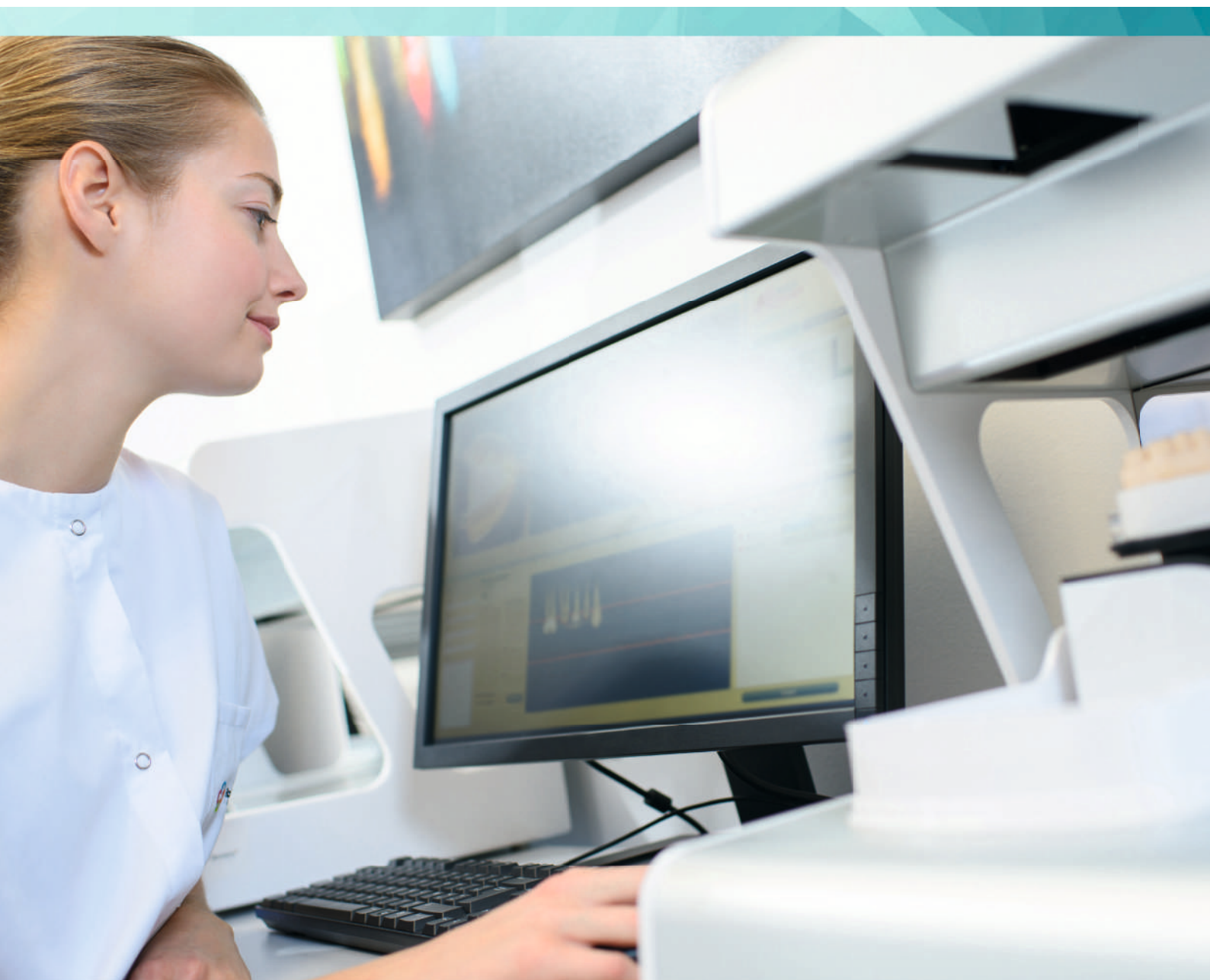


Status Präsens 2020

**Additive CAD/CAM-gestützte Fertigungstechnologien
im zahntechnischen Labor**



Autoren:

Annett Kieschnick,

Fachjournalistin

Helmholtzstraße 27, 10587 Berlin

ak@annettkieschnick.de

ZT Josef Schweiger MSc,

Digitale Dentaltechnologie und Zahntechnischer Laborleiter

LMU München, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Goethestraße 70/1, 80336 München

Josef.Schweiger@med.uni-muenchen.de

Prof. Dr. Daniel Edelhoff,

Direktor der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

LMU München, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Goethestraße 70/1, 80336 München

Daniel.Edelhoff@med.uni-muenchen.de

Priv.-Doz. Jan Frederik Güth,

Oberarzt der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

LMU München, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Goethestraße 70/1, 80336 München

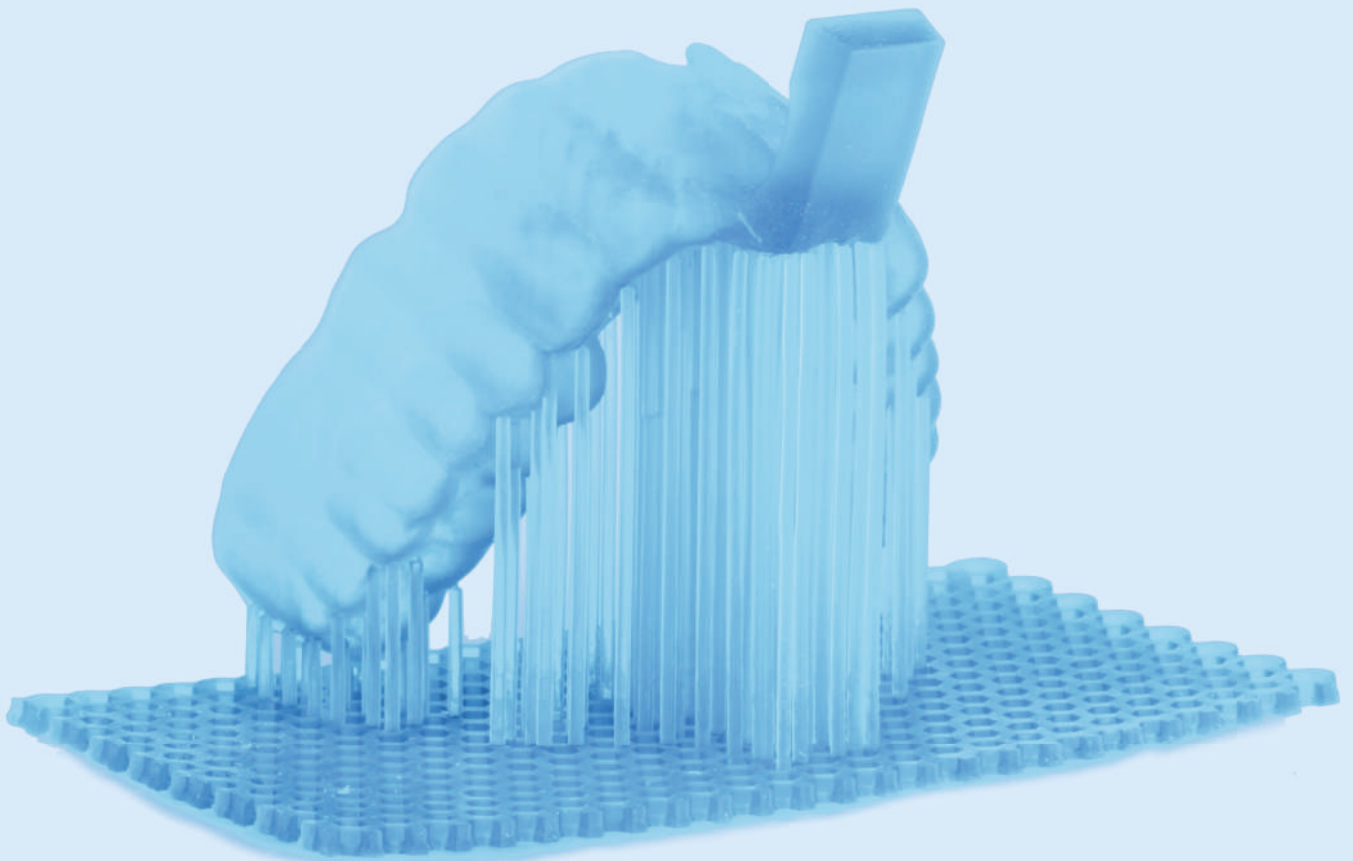
Jan_Frederik.Gueth@med.uni-muenchen.de

Inhalt

Zweck des Sachverständigenpapiers	4
Digitale Fertigung von Zahnersatz – Status Präsens 2020	5
Digitalisierung und 3D-Druck in der Zahntechnik – Warum?	6
Vorteile 3D-Druck	6
Geschichte 3D-Druck	6
Nomenklatur und Einteilung der additiven CAD/CAM-gestützten Fertigung	7
1. Bindeverfahren	7
2. Abscheidungsverfahren	8
Status quo des dentalen 3D-Drucks (Zahnersatz)	8
Aktuell gängige Verfahren im dentalen 3D-Druck	9
Anwendungsspektrum und Materialien	10
Definitiver Zahnersatz aus dem 3D-Drucker.....	10
Mundbeständige Materialien entsprechend dem Medizinproduktegesetz	10
Indikationen 3D-Druck: Kunststoffe	11
Indikationen 3D-Druck: Metalle	12
Das Beste aus zwei Welten	12
Qualifikation	14
Fazit	14

Zweck des Sachverständigenpapiers

In Publikumsmedien wird der „3D-Drucker“ häufig als gängige Technologie für die Herstellung von Zahnersatz dargestellt. Das vorliegende Sachverständigenpapier gibt eine objektive Darstellung der derzeitigen additiven digitalen Fertigungsmöglichkeiten (umgangssprachlich 3D-Druck) im zahntechnischen Labor. Ziel ist es, der interessierten Öffentlichkeit realistisch das Anwendungsspektrum der additiven CAD/CAM-Fertigung bei der Zahnersatz-Fertigung zu veranschaulichen. Auf der Basis sachlicher Ausführungen wird dargestellt, in welchem Maße der 3D-Druck zum aktuellen Zeitpunkt im Dentallabor zum Einsatz kommt. Der zu erwartenden Entwicklung der 3D-Drucktechnologie im Rahmen der Zahnersatz-Fertigung wird mit diesen Ausführungen eine neutrale und rationale Gewichtung gegeben. Dargestellt werden unterschiedliche 3D-Druckverfahren in der prothetischen Zahnmedizin und derzeitige dentale Anwendungen. Zudem erörtert das Autorenteam Perspektiven, legt dar, welche traditionellen zahntechnischen Leistungen sowie technische Herstellverfahren nach wie vor Bestand haben und zeigt auf, welche qualifikatorischen Voraussetzungen für die digitale Fertigung von Zahnersatz notwendig sind.





Digitale Fertigung von Zahnersatz – Status Präsenz 2020

Wie in den meisten Industrie- und Handwerksbranchen werden in der Zahntechnik zunehmend Arbeitsschritte durch digitale Fertigungstechnologien unterstützt, ergänzt oder substituiert. Der Fortschritt in der Digitalisierung kann die Wirtschaftlichkeit beim Herstellen von individuellen Sonderanfertigungen (Zahnersatz) erhöhen. Somit hat die computergestützte Fertigung in einem Teilbereich zahnprothetischer Versorgungsarten in den vergangenen Jahren einen stetig steigenden Anteil am Gesamtmarkt erhalten. Grundsätzlich wird die digital gestützte Fertigung von Zahnersatz bzw. von Vor- oder Teilleistungen als CAD/CAM-Technologie bezeichnet. Auf Basis einer digitalen Konstruktion (CAD, Computer Aided Design) wird mittels einer Maschine (CAM = Computer Aided Manufacturing) die Hilfsstruktur oder Teilleistung für Zahnersatz gefertigt.

Der Fertigungsweg kann subtraktiv (z. B. fräsen, schleifen) oder additiv (z. B. drucken, Additiv Manufacturing, kurz: AM) erfolgen. Während das subtraktive Vorgehen in den vergangenen Jahren zum integralen Bestandteil der zahntechnischen Arbeitswelt geworden ist, steht aktuell die additive Fertigung (3D-Druck) im Fokus des Interesses. Momentan ist die Herstellung eines gedruckten definitiven Zahnersatzes nur in Teilbereichen möglich. In einigen Publikumsmedien wird berichtet, dass dem Zahnarzt mit einem 3D-Drucker völlig neue Möglichkeiten offenstünden. Es wird von „bahnbrechenden“ Einsatzmöglichkeiten des 3D-Druckers in der Zahnarztpraxis berichtet. Glaubt man diesen Aussagen, ist es problemlos möglich, hochpräzise digitale Scandaten schnell und kostengünstig zu einem definitiven Zahnersatz zu drucken. Hier werden Erwartungen geschürt, die im Alltag bisher nur in wenigen Indikationen realisiert werden können. Sachlich und auf Grundlage fundierter Fakten betrachtet, hat der 3D-Druck zwar ein hohes Potenzial, doch sind momentan der praktischen Anwendung im Bereich Zahnersatz klare Grenzen gesetzt.

Digitalisierung und 3D-Druck in der Zahntechnik – warum?

Wie in anderen Bereichen betreffen grundlegende gesellschaftliche Veränderungen auch die Zahntechnik. Hierzu gehört der Fachkräftemangel. Die Zahl der Auszubildenden im Handwerk Zahntechnik sinkt kontinuierlich. Zudem steigt der Bedarf an Zahnersatz (Stichwort: demografischer Wandel). Mit der Digitalisierung kann diese gegenläufige Entwicklung ein Stück weit abgefangen werden, denn digitale Prozesse ermöglichen oft eine hohe Effizienz. Dies ist zusätzlich zu einer höheren Präzision und verbesserten Materialeigenschaften, der Reproduzierbarkeit und dem Anwendungskomfort ein Argument für digitale Prozesse im zahntechnischen Labor. Zudem machen der digitale Arbeitsplatz und die Verknüpfung mit dem Handwerk den Beruf „Zahntechnik“ für junge Menschen sehr attraktiv – interessant, abwechslungsreich, vielfältig. Bereits heute schaffen viele Dentallabore den Spagat zwischen Handwerk und Digitalisierung, zwischen Tradition und Disruption, zwischen Werten und Wandel.

Der 3D-Druck als digitales Fertigungsverfahren ist in dieser Entwicklung ein wichtiges Thema. Die Technologie kann vereinfacht dargestellt werden: Der Zahntechniker konstruiert am Rechner einen digitalen Datensatz (CAD). Er entwirft ein dreidimensionales Objekt, dessen Daten an den 3D-Drucker übergeben und in diesem je nach Druckertechnologie verarbeitet werden.

Vorteile 3D-Druck

Großer Vorteil aller additiven Verfahren ist, dass dreidimensionale Objekte in nahezu uneingeschränkter Formvielfalt und Komplexität am Computer konstruiert und umgesetzt werden können. Ein bislang wenig beachteter Aspekt ist, dass während des Bauprozesses die mechanischen und ästhetischen Eigenschaften des zu druckenden Bauteils beeinflusst werden können. Dies ist bei der subtraktiven Fertigung nicht möglich; hier sind die Werkstoffeigenschaften in der konfektionierten Runde vom Hersteller definiert.

Geschichte des 3D-Drucks

Schon Anfang der 1980er Jahre kamen erste industrielle Maschinen für die additive Fertigung (geläufiger Begriff: 3D-Druck) auf den Markt. Der erste 3D-Drucker wurde 1986 von Charles Hull zum Patent angemeldet. Zum damaligen Zeitpunkt wurden die Drucker hauptsächlich für das Herstellen von Prototypen eingesetzt (Rapid Prototyping). In den Folgejahren entwickelte sich die Technik schnell. Die Drucker wurden kleiner und günstiger. Die Einsatzgebiete veränderten sich. Die zu druckenden Materialien erweiterten sich auf Kunststoff, Metall, Keramik und sogar menschliches Gewebe. Die Rapid-Prototyping-Verfahren unterscheiden sich u. a. nach der Art der verwendeten Materialien (zum Beispiel Kunststoffe, Metalle oder Pulverbett).

Nomenklatur und Einteilung der additiven CAD/CAM-gestützten Fertigung

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff „3D-Druck“ als Synonym für alle additiven Verfahren angewandt. Eine eindeutige Klassifizierung lässt sich nach der ISO/DIN 17296 treffen, in welcher die additiven Verfahren (= Generative Verfahren = Rapid Prototyping = RP-Verfahren) in zwei Gruppen (Bindeverfahren und Abscheidungsverfahren) unterteilt werden.

1. Bindeverfahren

Beim Bindeverfahren wird eine komplette Schicht eines Materials (flüssig, pulvrig oder fest) ausgelegt und entsprechend den Konturen des Objektes in geeigneter Weise verfestigt. Zu diesen Verfahren zählen:

- Lasersinterverfahren (LS, SLS, SLM DMLS)
- Stereolithografie (SL), Digital Light Processing (DLP) = Maskenbelichtung, Direct UV Printing (DUP), Lithography based Ceramic Manufacturing (LCM), Continuous Digital Light Processing (CDLP)
- 3D-Pulverbettdrucken (nicht im Dentalbereich angewandt)
- Schicht-Laminat-Verfahren (LOM, LLM) (nicht im Dentalbereich angewandt)



2. Abscheidungsverfahren

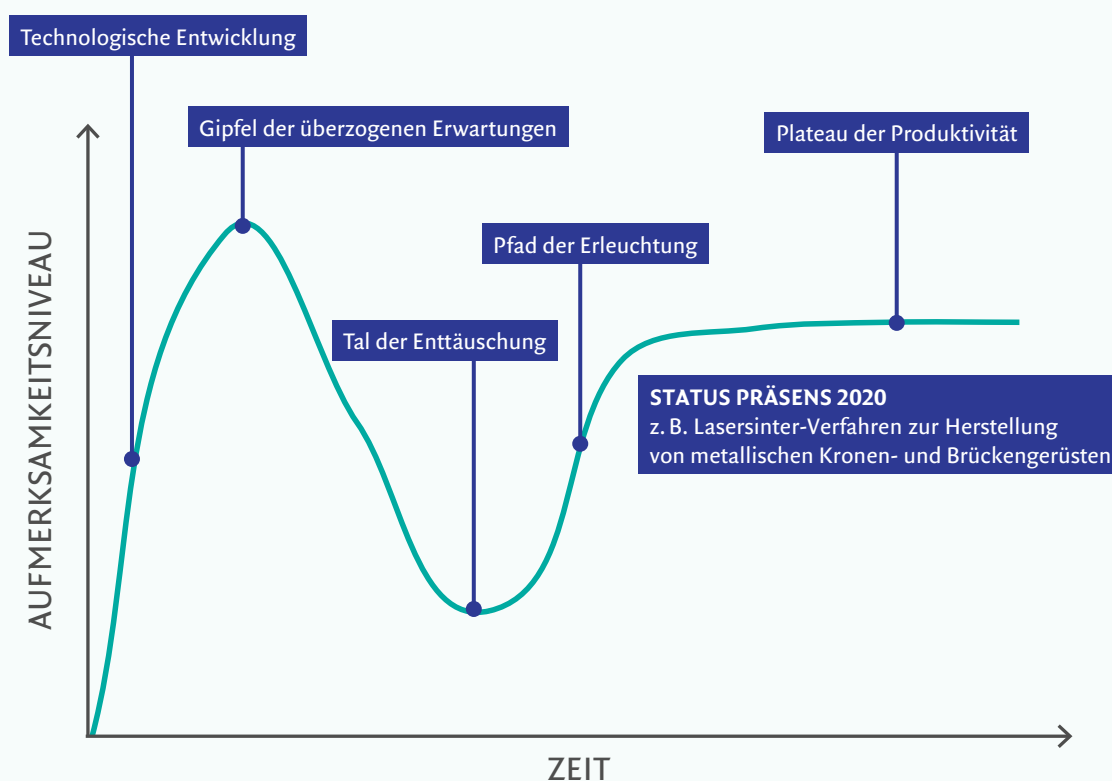
Beim Abscheidungsprozess wird über eine Düse oder einen Druckkopf das Material kontinuierlich oder tropfenförmig abgegeben und als Punkt- oder Linienmuster Schicht für Schicht abgelegt. Zu diesen Prozessen gehören:

- Extrusionsverfahren (FDM, Fused Deposition Modeling) (auch Filament-Druck genannt)
- Direkter 3D-Druck (3DP)
- Drop-on-Demand (z. B. Silikon-3D-Druck)

Status quo des dentalen 3D-Drucks

An die additive Fertigung werden in allen Branchen hohe Erwartungen gestellt. Dementsprechend wird das allgemeine Marktpotenzial als beachtlich eingeschätzt. Eine ausdrucksstarke Momentaufnahme zu aktuellen Trends bietet der „Gartner Hype Cycle“. Bei dieser Trendstudie wird die öffentliche Aufmerksamkeit für eine bestimmte Technologie (z. B. 3D-Druck) im Kontext zum zeitlichen Verlauf gestellt. Der Hype Cycle wird in vier Zyklen unterteilt. Zum Zeitpunkt des „Peak of inflated“ (Gipfel der überzogenen Erwartungen) wird das Thema angeheizt und mit hochgeschraubtem Enthusiasmus werden unrealistische Erwartungen geschürt. Danach folgen die „Periode der Enttäuschung“ (Trough of disillusionism) und der „Pfad der Erleuchtung“ (Slope of enlightenment), in dem das öffentliche Interesse zwar abgenommen hat, aber die Technologie weiterentwickelt wird. Auf dem „Plateau der Produktivität“ (Plateau of productivity) ist die Technologie anerkannt und reift aus.

Hype-Cycle nach Gartner (Stamford, USA). Diesem Zyklus folgt auch der 3D-Druck.





Diesem Hype Cycle folgt auch der dentale 3D-Druck. Die Gartner-Analyse 2014 hat dem 3D-Druck bis zur vollständigen Akzeptanz etwa 10 bis 15 Jahre vorausgesagt. Dies könnte in etwa auf den Dentalbereich zutreffen, doch voraussichtlich nicht in der Anwendungsbreite und Intensität, wie es in Marketingversprechen oft dargestellt wird. Hier ist es die Aufgabe von neutralen Institutionen, die überzogenen Erwartungen zu dämpfen und ein kontinuierliches Etablieren der Technologie – je nach Forschungs- und Entwicklungsstand – zu unterstützen. Das Potenzial ist groß. Zahntechniker und Zahnärzte sollten sich mit der 3D-Drucktechnologie auseinandersetzen und sachlich bestimmte Anwendungsgebiete einschätzen.

Aktuell gängige Verfahren im dentalen 3D-Druck

Ganz neu ist sie nicht; die additive Fertigung von Hilfsinstrumenten oder Vor- oder Teilprodukten ist im Dentalbereich seit fast 20 Jahren in Anwendung. Beispiel ist das Lasersinterverfahren (SLM-Verfahren) der Firmen BEGO Medical (Bremen, D) sowie EOS (Krailling, D). Die Vorstellung der Technologie für den Druck von Metallen sorgte bereits im November 2002 für Aufsehen. Die Meinung der Fachleute bescheinigte dieser Technik ein hohes Potenzial. In der Tat hat sich das SLM-Verfahren weltweit als alternative Fertigungsgrundlage für metallische Strukturen (z. B. Metallgerüste für Kronen, Brücken, Klammermodellguss) bewährt. Zudem wird in der Dentalbranche seit Jahren die Stereolithografie (SL) angewendet. Beispiele sind die Herstellung von Bohrschablonen u. a. bei Materialise (Leuven, B) oder Swissmeda (Zürich, CH) sowie die Modellfertigung u. a. bei 3M Espe (Seefeld, D), Infinident Solutions (Darmstadt, D) oder bei Dreve (Unna, D). Die Stereolithografie beruht auf der punkweisen Verfestigung eines Harzbades (Epoxidharze, Acrylate) mittels Laserstrahls bzw. mithilfe von Blaulicht-LEDs (DLP-Verfahren = Digital Light Processing = Maskenbelichtung).

Bis vor einigen Jahren waren 3D-Drucker für dentale Anwendungen aufgrund der Anschaffungskosten der Industrie respektive großen Fertigungszentren vorbehalten. Seit einiger Zeit sind zahlreiche Drucker für „normale“ Dentallabore erhältlich, zum Beispiel von den Dentalfirmen BEGO (Bremen, D), Ivoclar Vivadent (Schaan, LI) Shera (Lemförde, D), Dentona (Essen, D) oder Kulzer-Dental (Hanau, D) etc. Zudem drängen branchenfremde Unternehmen mit additiven Fertigungstechnologien in den Dentalbereich (z. B. Formlabs, D; oder Anycubic Photon, CHN) ein. Mit vergleichsweise günstigen Geräten können Dentallabore Objekte aus Harz/Komposit umsetzen, beispielsweise für arbeitsvorbereitende Leistungen wie Kiefermodelle oder chirurgische Schablonen.

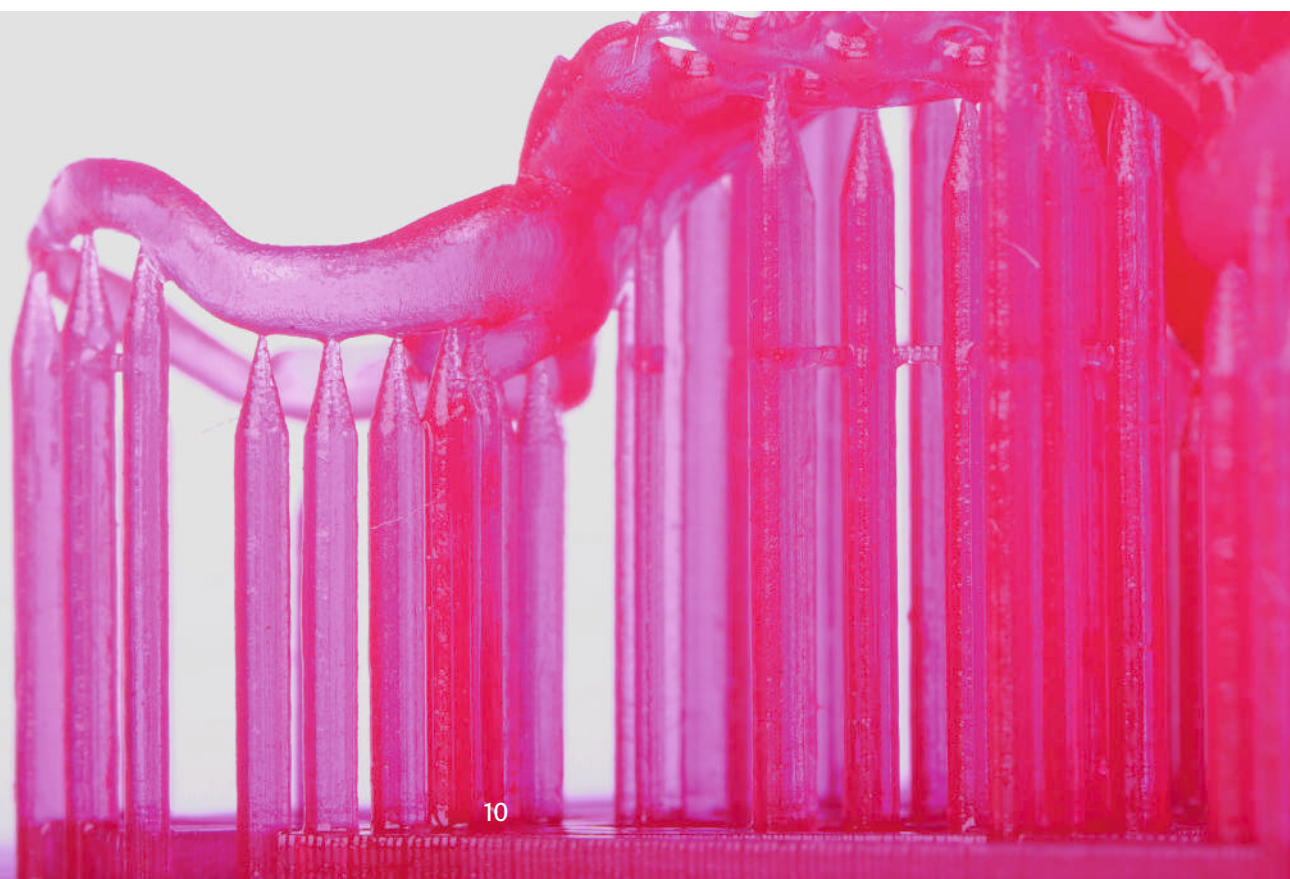
Anwendungsspektrum und Materialien

Definitiver Zahnersatz aus dem 3D-Drucker

Die bisher dominierende Anwendung eines 3D-Druckers ist die Herstellung von Abformlöffel, Bohrschablonen oder Kunststoffmodelle. Die Frage, ob Zahnersatz für typische Indikationen aus dem 3D-Drucker kommen kann, wird von der Werkstoffkunde bzw. der Entwicklung und wirtschaftliche Verfügbarkeit medizinisch unbedenklicher 3D-Druckmaterialien entschieden. Die Anforderungen an ein Zahnersatzmaterial sind hoch. Für einen definitiven Zahnersatz werden Materialien benötigt, die zahnfarben aussehen sowie hohen Kaufkräften und unterschiedlichen Einflüssen (Säure, Temperatur etc.) im Mund standhalten. Während der Tragedauer dürfen keine gesundheitsschädlichen Substanzen freigesetzt werden. Zudem müssen die Materialien eine glatte Oberfläche haben, um bakteriellen Anlagerungen (Plaque) entgegenzuwirken. Außerdem müssen ein praktikabler, wirtschaftlicher Herstellungsprozess gegeben sein und eine Präzision im Mikrometerbereich erzielt werden können.

Mundbeständige Materialien entsprechend dem Medizinproduktegesetz

Im Hinblick auf die Materialien wird die Möglichkeit, einen definitiven Zahnersatz mit dem 3D-Druck herzustellen, deutlich überschätzt. Ausgereift ist das Lasersinterverfahren für Zwischenprodukte (metallische Kronen, Brücken, Modellgussgerüste), welches im Jahr 2020 dem „Plateau der Produktivität“ (Gartner Hype Cycle) zugeordnet werden kann. Für zahnfarbene Brücken sowie Prothesen (dauerhafter Einsatz im Mund) gibt es derzeit einige interessante Ansätze; hier gilt es nun, die wissenschaftliche Datenlage zu



beobachten. Die Limitation ist primär den Materialien (Harze, Komposite) geschuldet. Die photopolymerisierenden Materialien sind hinsichtlich ihres Einsatzes im Mundmilieu chemisch als kritisch zu betrachten. Hier lohnt sich ein Blick auf das Medizinproduktegesetz (MPG). Jeder Zahnersatz, der in einer deutschen Zahnarztpraxis eingesetzt wird, muss den Richtlinien dieses Gesetzes entsprechen. Medizinprodukte werden in Klassen eingeteilt. Die Klassifizierung erfolgt nach I, IIa, IIb und III (Richtlinie 93/42/EWG). Wesentliches Merkmal ist die Dauer der Anwendung. Definitiver Zahnersatz unterliegt der Klasse IIa (ununterbrochene Anwendung im Mund über einen Zeitraum von mehr als 30 Tagen). Derzeit gibt es einige Materialien für den 3D-Druck, die dieses Kriterium erfüllen. Die meisten für den dentalen 3D-Druck angebotenen Kunststoffmaterialien sind jedoch der MPG-Klasse I zuzuordnen. Das bedeutet, deren ununterbrochene Anwendung im Mund ist auf lediglich 29 Tage begrenzt.

Indikationen 3D-Druck: Kunststoffe

Gängige Anwendung findet der 3D-Druck mit Kunststoffen (Harze) im Dentallabor bei Herstellen von **Kiefermodellen**. Der Zahnarzt erfasst die Gebissituation (z. B. Intraoralscanner, Mundscanner). Die Scandaten werden für den 3D-Drucker aufbereitet und das Modell aus einem speziellen Harz gedruckt. Als dominante Indikation ist die Aligner-Technologie zu nennen. Bei dieser kieferorthopädischen Anwendung können Zahnfehlstellungen bis zu einem gewissen Maße korrigiert werden. Der Zahnarzt konstruiert in einer Software die Einzelschritte bis zur idealen Zahnstellung. Für jeden Schritt wird ein Kiefermodell benötigt, um darauf eine Zahnschiene herzustellen. Da teilweise bis zu 50 Modelle notwendig sind, ist der 3D-Druck zweckmäßig und hat gegenüber der konventionellen Modellherstellung viele Vorteile.

Aber auch in vielen anderen Bereichen kommen gedruckte Modelle zum Einsatz. Die Oberflächengüte hat sich in den vergangenen Jahren enorm verbessert. Die Dimensionsstabilität über den Zeitraum der Herstellung des Zahnersatzes ist nachweislich sehr gut. Außerdem können mit dem 3D-Druck im Dentallabor **Bohrschablonen** für die Implantatchirurgie gedruckt werden. Eine mögliche Anwendung sind zudem **Abformlöffel**, wobei hier die Wirtschaftlichkeit im DLP-Druck zu hinterfragen ist, da die verwendeten Harze sehr teuer sind. Der Filamentdruck könnte eine wirtschaftliche Alternative sein. Auch der 3D-Druck von **Aufbissschienen** ist möglich, wobei viele der aktuell hierfür verfügbaren Materialien eine hohe Sprödigkeit aufweisen, wodurch die Splitterungs- bzw. Frakturgefahr erhöht ist.

Im Bereich der 3D-Druckkunststoffe hat sich in jüngster Vergangenheit einiges getan. So hat beispielsweise das Unternehmen Bego ein 3D-Druckkomposit für definitive **Einzelkronen** entwickelt. Auch andere Unternehmen sind in diesem Bereich aktiv. Erste Untersuchungen und Studien zu Abrasion, Bruchfestigkeit und Abzugsfestigkeit zeigen vielversprechende Resultate. Die Ergebnisse weiterer Studien sind abzuwarten.

An der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München befindet sich eine weitere Technologie im Versuchsstadium. Die Forscher der LMU drucken geschichtete mehrfarbige Zahnkronen und -brücken (**Try-in**), welche im Mund des Patienten auf ihre Funktion und Ästhetik hin überprüft werden. Auch als Unterstützung in der **Totalprothetik** (Zahnersatz für den zahnlosen Kiefer) können Test-Prothesen gedruckt



und im Mund des Patienten funktionelle (Passung, Bisslage, Sprechabstand) und ästhetische Kriterien getestet werden. Zahnarzt und Zahntechniker erhalten konkrete Informationen für den definitiven Zahnersatz. Zudem gibt es erste Ansätze, **definitive Totalprothesen** im 3D-Druckverfahren herzustellen (z. B. Lucitone Digital Print Denture, Dentsply Sirona und Carbon oder caraPrint, Kulzer). Hier fehlen jedoch derzeit wissenschaftliche Studien.

Indikationen 3D-Druck: Metalle

Das Lasersinterverfahren (SLM) als additive Fertigung wird oft als verlängerte Werkbank des zahntechnischen Labors bezeichnet. Mit dieser Technologie werden seit Jahren Kronen- und **Brückengerüste** aus einer Metalllegierung gedruckt und vom Zahntechniker mit weiteren Verarbeitungsprozessen zu einem funktionell-ästhetischen Zahnersatz fertiggestellt. Zudem ist das Herstellen von Gerüsten für klammerververankerte Prothesen (Modellgussgerüste) eine heute gängige Anwendung. Eine aktuelle Untersuchung einer Forschergruppe der LMU München bescheinigt lasergesinteren Klammern sehr gute Ergebnisse. Vorteile der additiven Fertigung in diesem Bereich sind die höhere Materialhomogenität sowie die komfortable und effiziente Herstellung. Die SLM-Technologie für Modellgussgerüste wird von mehreren industriellen Anbietern bereitgestellt (z. B. Bego, CAD-SPEED, EOS, Infinident Solution).

Das Beste aus zwei Welten

Eine interessante Anwendung ist die Hybridtechnologie – „**additiv und subtraktiv**“ –, welche die Effizienz des 3D-Drucks mit der Präzision des Fräsens kombiniert. Auf Basis der CAD-Daten wird die metallische Struktur additiv aufgetragen (effizient, ressourcenschonend) und mit dem subtraktiven Nachfräsen die Präzision eingestellt. Beispielhafte Anwendungen ist das Herstellen von Doppelkronen (z. B. Mack Dentaltechnik, D) oder Brücken (Kulzer, D).

Eine Mitte 2019 vorgestellte Konstellation ergibt sich aus dem spannenden Zusammenspiel von „**digital und analog**“. Die klassische Presstechnik, mit der Zahntechniker seit Jahren keramische Restaurationen (z. B. Inlays) fertigen, wird mit dem 3D-Druck kombiniert (DEKEMA, Freilassing, D). Die vom Zahntechniker mittels CAD-Software konstruierten Restaurationen werden von einer eigens entwickelten Software

automatisch auf den virtuellen Press-Stempeln positioniert. Eine anschließend generierte Ausgabedatei mit Pressstempel für den 3D-Drucker vereinfacht den analogen Einbettprozess. Die Software wird mit verschiedenen Informationen (z. B. Pressmaterial, Zahnfarbe, Transluzenzstufe) gespeist und das Pressprogramm automatisch generiert. Die Objekte werden im herkömmlichen Verfahren durch die Presstechnik sowie die händische Veredelung fertiggestellt. Vorteile sind die hohe Effizienz durch Automatismen und das Herstellen keramischer Restaurationen im (halb)-digitalen Workflow.

Perspektiven

Zum aktuellen Zeitpunkt forschen die Mitarbeiter der LMU München am **Multimaterialdruck**. Hierbei können sechs verschiedene Materialien aus mehr als 360.00 Farben (CMYK- und RGB-Farbspektrum) gedruckt werden. Anwendungsbeispiele sind das Herstellen von Zahnstrukturmodellen für Ausbildung und Studium sowie Test-Prothesen für die ästhetische Einprobe von Zahnersatz. Zudem bieten „**grafische (farbrealistische) Modelle**“ spannende Perspektiven. Nach der Datenerfassung im Mund des Patienten und einer Farb-analyse mittels Intraoralscannern werden Modelle im Multimaterialdruck hergestellt. Die realistischen „Fotomodelle“ geben Zahn- und Gingivafarben sowie Farbverläufe in verschiedensten Nuancen wieder. Dies kann u. a. für das Herstellen von Zahnersatz auf verfärbten Zahnstümpfen eine Hilfe für den Zahntechniker sein. Ein vielversprechender Ansatz für den Druck von **Keramik** (Zirkonoxid) ist das LCM-Verfahren (Lithography-based Ceramic Manufacturing) der Firma Lithoz. Die Technologie basiert auf der selektiven Lichthärtung



einer Kunststoffmischung, in der keramische Partikel homogen dispergiert sind. Innerhalb des Herstellungsprozesses dienen Photopolymere als Binder zwischen den keramischen Partikeln. Der keramische „Grünling“ wird nach dem Druck entbindert (Ausbrennen der Polymere) sowie dicht gesintert und erhält seine definitiven Materialeigenschaften. Vor dem Sintern kann das Gerüst entsprechend der gewünschten Zahnfarbe eingefärbt werden. Vorteile des Druckens von Zirkonoxid sind die feinen Strukturen (z. B. Randbereiche, Kauflächen-Fissuren), das ressourcenschonende Vorgehen sowie die feine, homogene Oberfläche. Allerdings ist das Vorgehen derzeit zeitintensiv und teuer. Eine weitere Zukunftsaussicht repräsentiert die **Laser-Profusion-Technologie** (EOS, D). Bei diesem revolutionären 3D-Druckverfahren werden Harze durch eine Million Diodenlaser gleichzeitig aufgeschmolzen; rasant schnell entsteht das Bauteil. Der produktive Bauprozess ist sehr effizient und könnte in vielen Bereichen den Spritzguss ersetzen.

Qualifikation: Zahntechnische Ausbildung

Die Herstellung eines Zahnersatzes bedarf nach wie vor der ganzheitlichen zahntechnischen Expertise, die trotz digitaler Technologien auf einem analogen Wissens- und Erfahrungsfundament beruht. Das Berufsbild ist im Wandel. Die konventionellen Herstellungsverfahren werden um digitale Technologien erweitert. Die Perspektiven für den Beruf sind hervorragend, sofern der Zahntechniker den Wandel dynamisch begleitet. Dass die CAD/CAM-Technologie in das Berufsbild eingebettet ist, zeigen die diversen Aus- und Fortbildungsmöglichkeiten. Der Beruf des Zahntechnikers ist anspruchsvoll; Zahntechniker benötigen manuelle Fertigkeiten, digitale Fähigkeiten, Werkstoffkunde-Know-how, anatomisches Wissen und handwerkliche Kunstfertigkeit. Dies alles macht den Beruf hochattraktiv und zugleich für Patienten sowie für Zahnärzte unverzichtbar.

Fazit

Momentan werden mit dem 3D-Drucker hauptsächlich dentale Hilfsstrukturen (Kiefermodelle, Implantatbohrschablonen, Test-Prothesen etc.) gefertigt. Zudem zeigt der 3D-Druck von Kompositkronen vielversprechende Tendenzen. Das Lasersinterverfahren (Modellgussbereich, Kronen/Brücken) im Dentalbereich kann im Jahr 2020 dem „Plateau der Produktivität“ zugeordnet werden, denn es hat sich etabliert.

Zusammenfassend ist zu sagen: In den Patientenmund eingesetzt wird ein Zahnersatz und kein Datensatz! Im Vordergrund steht die Patientensicherheit und hierfür bedarf es wissenschaftlicher Untersuchungen, insbesondere hinsichtlich der Materialien. Es ist zum jetzigen Zeitpunkt in einigen wenigen Bereichen möglich, definitiven Zahnersatz mittels 3D-Druck herzustellen. Allerdings sind wir hier noch ganz am Anfang. Wichtig sind insbesondere klinische Studien, welchen den Einsatz für permanent im Mund verbleibenden Zahnersatz absichern. Die digitale additive Fertigung (3D-Druck) ist im Jahr 2020 ein Werkzeug geworden, welches den Zahntechniker auf einem zeitgemäßen Weg zu einem hochwertigen Zahnersatz begleitet.

Quellen / Weiterführende Literatur:

Klassifizierungsregeln von Medizinprodukten gemäß Anhang IX der CE-Richtlinie 93/42/EWG (Medizinprodukte-Verordnung)
Medizinprodukte-Verordnung vom 20. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3854), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 10. Mai 2010 (BGBl. I S. 542) geändert worden ist
Gebhardt A: Rapid Prototyping. Verlag Hanser Fachbuch, 2. Auflage 2000, ISBN-10: 3446212426
Nagel M, Striezel R: Ein neues CAD/CAM-Verfahren: Bego Medifactoring, Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Dentale Technologie e. V., Sindelfingen, 2003
Van Noort R: The future of dental devices. dental Materials, 2011, pp. 3-12
Michael Riesmeier, 2014, 3D-Druck. Auswirkungen auf Fertigungsabwicklung und Logistik, München, GRIN Verlag
Schweiger J., Erdelt, K., Güth, JF: In-vitro-Untersuchung der mechanischen Qualität von gegossenen und lasergesinterten Klammern für Modellgussprothesen, Arbeitsbericht, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2018

IMPRESSUM

© Copyright, Februar 2020

Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen
Mohrenstraße 20/21, 10117 Berlin

Anschrift:

Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen
Mohrenstraße 20/21, 10117 Berlin
Tel.: 030 847 10 87-0
Fax: 030 847 10 87-29

E-Mail: info@vdzi.de
www.vdzi.de

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen

Mohrenstraße 20/21

10117 Berlin

Tel.: 030 847 10 87-0

Fax: 030 847 10 87-29

info@vdzi.de

www.vdzi.de

