedeutet, nicht nur Hilfselemente zu produzieren, sondern ohne Zwischenschritt zum Beispiel fertige Retentionsschienen oder Chirurgieschienen zu drucken. In den hinlänglich bekannten CAD-Softwaresystemen können von der Schienenformgebung bis hin zur Eckzahnführung alle Aspekte für die korrekte Patientenbehandlung bzw. alle notwendigen Arbeitsschritte vor dem Drucken gestaltet werden. Wenn hier die Kombination mit einem sehr schnellen Drucker umgesetzt wird, kann eine durchaus beeindruckende Produktion aufgestellt werden.

Weitere Applikationen können auch bereits digital ausgeblockte Arbeitsmodelle für herausnehmbare Geräte und bei Bedarf indirekte Klebetrays sein. Ob die indirekte Klebmethode ein gedrucktes Modell mit Bracketstegen für eine Tiefziehschienenübertragung umfasst oder gedruckte Einzelzahn-Jigs, bleibt dem Kieferorthopäden selbst überlassen.



Abb. 8: 3D-gedruckte Dehnplatte mit eingebauter, konventioneller Dehnschraube. (Quelle: <http://www.anenke.com>)

Manch ein Kollege denkt bereits über ein direkt gedrucktes, dauerelastisches Übertragungstray nach und sieht hier seine Vorteile. Es wird in den nächsten 12 bis 24 Monaten definitiv weitere Materialentwicklungen mit entsprechend medizinischen Zulassungen für die Klassen I und IIa geben, was uns noch mehr Möglichkeiten eröffnen wird. Bereits jetzt sind mehr als 20 Materialien mit allen Zertifikaten auf dem Markt verfügbar. Im Jahr 2018 wird es voraussichtlich 10 bis 20 zusätzliche Materialien geben. Einzig der Zulassungsprozess, der je nach Materialklasse zwischen ein bis drei Jahren in Anspruch nimmt, stellt einen Flaschenhals in der Kreativität eines jeden Kieferorthopäden und 3D-Drucker-Anbieters dar. Auch temporäre Platzhalter in verschiedenen Zahnfarben gehören zu den druckbaren Möglichkeiten. Mit Keramikpartikeln gefüllte, druckfähige Materialien sind in fast allen gängigen Farben heute bereits verfügbar. Eine ausreichende Stabilität für einige Wochen oder gar Monate sind eine echte Bereicherung für den fortschrittlichen Kieferorthopäden.

Kunststoff- und Aufbisschienen können ebenso aus dem 3D-Drucker kommen und sind in vielerlei Hinsicht teilweise eine schnelle und kosteneffiziente Alternative zur herkömmlichen Produktion von herausnehmbaren Platten oder Schienen. Die ersten Start-up-Unternehmen sind bereits gesichtet worden, die herausnehmbare Geräte mit eingebauten Halteelementen und Schrauben aus dem 3D-Drucker präsentieren. Wie die detaillierte Befestigung und Haltbarkeit dieser neuen Apparaturen sein wird, werden wir in den nächsten Monaten und Jahren sicherlich beobachten können. Alles in allem sieht man mit solch neuen Businesskonzepten, in welche Richtung es mit dem zahnmedizinischen Berufsstand im Allgemeinen geht. Davon nicht ausge-

nommen sind natürlich auch die Mitarbeiter, die solche Technologien nicht nur bedienen, sondern auch beherrschen müssen. Unabdingbar wird künftig ein Zahntechniker sein, der zunehmend zur Fingerfertigkeit auch IT- und CAD/CAM-Erfahrung mitbringen muss. Sicherlich bleiben hier ein zunehmendes Schulungsaufkommen und die Investition in das Personal in der kieferorthopädischen Praxis ein hohes Gebot.

tipp 👍

„Mit der Herstellung von kieferorthopädischen Geräten auf digitalen Modellen erhöht sich nicht nur die Präzision, sondern es senkt sich auch die Fehleranfälligkeit des Herstellungsprozesses (z. B. keine verzogenen Abdrücke oder falsch getrimmte Modelle mehr). In unseren Praxen werden inzwischen auch Funktionsregler erfolgreich auf digital erstellten Modellen hergestellt. Wenn sich die neue Generation an mundbeständigen druckbaren Kunststoffen im Praxiseinsatz bewährt, können auch komplexe funktionskieferorthopädische Geräte gedruckt werden.“
(Woo-Ttum Bittner)

Auch Produktionen, die ein Alleinstellungsmerkmal darstellen bzw. einen eventuellen Werbeeffekt für die Praxis haben, sollte man nicht außer Acht lassen. Man könnte z. B. dem Patienten zum Besprechungstermin bereits ein Ziel-Set-up zur Entscheidungsfindung oder sogar ein Mock-up (Provisorium für die Frontzähne) drucken, damit er nicht nur virtuell, sondern direkt im Spiegel seine neue Zahnsituation begutachten kann. Und das alles, noch bevor die eigentliche kieferorthopädische Behandlung überhaupt begonnen hat. Solch ein Mock-up findet in der



9



10

Abb. 9: Beispiel für ein gedrucktes Mock-up oder Provisorium nach Reinigung und ohne Supportentfernung. (Quelle: <https://nextdent.com>) – **Abb. 10:** 3D-gedruckte Retentionsschiene nach Supportentfernung und herkömmlicher Politur. (Quelle: <https://nextdent.com>)

prothetisch-ästhetischen Versorgung bereits zunehmend seine Anwendung.

Ein weiteres Anwendungsgebiet sind Retentionsschienen, die nach einer Behandlung als stabile Lösung für die Nacht das kieferorthopädische Ergebnis „konservieren“. Diese sind nicht nur werbetechnisch, sondern auch mit deutlich geringerem Zeitaufwand herzustellen und jederzeit reproduzierbar. Wahrscheinlich wird der eine oder andere Leser sich bereits in seiner Fantasie weitere Möglichkeiten ausmalen und Pläne schmieden. Wir hoffen, mit diesem kurzen Überblick zur Anregung beigetragen zu haben. Wir dürfen allerdings nicht vergessen, dass wir bei allen Produkten, die wir produzieren, zwingend die Abläufe und zusätzlichen Geräte des Herstellers zu verwenden haben. Nicht jeder Drucker ist mit jedem Material und Nachhärtprozess kombinierbar. Zusätzlich werden bei Hilfsteilen, die im Mund verwendet werden, automatisch die Richtlinien eines Medizinproduktes hinzugezogen, und das sollten wir mit unserem Qualitätsanspruch niemals vergessen. Es muss eine korrekte und einwandfreie Verarbeitung und Erstellung eines jeden kieferorthopädischen Gerätes und Hilfselementes sichergestellt sein.

tipp

„Gerade hinsichtlich eines kieferorthopädischen Retentionsprotokolls, das auf einer lebenslangen Retention eines Behandlungsergebnisses basiert, sind solche digital erstellten Schienen sinnvoll, da hier die Modelle einfach über einen unbegrenzten Zeitraum vorgehalten werden können, um Retentionschienen bei Bedarf jederzeit nachproduzieren zu können. Invisalign® macht das mit seinen Vivera-Retainern erfolgreich vor.“ (Woo-Ttum Bittner)

Nutzen

Der Nutzen ist für manche Kieferorthopäden noch immer nicht direkt ersichtlich, darum geben wir Ihnen einen kurzen Überblick über einen möglichen Ablauf, den Sie auf Ihre Praxis applizieren können. Man muss davon ausgehen, dass im ersten Schritt die digitale Datei benötigt wird. Diese kann direkt aus einem der zahlreich am Markt verfügbaren intraoralen Scanner als offene STL-Datei kommen.

Manche Hersteller verschlüsseln ihre generierten Dateien, um die Mengen zu kontrollieren oder gar Kosten pro Datei in Rechnung zu stellen. Download- oder Software-Gebühren stellen für manch einen Nutzer einen überraschenden Kostenpunkt dar. Manche Kieferorthopäden sehen in der Übergangsphase für ihre Praxis die richtige Lösung und erstellen konventionelle Abdrücke, digitalisieren diese anschließend oder erstellen sogar ein konventionelles Gipsmodell, bevor sie es digitalisieren. Dies ist aus finanzieller Sicht wohl eine der umständlichsten Lösungen.

Wirtschaftlichkeit ist sicherlich ein wichtiger Aspekt, der in einer kieferorthopädischen Praxis genauso wie in anderen Praxen oder Unternehmen einige Entscheidungen bremsen oder unterstützen. Eine komplette digitale Prozesskette, die das Einsparen von konventionellen Abdrücken und Modellen im Fokus hat, wird über kurz oder lang an einer additiven Fertigung (3D-Drucker) für manche Applikationen und Hilfselemente nicht vorbei kommen. Dabei sollte man zunehmend den Gedanken in die Tat umsetzen, dass man nur dann ein physisches Modell oder Hilfsteil produzieren sollte, wenn es zwingend nötig ist. Das spart Zeit sowie Ressourcen und wird nach erfolgreicher Umsetzung und Verinnerlichung des Praxis- und Laborteams zwangsläufig zu einer positiven Wirtschaftlichkeit für alle Beteiligten führen. Wir sind uns im Klaren, dass nur dann ein neuer Ablauf Sinn macht, wenn er kürzer, effektiver oder schneller ist. Wenn er nur anders oder sogar länger ist, dann wird er sich wohl nie durchsetzen.

tipp

„In unseren Praxen haben wir festgestellt, dass wir nur ca. 35 bis 40% der intraoralen Scans für Labormodelle wirklich ausdrucken müssen. Der Rest, also ca. 60 bis 65%, sind Diagnostikmodelle und verbleiben in ihrer digitalen Form im Computer. Das Heraussuchen von Modellkisten für Planungszwecke bleibt hier erspart. Modellregale, die lange Zeit das Innendesign einer kieferorthopädischen Praxis bestimmt haben, werden obsolet.“ (Woo-Ttum Bittner)

In aller Regel kann der Einsatz eines 3D-Druckers mit dem bestehenden Team bewerkstelligt werden. Selbst wenn man nur einen motivierten Personalstamm mit etwas IT-Verständnis und einer/einem motivierten und geduldsamen Praxisinhaber/-in sein Eigen nennen kann, wird die Integration möglich sein. Gehen Sie aber sicher davon aus, dass je nach Praxisstruktur einfach ein paar Wochen der Eingewöhnung gebraucht werden. Wenn die abgeänderten Abläufe erfolgreich integriert werden sollen, dann braucht es eine gute Struktur und einen klaren Willen. Anderenfalls werden Sie Monat für Monat schulen und nachmotivieren, aber niemals produktiv und erfolgreich integrieren. Wenn Sie vom 3D-Druck voll und ganz überzeugt sind und die richtigen Applikationen für Ihre Praxis und Ihre Arbeitsweise haben, dann steht dem erfolgreichen Einsatz nichts im Wege. Nur in Ausnahmefällen macht eine zusätzliche Einstellung einer Fachkraft wirklich Sinn.

tipp

„Die digitalen Abläufe sind für jeden noch so PC-fremden Zahntechniker innerhalb weniger Tage leicht zu erlernen. Es hat sich bei uns jedoch als sehr wichtig herausgestellt, vorher die neuen Abläufe präzise zu erarbeiten und auch die ‚Schnittstellen‘ zwischen Behandlung und Labor genau zu definieren. Ebenso unerlässlich ist die Unterstützung durch einen kompetenten und allzeit verfügbaren IT-Support.“
(Woo-Ttum Bittner)

Schulungsaufwand

Je nach Technologie wird sich der Schulungsaufwand von wenigen Stunden bis mehreren Tagen erlauben lassen. Um eine reibungslose Integration sicherzustellen, geben Sie sich und Ihrem Team einige Wochen Zeit. Neue Abläufe und neue Möglichkeiten brauchen einfach Zeit, um erfolgreich in Fleisch und Blut überzugehen. Wenn wenig IT- und CAD/CAM-Know-how vorhanden sind, sollte ein Grundlagentraining für digitale Dateien und Bearbeitung eingeplant werden. Wir bevorzugen eher Anbieter, die technologieunabhängige Schulungen anbieten, weil diese einen besseren Gesamtüber-



Abb. 11: Einer der regelmäßig stattfindenden Schulungstage bei Adentics in Berlin-Mitte.

blick und breiteres Fachverständnis beinhalten. Ob dies intern abgebildet wird oder extern umgesetzt werden soll, ist je nach Praxis und Personalstruktur unterschiedlich zu betrachten.

tipp

„Das alleinige Üben von intraoralen Scans oder das Lernen der 3D-Druckabläufe reicht hier nicht. Alle Mitarbeiter müssen über die gesamte Prozesskette informiert sein, damit vermieden wird, dass ein digitales Modell auf der Festplatte unbearbeitet ‚verloren‘ geht und wichtige Folgeschritte nicht erfolgen. Checklisten helfen hier enorm.“
(Woo-Ttum Bittner)

Eigenlabor oder externes Labor?

Diese Frage können wir in Deutschland nur schwierig beantworten. Wenn eine kieferorthopädische Praxis konventionell arbeitet, nur selten den einen oder anderen Fall gern mit digitalen Set-ups produzieren möchte, dann kann sicherlich auf einen der zahlreichen Druckservicedienstleister zurückgegriffen werden. Wie schnell sich diese Vorgehensweise als Negativrechnung entpuppt, wird je nach Praxisstruktur einfach sichtbar. Hier kann jeder selbst eine simple Kalkulation von Zeit und Kosten aufstellen.

tipp

„In unserer Praxis werden nur kleine Set-ups noch selber gefertigt, da der Zeitaufwand für umfangreiche Zahnbewegungen mit entsprechend vielen Set-ups wichtige Laborkapazitäten für herkömmliche Geräte blockiert. Hier muss man individuell abwägen, welches Konzept man betriebswirtschaftlich gern verfolgen möchte: das fluktuationsunabhängige Konzept des „Outsourcings“ oder die eigene Aligner-Manufaktur mit den entsprechend ausgebildeten Fachkräften.

Es ist generell sehr schwer, sich das Know-how eines Multimillionenunternehmens wie Align Technology Inc. im praxiseigenen Labor aufzubauen, deshalb beschränken wir uns auf kleinere Set-ups, die sehr gut funktionieren und wirtschaftlich durch die digitale Herstellung auch sehr attraktiv sind. Behandlungen größeren Umfangs geben wir außer Haus.“

(Woo-Ttum Bittner)

Auftragsarbeiten

Der 3D-Druck kann Praxen dazu verhelfen, die Zusammenarbeit mit ihrem überweisen Zahnarzt zu festigen. Diese Gedanken

haben bislang wenige Praxen in ihre Planung aufgenommen. Warum soll man nicht mit seinen überweisenden Chirurgen einen chirurgischen Behandlungsfall mit einer Chirurgieschablone unterstützen und selbst fertigen? Wie oft haben kieferorthopädische Kollegen nach einer chirurgischen Einstellung des Kollegen damit zu kämpfen, dass aus Gründen der mangelnden Abstimmung oder des Verständnisses ein Fall kieferorthopädisch schwierig zu finalisieren ist. Oftmals ist z. B. eine zu starke Überkorrektur operativ umgesetzt worden. Auch die Erstellung von ästhetischen Platzhaltern während einer Behandlung kann durchaus nach digitaler Konzeption des überweisenden zahnärztlichen Kollegen eine gute Maßnahme sein, die beiden Seiten hilft.

tipp

„In kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlungen lassen sich die entsprechenden Splints sehr gut digital drucken, womit aber ebenfalls ein noch größerer Teil der planerischen Verantwortung auf den Kieferorthopäden übergeht. Hier ist eine enge und sehr gute Abstimmung mit dem Chirurgen wichtig, auch hier hilft das schnelle Austauschen von digitalen Dateien bei der interdisziplinären Zusammenarbeit.“
(Woo-Ttum Bittner)

Investition und Point of Re-Invest

„Ein 3D-Drucker rechnet sich für meine Praxis doch gar nicht“ oder „Wir haben nicht die Patientenstruktur für solche High-tech-Behandlungen“ – solche oder ähnliche Sätze werden immer wieder unter Kollegen diskutiert. Oftmals wollen sich manche Kieferorthopäden aber nicht eingestehen, dass sie vielleicht dem Digitalen nicht sonderlich zugewandt sind oder sich generell mit Veränderungen schwertun. Wie oft bekommt man den Satz „Meine Praxis läuft doch und ich habe mehr als genügend Patienten“ zu hören.

Manch einer vergisst in dieser Argumentation, dass eine kieferorthopädische Praxis wie ein großer Schiffstanker ist, der in seiner Struktur nur sehr verlangsamt reagiert. Durch unser Gesundheitssystem wissen wir zu Beginn einer Behandlung, wie lange wir wie viel Geld für eine Behandlung erhalten und werden sicherlich eine Veränderung in den Praxisstrukturen erst nach Monaten, wenn nicht sogar Jahren wirklich spüren. Das bedeutet, dass jegliche Ablaufanpassung in erster Linie nicht nur auf Dauer wirtschaftlich funktioniert, sondern für alle Beteiligten auch sofort einen spürbaren Nutzen beinhalten muss. Ob es kürzere Laufwege, einfachere Handhabung, konkreter planbarer Feierabend oder weniger Diskussionen mit den Patienten bedeutet – die berühmte „Betriebsblindheit“ stellt uns oftmals vor die größte Herausforderung, mit unserer Praxis neue Wege überhaupt zu erkennen.

Kostenkalkulation

Berechnung für Arbeitsmodelle (herausnehmbare Geräte), Gutachter- und Arbeitsmodelle (für Schienenbehandlung)

Bei der Kalkulation von Modellen für den täglichen Gebrauch kann es durchaus Unterschiede geben. Teilweise sind bereits Drucker auf dem Dentalmarkt, die reine Materialkosten von 2,50 Euro umsetzen können. Die Handling-Kosten potenzieren die Kalkulationen sicherlich auf Gesamtkosten deutlich unter 5 Euro pro Aligner-Modell. Damit jeder ein Gespür für die Materialmenge und die Kosten bekommt, gehen Sie davon aus, dass die Kosten des Kunstharzes für Ihren Drucker meist zwischen 150 und 250 Euro pro Kilogramm liegen. Teurere Materialien haben meist die Medizinklasse I oder IIa und sollten somit für normale Modelle nicht verwendet werden.

Berechnung für indirekte Klebetrays mittels silikonähnlichem Tray

Wenn wir davon ausgehen, dass wir einen digitalen Abdruck in einem kieferorthopädischen CAD-Programm recht automatisiert digital bearbeiten können, dann können wir ein Übertragungstray fast per Knopfdruck erstellen. Die Supportstruktur

tipp

„Grundsätzlich sollte man noch die unterschiedliche Abschreibungszeit von digitalen Geräten und einer traditionellen Gipsstrecke berücksichtigen. Während Computer, Scanner und Drucker in ca. fünf Jahren abgeschrieben sein sollten, da deren Technologie dann veraltet sein wird, halten Trimmer, Rüttler und Anmischgerät natürlich viel länger. Aber auch mit dieser ambitioniert angesetzten Abschreibungszeit für digitale Technologie sind laut meiner um diese Kosten erweiterten Berechnung die Kosten für ein digitales Modell dennoch gleich oder geringer als für ein Gipsmodell. Der Aufwand, den traditionelle Gipsmodelle machen, darf nicht unterschätzt werden.“ (Woo-Ttum Bittner)

Kostenkalkulation	Low-Cost-Drucker 6.000,-€	Kosten (10,-€ pro Std.)	Effektiv-Drucker 15.000,-€	Kosten (10,-€ pro Std.)
Nesting/Positionierung	15 min	2,50 €	15 min	2,50 €
Druckzeit (~10 kWh pro 24 Std.)	2.880 min	5,00 €	1.440 min	2,50 €
Materialkosten pro 30 Aligner-Modelle		135,00 €		135,00 €
Nachhärten	10 min	1,66 €	0 min	0,00 €
Alkoholreinigung/Natronlaugenreinigung	15 min	2,50 €	15 min	2,50 €
Supporte abschleifen/Support abwaschen	15 min	2,50 €	5 min	2,50 €
Druckerabschreibung pro Tag		10,96 € für 2 Tage		13,70 € für 1 Tag
Arbeitszeit des Technikers	55 min	9,17 €	35 min	5,83 €
Gesamtkosten pro Modell		5,34 €		5,23 €

Tabelle 1: Durchschnittlicher Kostenvergleich von zwei 3D-Dentaldruckern pro Aligner-Modell. Je nach Fabrikat können die Materialkosten jedoch um bis zu 40 Prozent nach unten oder oben variieren.



Abb. 12: Gedruckte Modelle nach der Aligner-Produktion, kurz vor der Endreinigung und dem Versand zum Kunden. (Quelle: Denny Gille, <https://www.handwerk.com>)

wird in den meisten Fällen von der Nesting-Software automatisch generiert und der Druck kann gestartet werden. Dies sollte bei einem Zeitaufwand von ca. 10 bis 20 Minuten umgesetzt werden können. Wenn Sie einen fortschrittlichen Drucker verwenden, dann braucht er zwischen 90 und 120 Minuten für diesen Druck zuzüglich Nachbearbeitung.

Im Jahr 2018 sollen diese Zeiten mit der DLP-Technologie (wie oben erläutert) auf ca. 15 bis 20 Minuten reduziert werden können, auch hier zuzüglich Nachbearbeitung. Ob Sie dann einen Tray oder mehrere gleichzeitig produzieren, bleibt Ihnen überlassen. Die Materialkosten sollten sich auch im Bereich von unter 5 Euro pro Tray bewegen. Ein Kilogramm Material wird je nach Hersteller bei ca. 200 bis 300 Euro liegen.

tipp

„Die Qualität von Silikontrays ist sehr abhängig vom manuellen Geschick des einzelnen Technikers, der unter Zeitdruck dem selbsthärtenden Silikon die ideale Form geben muss. Bei einem gedruckten Tray hat man hier eine unbegrenzte Ausarbeitungszeit. Ein schlechtes Tray führt zum vorzeitigen Verlust von Brackets und führt zu erhöhten Behandlungskosten.“

(Woo-Ttum Bittner)

Steuerliche Aspekte

Die steuerlichen Aspekte sollte jeder Praxisinhaber mithilfe der im Artikel gezeigten Kostenaufstellung mit seinem Steuer-



Abb. 13: Beispiel für ein 3D-gedrucktes Bracketübertragungstray mit niedriger Rückstellkraft. (Quelle: <https://nextdent.com>)

berater selbst eruieren können. Die internen Strukturen sind oftmals so verworren wie unterschiedlich, dass nur jeder für sich hier seine klaren Ergebnisse sehen kann.

Fazit

Die 3D-Drucktechnologie ist bereits auf dem besten Wege, die Zahnmedizin und auch die Kieferorthopädie mehr und mehr zu erobern. Der Grund hierfür liegt auf der Hand, da Abläufe schneller und effizienter gestaltet werden können, Druckzeiten immer kürzer werden und auch die Material- und Einsatzvielfalt eine immer größere Bandbreite bietet. Wer heute in diesen Bereich einsteigt und die entsprechende Investition tätigt, wird nicht nur gute Erfahrungen machen, sondern zunehmend auch die kleinen Tücken zu handeln wissen.

Von Vorteil in diesem Zusammenhang erweist sich zweifellos ein 3D-Druckerpartner, der die Materialien nicht nur selbst herstellt und über die benötigten Zulassungen verfügt, sondern Ihnen auch bei den ersten Schritten ein verlässlicher Partner ist. Dies muss nicht automatisch ein bereits bekanntes Unternehmen aus Ihrem direkten Umfeld bedeuten. Freuden Sie sich zunehmend mit diesen neuen Möglichkeiten an und rüsten Sie sich und Ihr Team für die additive Produktion in der eigenen Praxis.

Kurzvita



ZT Stephan Winterlik
[Autoreninfo]

Adresse

ZT Stephan Winterlik
(Business / Sales Manager)
3D Systems EMEA, 3D Printer)
Guerickeweg 9
64291 Darmstadt
stephan.winterlik@3dsystems.com