

DENTAL DIGITAL

INTERDISZIPLINÄR ◻ INTERNATIONAL



Alles **bio** oder was?

Gerade der 3D-Druck mithilfe von Filamenten gilt als moderne Möglichkeit, nachhaltig und umweltbewusst zu produzieren. Eigentlich ein hehres Ziel, das heutzutage nach Möglichkeit jeder verfolgen sollte – im Privaten wie auch im Beruflichen. Was aber, wenn man zwar denkt, einen umweltbewussten Weg eingeschlagen zu haben, tatsächlich aber nur auf geschicktes Marketing hereingefallen ist? Heilsbringer Filament oder doch eher geschickte Augenwischerei? Die Autoren Arbnor Saraci, Lukas und Norbert Wichnalek zeigen in ihrem Beitrag auf, wie umweltfreundlich Filamente für den 3D-Druck tatsächlich sind und dass hier gerade in puncto Präzision, Kantenschärfe sowie oberflächengetreue Wiedergabe noch deutlich Verbesserungsbedarf besteht.

IN DEN 3D-DRUCK werden große Erwartungen gesetzt. Manch einer sieht ihn gar als möglichen Auslöser einer neuen industriellen Revolution, die ebenso weitreichende Veränderungen mit sich bringen könnte wie die Erfindung der Dampfmaschine, der Atomenergie, des Mikrochips oder des Internets. Begründet wird dies mit den Charakteristiken

des 3D-Drucks: eine völlig neue Designfreiheit und die Möglichkeit, Produkte schnell, einfach und individuell angepasst herzustellen. Innovationen könnten so ermöglicht und Ideen schneller realisiert werden.¹ Doch wie so oft ist nicht alles Gold, was glänzt und auch der 3D-Druck sollte einmal genauer unter die Lupe genommen werden.

WELCHE 3D-DRUCKVERFAHREN GIBT ES HEUTE?

Darüber haben sich bereits Mitarbeiter des Umweltbundesamtes schlau gemacht und eine detaillierte Auflistung auf ihrer Homepage (www.umweltbundesamt.de) gestellt.

Powder bed fusion processes (PBF)

Bei PBF-Verfahren werden durch eine oder mehrere thermische Quellen – dies sind in der Regel Laser- oder Elektronenstrahlquellen – dünne Pulverschichten, die in einem definierten Bauraum abgelegt werden, gesintert beziehungsweise verschmolzen. Die Bauteile müssen nach dem 3D-Druck von anhaftendem Pulver befreit werden.

Vereinfacht können drei PBF-Verfahren getrennt voneinander betrachtet werden: Polymer Laser Sintering (PLS), Metal Laser Sintering (MLS) und Electron Beam Melting (EBM) (Gibson et al. 2015: 107). PLS-Systeme arbeiten typischerweise

mit Polymeren (z.B. Polyamid), deren Schmelztemperatur bei etwa 200°C liegt. Für den 3D-Druck wird der Bauraum in der Regel mit einem Schutzgas (Stickstoff) gefüllt. Zudem wird das Pulverbett während des Prozesses leicht unter der Schmelztemperatur der Polymere gehalten. MLS-Systeme sind in der Industrie unter verschiedenen Synonymen bekannt, unter anderem als Selective Laser Powder Re-Melting (SLPR), Selective Laser Melting (SLM), Laser Cusing und Direct Metal Laser Sintering (DMLS). MLS-Systeme unterscheiden sich von PLS-Systemen insbesondere durch den genutzten Lasertyp und dadurch, dass das Bauteil bei MLS-Systemen mit der Bauplattform fest verbunden ist, um Deformationen des Bauteils entgegenzuwirken. Als Schutzgas wird in der Regel Stickstoff oder Argon genutzt. EBM-Systeme unterscheiden sich von MLS-Systemen durch die Nutzung eines Elektronenstrahls

anstelle eines Lasers. Zudem wird für EBM-Systeme kein Schutzgas benötigt, weil sie unter Vakuum arbeiten. Die Energiekosten für EBM-Systeme sind gegenüber neuen MLS-Systemen geringer. Da das Pulverbett durch die Elektronenstrahlquelle schnell vorgeheizt werden kann, sind keine zusätzlichen Heizsysteme nötig.

Photopolymerization processes (PP) oder Stereolithografie (SLA)

Bei PP-Verfahren werden flüssige Photopolymere durch UV-Strahlung punkt oder schichtweise auf einer Bauplattform vernetzt, sodass sich das Polymer verfestigt. Während des Prozesses ist die Bauplattform in das Photopolymer eingetaucht. Als UV-Quelle dienen meist Laser. Vereinfacht können drei PP-Verfahren voneinander unterschieden werden: Vector scan (point wise approach), Mask projection (layer wise approach) und Two-photon approach (high resolution point-by-point approach).

Material Jetting (MJ)

Bei MJ-Verfahren wird ein flüssiges Photopolymer über einen Druckkopf tropfenweise auf einer Bauplattform abgelegt und durch UV-Licht polymerisiert. Für die tropfenweise Ablage haben sich insbesondere die folgenden Technologien etabliert: Continuous Stream (CS), DOD-Methode und PolyJet.

Binder Jetting (BJ)

Bei BJ-Prozessen wird ein Bindemittel auf ein Pulver aufgetragen, sodass diese Schicht für Schicht infiltriert und zu einem dreidimensionalen Objekt verbunden wird. Das Verfahren ist auch unter dem Synonym 3D Printing (3DP) bekannt. Die Objekte werden nach dem Druck gegebenenfalls zusätzlich mit weiteren Bindemitteln infiltriert oder thermisch behandelt (gesintert), um eine höhere Festigkeit zu erzeugen. Bei den anderen

Druckverfahren wird diese nachträgliche Infiltrierung beziehungsweise thermische Behandlung nicht angewendet.

Sheet Lamination Process (SL)

Bei SL-Prozessen werden dünne, zweidimensionale Flächen aus einem Werkstoff ausgeschnitten und Layer für Layer zusammengefügt, sodass ein dreidimensionales Objekt entsteht. Folgende Füge-techniken werden genutzt: Kleben, thermisches Binden, Klemmen und Ultraschall-Schmelzen. Das SL-Verfahren ist auch unter dem Synonym Laminated Object Manufacturing (LOM) bekannt.

Directed Energy Deposition Processes (DED)

Bei DED-Verfahren werden mithilfe eines Lasers oder einer Elektronenstrahlquelle simultan das Substrat sowie das Material, das auf dem Substrat abgelegt werden soll und dem Druckpunkt kontinuierlich zugeführt wird, aufgeschmolzen. Im Gegensatz zu PBF-Verfahren wird das Material während der Ablage aufgeschmolzen.

Extrusion Based Processes (EB)

Bei EB-Verfahren wird zwischen physikalischen und chemischen Verfahren unterschieden. Im Rahmen von chemischen EB-Verfahren wird ein flüssiges Medium über eine Düse abgelegt, welches durch eine chemische Reaktion in den festen Aggregatzustand wechselt. Bei physikalischen EB-Verfahren werden thermoplastische Kunststoffe (z.B. Polylactat) als Filament über eine beheizte Düse bei rund 200°C geschmolzen, extrudiert und auf eine in der Regel beheizte Bauplattform (30 bis 60°C) abgelegt. Eine chemische Nachbereitung der Bauteile beziehungsweise das Entfernen von Pulverresten ist nicht notwendig. Dieses Verfahren wird oft auch als Fused Deposition Modelling (FDM) bezeichnet.

In unseren Betrachtungen gehen wir auf die Extrusion Based Processes ein und richten unseren Blick direkt auf eines der Standardmaterialien: PLA (Polylactid Acid). Generell lassen sich viele

unterschiedliche Materialien mittels EB-Verfahren drucken, Beispiele wären ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere), ASA (Acrylnitril-Styrol-Acrylat), Nylon (Polyamid), PET (Polyethy-

len), PETG (Polyethylenterphthalat), PC (Polycarbonat), POM (Polyoxymethylen), PEEK (Polyetheretherketon) und vieles andere. Alle in einem einzigen Beitrag untersuchen zu wollen, würde aber einfach den Platz sprengen und PLA hat im dentalen Alltag bereits einen prominenten Platz eingenommen.

Was genau ist eigentlich PLA?

PLA (polylactic acid), auch Polymilchsäure genannt, wird aus nachwachsenden und natürlichen Rohstoffen, wie beispielsweise Mais oder Zuckerrohr, gewonnen und gehört als synthetisches Polymer zu den Polyestern. Die Stärke (Glucose) wird aus den Pflanzen extrahiert und durch die Zugabe von Enzymen in Dextrose umgewandelt. Diese wird durch Mikroorganismen in Milchsäure fermentiert, welche wiederum zu Polylactid umgewandelt wird. Durch Polymerisation werden langgliedrige Molekülketten hergestellt, welche in ihren Eigenschaften Polymeren auf Erdölbasis ähneln. An sich wird reines PLA also aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und basiert nicht, wie beispielsweise ABS, auf fossilen Rohstoffen. Das ist durchaus positiv, wenn man bedenkt, dass unser Erdöl eine endliche Ressource ist. Nun stellt sich allerdings auch die Frage, ob es rein ethisch vertretbar ist, Plastik aus Lebensmitteln herzustellen, wo unsere Weltbevölkerung immer weiterwächst und immer mehr Nahrung benötigt wird.² Um es mal ganz drastisch zu verdeutlichen: Um 1 kg PLA herzustellen, werden 2,65 kg Mais benötigt. Da jedes Jahr 270 Millionen Tonnen Kunststoff hergestellt werden, würde der Ersatz von konventionellem Kunststoff durch PLA aus Mais, 715,5 Millionen Tonnen aus der weltweiten Nahrungsmittelversorgung entfernen.³ Gerade in Zeiten, in denen praktisch jeder Schritt, den wir Menschen machen, in CO₂-Werten gemessen wird, mutet es fast schon seltsam an, dass Plastik aus Lebensmitteln niemandem Sorge bereitet. Im Gegenteil, da es aus Lebensmitteln gewonnen wird, wirkt es besonders ‚bio‘. Aber sehen wir doch einmal genauer hin. Betont wird immer das PLA biologisch abbaubar ist, was für die meisten gleichbedeutend wie kompostierbar ist. Hier beginnt schon die Krux an der Sache. Denn zualler-

erst sollten die Begriffe biologisch abbaubar und kompostierbar erläutert werden.

Unterschied: biologisch abbaubar und kompostierbar

Viele Menschen setzen ‚biologisch abbaubar‘ mit ‚kompostierbar‘ gleich. Doch ‚biologisch abbaubar‘ bedeutet im Allgemeinen, dass ein Objekt biologisch zersetzt werden kann, während ‚kompostierbar‘ typischerweise angibt, dass ein solcher Prozess zu Kompost führt. Ein ‚biologisch abbaubares‘ Material kann unter bestimmten anaeroben oder aeroben Bedingungen zersetzt werden. Allerdings wird fast jedes Material im Laufe der Zeit früher oder später in der Natur zersetzt. Somit müssen die genauen Umweltbedingungen zur biologischen Abbaubarkeit explizit definiert werden. Kompostierung ist ein menschengemachter Prozess. Laut EU-Norm gilt ein Polymer oder eine Verpackung dann als kompostierbar, wenn es in einer industriellen Kompostieranlage, unter anderem, innerhalb von sechs Monaten zu mindestens 90 % durch Mikroorganismen in CO₂ umgewandelt wird und Zusatzstoffe zu maximal 1% der Ausgangsmasse enthalten sind und unbedenklich sind (ungiftig und keine negativen Effekte auf das Pflanzenwachstum).

Damit PLA wirklich abgebaut werden kann, sind industrielle Kompostierungsbedingungen notwendig, das heißt, kontrollierte Temperatur und Feuchtigkeit in Gegenwart von Mikroorganismen. Unter diesen industriellen Kompostierbedingungen kann PLA also innerhalb von ein paar Tagen bis zu wenigen Monaten biologisch abgebaut werden. Die Temperaturen müssen hierbei bei über 55 bis 70°C liegen.⁴ Dies verdeutlicht ziemlich beeindruckend, dass PLA gar nicht so umweltfreundlich ist, wie bisher angenommen und es auch nicht ohne Hilfe einfach so verrottet, sondern dies alles nur unter komplexen und industriellen Bedingungen stattfinden kann. In der freien Natur dauert es jedoch mindestens 80 Jahre bis PLA zersetzt ist.

3D-Druck und Feinstaub

Das Umweltbundesamt hat 2017 wichtige Informationen zum 3D-Druck zusammengetragen und



► Das Prinzip des Filamentdruckers ist vergleichbar mit einer Klebepistole, die sehr präzise das auf der XY-Achse aufgeschmolzene Material additiv aufträgt



► Durchgesetzt hat sich am Markt ein Filament-Durchmesser von 1,75 mm



► Es gibt die unterschiedlichsten Materialien, die in den verschiedensten Farben angeboten werden wie beispielsweise ABS, ASA, Nylon, PET, PETG, PC, POM, Acetal, PLA oder PEEK, um nur einige zu nennen.

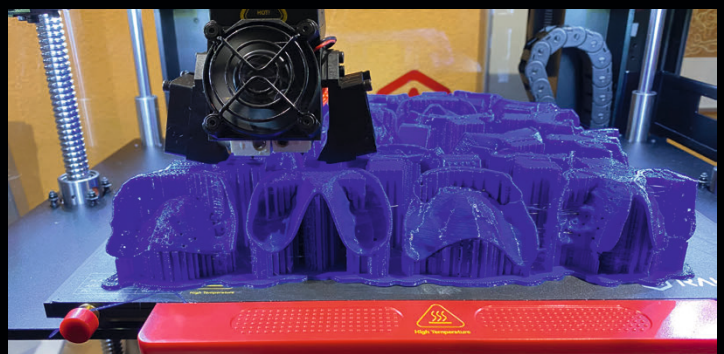


► Unterschieden werden einfache Filament-Drucker ohne beheiztes Druckbett und nur einer Druckdüse (li.). Bei uns im Labor haben wir den Inventor 2 Flashforge seit über vier Jahren im Einsatz. Daneben gibt es auch noch Filament-Drucker mit beheiztem Druckbett und zwei Druckdüsen (re.), bei uns der Raised Pro 2. Beide Drucker decken unsere Ansprüche und Einsatzzwecke optimal ab.



► Das Druckbett des Inventor 2 und ...

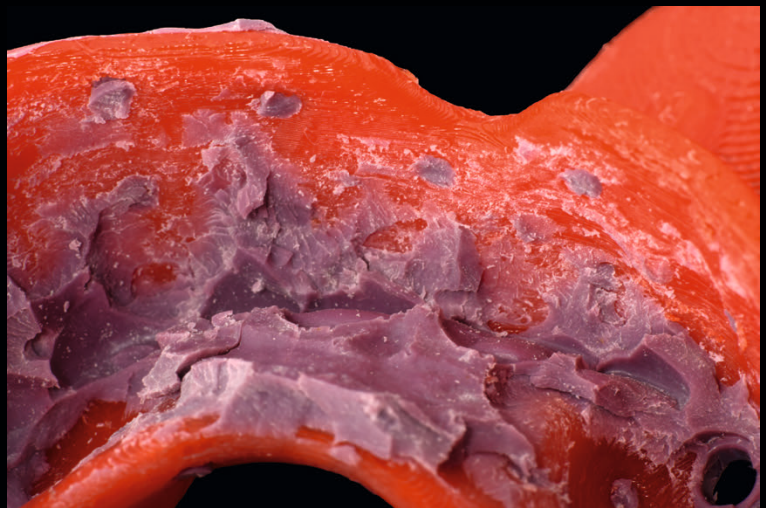
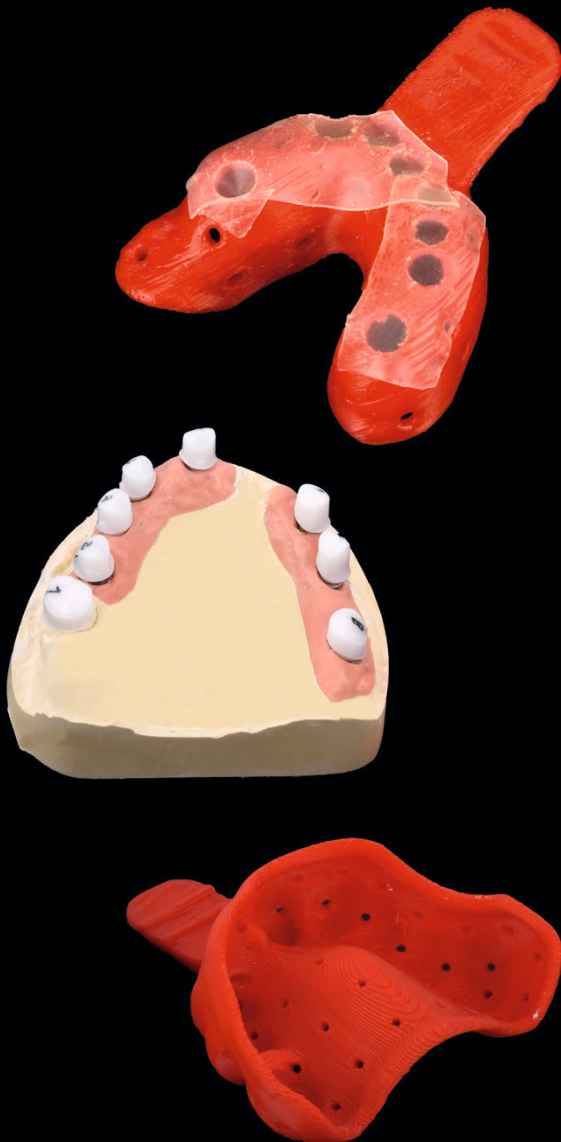
► ... das vom Raised Pro 2. Der Unterschied in der Menge der gleichzeitig druckbaren Objekte beim Raised Pro 2 gegenüber des Inventor 2 ist deutlich.



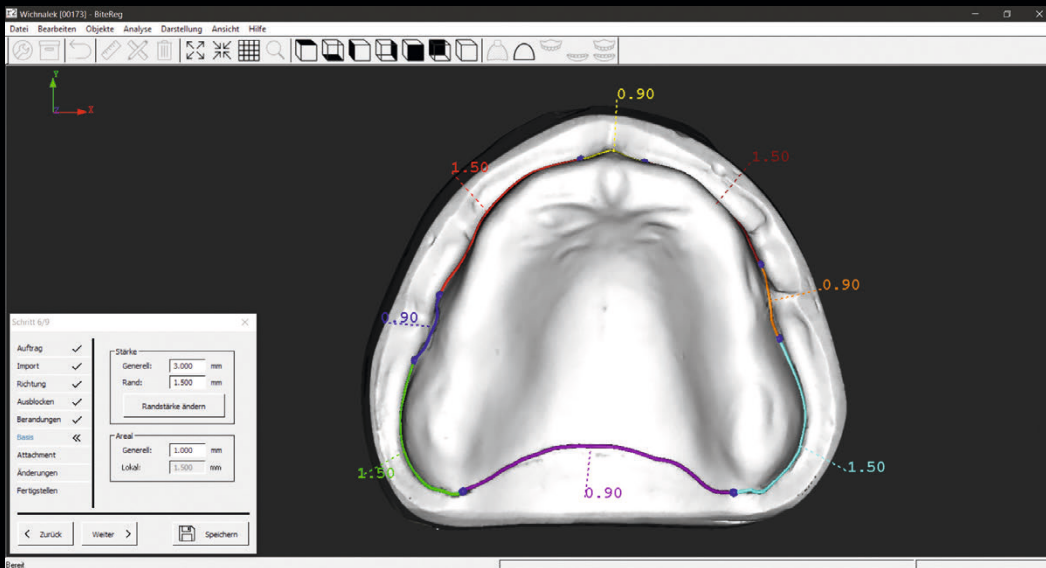


► Haupteinsatzgebiet für den 3D-Druck sind in unserem Labor individuelle Löffel und Bisschablonen.

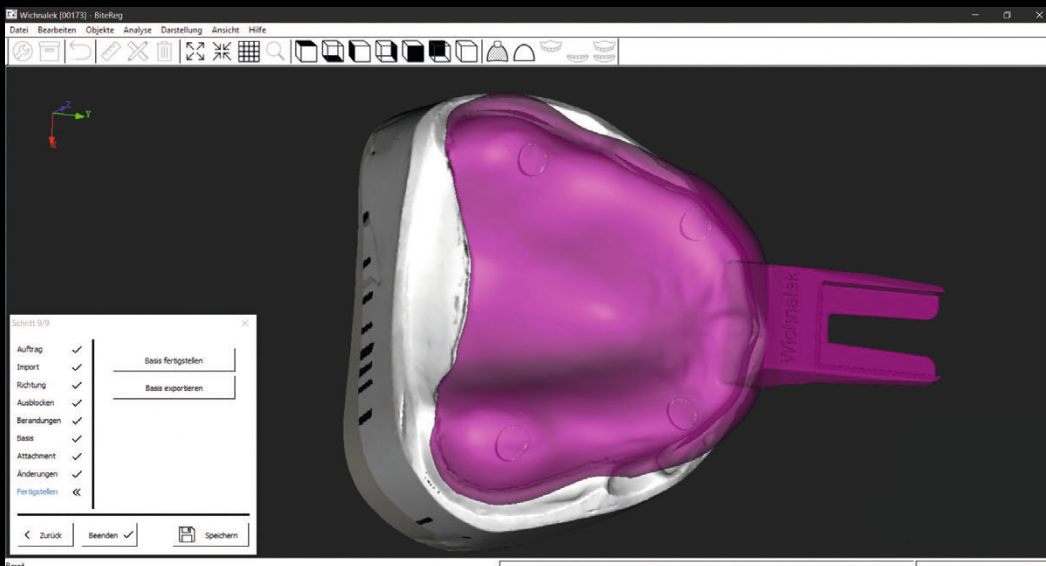
► Gerade bei den individuellen Abformlöffeln kommt es nicht auf eine glatte Oberfläche an, sondern ...



► ... es wurde gezielt eine grobe Druckereinstellung gewählt, die extrem retentiv ist. So können wir den vermeintlichen Nachteil des Extruderdruckers als Vorteil nutzen.

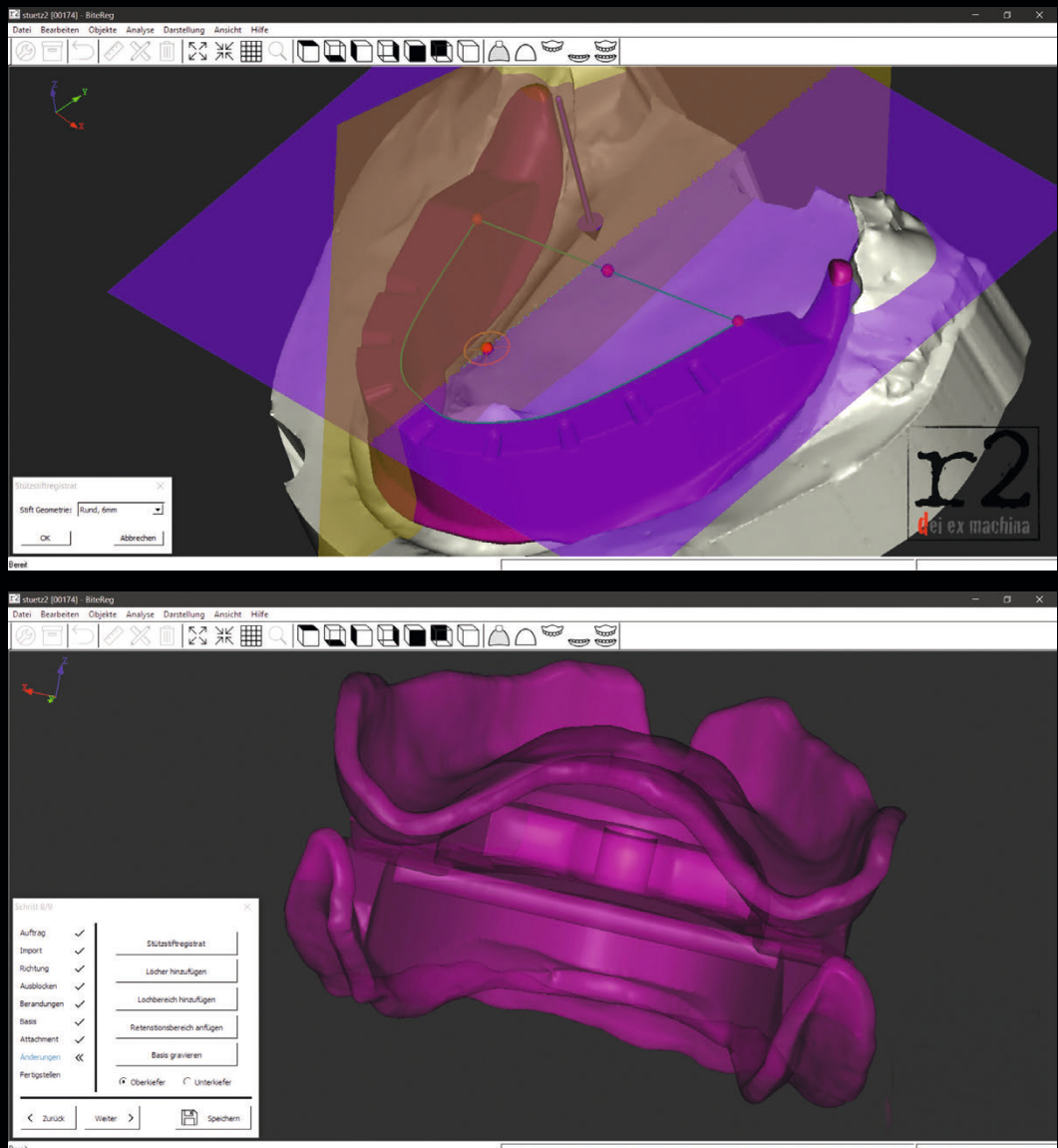


► Für die digitale Löffelherstellung gibt es unterschiedliche Programme. Wir arbeiten in unserem Labor mit der innovativen Independent-Software BiteRag von Ralph Riquier, die laufend verbessert und erweitert wird.



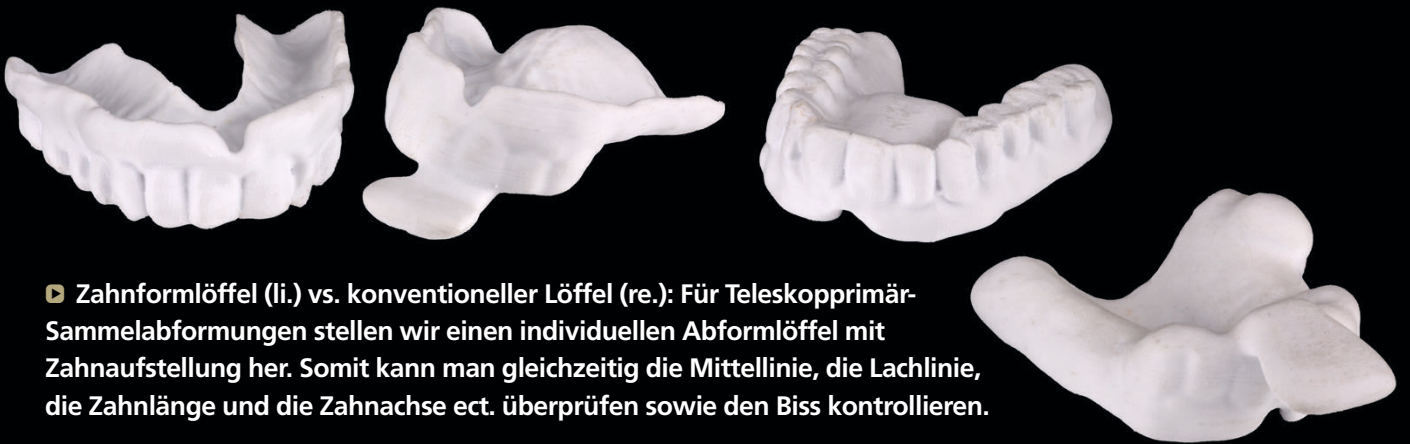
► Die Herstellung individueller Abformlöffel mit den verschiedenen Bissgabelaufnahmen/-anschlüssen ist mit der BiteRag-Software einfach, schnell und intuitiv umsetzbar.



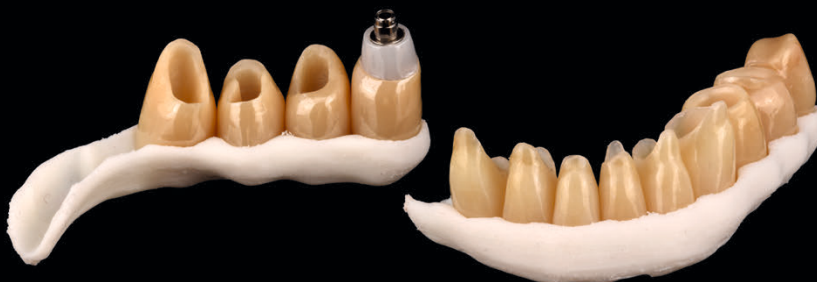


► Auch das gute alte Pfeilwinkel-Registrierat lässt sich so sehr präzise und einfach umsetzen





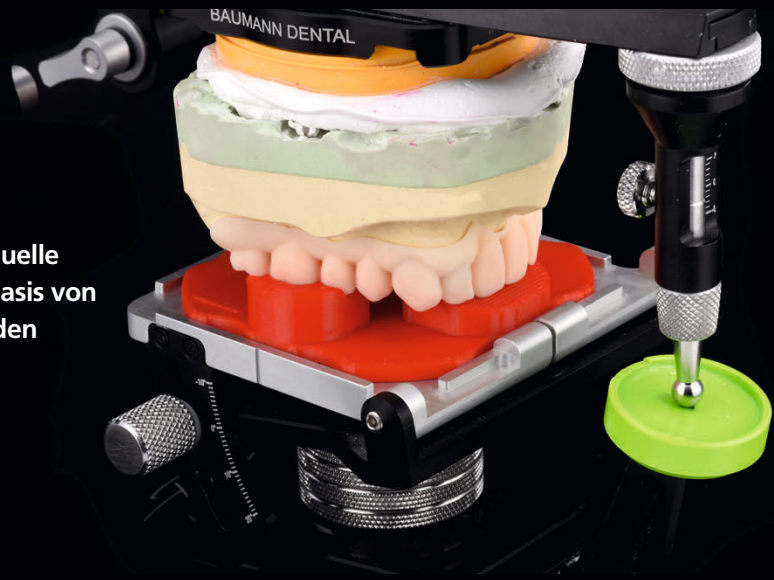
► Zahnformlöffel (li.) vs. konventioneller Löffel (re.): Für Teleskopprimär-Sammelabformungen stellen wir einen individuellen Abformlöffel mit Zahnaufstellung her. Somit kann man gleichzeitig die Mittellinie, die Lachlinie, die Zahnlänge und die Zahnachse ect. überprüfen sowie den Biss kontrollieren.



► Einsatz- oder Zentrierhilfen lassen sich mit Filament sehr schnell drucken



► Ebenso lassen sich mit Filament individuelle Einartikulierschlüssel herstellen, die auf Basis von rein digitalen Scandaten konstruiert wurden



► ... hat drucktechnisch seine Grenzen. Die Abbildung zeigt die Oberfläche eines Polyamid-Drucks im Vergleich mit einem menschlichen Haar (ein menschliches Haar hat im Durchschnitt 0,07 mm). Diese Unebenheiten sind unserer Ansicht nach kontraproduktiv für unsere Präzision



► Das Drucken von Interimsprothesen aus Polyamid ...



▣ Die mittels Nylon hergestellte Oberfläche ist bei weitem noch nicht so homogen ...



▣ ... wie wir es von gepresstem oder gefrästem Polyamid-Zahnersatz gewohnt sind

▣ Können mittels Filament (weiß – Raised Pro 2) gedruckte Modelle mit beispielsweise im SLA- oder DLP-Verfahren (orange – Formlabs Form 2) gedruckten Modellen mithalten? Urteilt selbst!

ist hierbei auch auf den Emissionsausstoß von 3D-Druckern eingegangen. Emissionen entstehen bei der Vorbereitung des Druckmaterials, beim Druckprozess selbst, bei der Entnahme der Teile, bei der Nachbehandlung sowie während der Nutzungsphase. Je nach verwendeter Technologie entstehen Stäube, Rauchgase und Dämpfe, die gesundheitsschädlich sind. Beispielsweise treten bei pulverbasierten Verfahren unter anderem die folgenden Emissionen auf: Bei der Vorbereitung des Druckmaterials werden Stäube freigesetzt; diese halten sich in der Luft und sind inhalierbar. Stäube treten auch durch Additive auf, also durch Zusatzstoffe in Druckmaterialien, die gesundheitsschädlich sein können; hier können auch Belastungen durch Nano-Partikel entstehen. Industriell

eingesetzte Maschinen haben zwar Filter, jedoch können Nanopartikel auch durch die Schmelzprozesse entstehen, die dann bei der Entnahme, Säuberung, dem Polieren und der Oberflächenbehandlung des Bauteils freigesetzt und inhaliert werden können. Die Teile können außerdem Restpartikel und Lösungsmittelrückstände enthalten, die in der Nutzungsphase emittieren. Insbesondere bei pulver- und extrusionsbasierten Verfahren sowie bei der Stereolithografie und dem Binder Jetting treten Feinstaub und flüchtige organische Verbindungen (Anm. d. Red.: VOC aus dem Englischen volatile organic compounds) aus. Beispielsweise ist der Ausstoß von Partikeln der Größe $2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2.5}) beim Binder Jetting um ein zehnfaches höher als der durch die USEPA (US



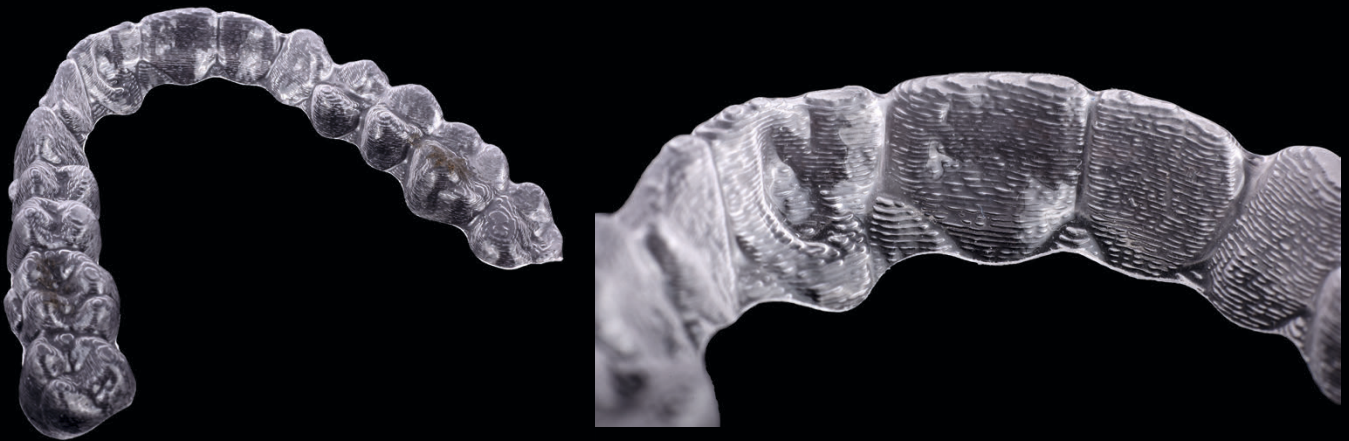
► Da bei hellem Filament alles homogener erscheint als es tatsächlich ist, haben wir mit Licht und Schatten gespielt, um die Oberflächenqualität visuell beurteilen zu können. Um feinere Oberflächen mit dem Filament-Drucker zu erzielen, testeten wir Druckzeiten bis zu 70 Stunden – erfolglos! Die Rillen bleiben. Lasst die folgenden Bilder auf euch wirken und entscheidet selbst.

Environmental Protection Agency) festgelegte Grenzwert von $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Beim Druck mit extrusionsbasierten Verfahren und dem Einsatz von PLA-Druckmaterialien betrug die Emissionsrate zwischen rund $2,0 \times 10^{10}$ pro Minute für die gedruckten Objekte. Die VOC-Belastungen variieren stärker, wobei die höchsten Belastungen durch Nylon, PCTPE (Anm. d. Red.: PCTPE = Plastifi-

ziertes Copolyamid TPE; dabei handelt es sich um ein extrem flexibles sowie gleichzeitig haltbares TPE- und Nylon-basiertes Filament) und ABS auftreten.⁵ Da die Gesundheit aller Mitarbeiter unseres Labors nicht erst seit diesem Jahr bei uns an erster Stelle steht, haben wir von Anfang an all unsere 3D-Drucker in einem eigenen Raum inklusive Abluftabzug aufgestellt.



► Um die unterschiedlichen Oberflächenqualitäten zu beurteilen und miteinander vergleichen zu können, „formten“ wir unsere Modelle mit einer 0,5 mm dünnen Tiefziehfolie (PE Polyethylen Copyplast/Scheu Dental) ab. So können wir genau aufzeigen, dass die Oberflächen nie vollkommen homogen sind, wie wir es von Gips gewohnt sind. Frei von allen optischen Täuschungen lassen sich die Oberflächen abbilden und die Unebenheiten, die bei näherer Betrachtung den Rillen eines Fingerabdrucks gleichen, klar und eindeutig darstellen.



► Bei Aligner-Schienen werden die Oberflächendefizite zwar auch deutlich, doch wir denken, dass sie hier keine tragende Rolle spielen

PLA-Druck: präzise – oder eher ungenau?

Machen wir uns nichts vor – die uns von Gips gebotene Kantenstabilität und insbesondere Kantenschärfe werden wir beim PLA-Druck nie erhalten. Das ist einfach nicht möglich – selbst bei Druckzeiten von bis zu 70 Stunden ist es uns nicht gelungen, glatte Oberflächen zu erhalten. Wir haben uns bei uns im Labor einmal die Mühe gemacht und alle 3D-gedruckten Modelle mithilfe einer Tiefziehfolie erneut abgeformt. Tiefgezogen wurden alle Modelle, ob es sich um ein PLA-Modell oder ein Modell aus Resin handelte. Die Ergebnisse brachten selbst für uns einige Überraschungen zutage. Kein einziges Modell verfügte über eine ähnlich glatte Oberfläche, wie wir es von unseren Gipsmodellen gewohnt sind und die für uns auch als absolutes State of the art sind. Warum also auf etwas Perfektes verzichten, nur weil der 3D-Druck gerade ‚hip‘ und ‚in‘ ist? Das kommt für uns so nicht infrage. Bei näherer Betrachtung unserer Tiefziehfolienergebnisse wurde uns schnell klar, dass ein Arbeitsmodell aus dem 3D-Drucker für uns derzeit noch nicht nutzbar ist. Dennoch ist aus unserem Labor der 3D-Drucker nicht mehr wegzudenken. Anwendung findet er vor allem im Bereich der individuellen Abformlöffel oder auch bei Zentrierhilfen. Gerade bei individuellen Abformlöffeln wird genau die Schwäche, die ein 3D-gedrucktes Modell gegenüber einem Gipsmodell innehat, also die feh-

lende Kantenschärfe und Homogenität, zur absoluten Stärke. Wir drucken unsere Abformlöffel immer mit einer sehr groben Einstellung. Dadurch wird die Oberfläche extrem retentiv und die Abformmasse findet genau den Halt, den sie braucht, um ein exaktes Abbild der Ist-Situation darzustellen.

Verschiedene Recyclingmethoden

Wie bereits angesprochen, ist der von Herstellern und Händlern verwendete Begriff ‚biologisch abbaubar‘ für den Endverbraucher meist sehr irreführend und vermittelt ein trügerisches Sicherheitsgefühl, umweltbewusst zu agieren, ohne dem gerecht zu werden. Auch das Umweltbundesamt merkt in seinem Bericht an, dass erhöht Umweltauswirkungen durch Mikroplastik auftreten können, wenn aufgrund dieser kommunizierten biologischen Abbaubarkeit mehr Kunststoffe in der Umwelt entsorgt werden. In der freien Natur dauert es jedoch, wie bereits angesprochen, mindestens 80 Jahre bis PLA zersetzt ist, womit es im Meer und an Land neben konventionellem Kunststoff aus Erdöl genauso zur Umweltverschmutzung durch Plastik und vor allem Mikroplastik beiträgt. Deshalb sollte PLA genauso wenig wie anderes Plastik in die Natur geworfen werden oder in Heimkompostern oder im Biomüll landen.⁶ Auf dem Markt haben sich bereits einige Hersteller intensiv mit dem Thema Recycling auseinandergesetzt und interessante

Möglichkeiten geschaffen. So hat beispielsweise das niederländische Unternehmen Refil Kunststoffe aus verschiedenen Branchen gesammelt, recycelt und anschließend zu Filamenten für FDM-3D-Drucker verarbeitet. Sie produzieren erfolgreich Filamente aus Autokarton, Kunststoffflaschen, Joghurtbechern und sogar aus alten Kühlschränken. Ihr Ziel ist es, die Umwelt nicht zusätzlich durch die Produktion von neuem Material zu belasten. Auch die Firma Francofil aus Frankreich forscht an Filamenten auf Biokunststoffbasis. Deren Filamente stammen beispielsweise aus Muschelschalen, wie Austern oder Jakobsmuscheln, sowie Weizen- und Kaffeeabfällen. Das amerikanische Start-up-Unternehmen 3D Fuel hat neben Filamenten auf Kaffeeabfallbasis auch welche auf Hanf- und Bierbasis im Programm. Die kanadische Firma ReDeTec hat sich Gedanken um die Abfallmenge beim 3D-Druck selbst gemacht und wie man diese reduzieren könnte. Herausgekommen ist der sogenannte ProtoCycler, der dazu in der Lage ist, die Abfälle der am meisten verwendeten Kunststoffe auf dem Markt zu recyceln und zu neuem Filament zu verarbeiten. Auch 3Devo aus den Niederlanden fokussierte das Thema Recycling und entwickelte den SHR3D IT. Dieser kann pro Stunde satte 5,1 kg Kunststoff in 3D-druckbares Granulat verwandeln. Wir bleiben mit der Initiative Precious Plastic in den Niederlanden, die wie viele andere auf die Bekämpfung des Plastikmülls abzielt. Dabei handelt es sich um ein System aus verschiedenen Maschinen, das es jedem ermöglichen soll, Kunststoff zu recyceln. Es werden zudem regelmäßige Treffen organisiert, in denen der Einsatz des Systems erklärt und gezeigt wird. Zu diesem System gehört ein Shredder, ein Extrusionssystem zur Herstellung von 3D-Druckfilamenten sowie eine Injektions- und Kompressionsmaschine. Alle Maschinen sind Open Source und können einfach zu Hause montiert werden, was eine Mehrheit der Menschen ermutigen soll, sich gegen Kunststoffverunreinigungen zu engagieren.

Das amerikanische Million Waves Project hat es sich zum Ziel gemacht, Kunststoffabfälle in 3D-gedruckte Prothesen zu verwandeln. Somit werden Strände und Meere von Plastik befreit und gleichzeitig medizinische Lösungen für Entwicklungsländer angeboten. Seit seiner Gründung hat das Pro-

jekt vielversprechende Ergebnisse gezeigt und könnte zukünftig vielen Menschen helfen und ganz nebenbei die Ozeane zumindest ein bisschen vom Müll befreien.⁷

Fazit

In der Zahntechnik gibt es nach wie vor deutliche Grenzen für PLA-Drucke, da sie naturgemäß über eine unebene Oberfläche verfügen und somit der Genauigkeit unserer Präzisionsarbeit Schaden zufügen können. In unserem Labor ist es uns bisher noch nicht gelungen, Modelle so zu drucken, dass wir eine homogene Oberfläche erhalten, die mit der einer aus Gips gegossenen mithalten kann. Trotzdem sind wir alle von den vielen Vorzügen des 3D-Drucks vollkommen überzeugt und setzen ihn sehr häufig und bewusst ein. Also absolute Vorteile sehen wir vor allem, dass Filament unheimlich günstig ist und die Drucke keinerlei größere Nacharbeiten mittels Isopropanolbad zur Reinigung oder Polymerisationslampe zum Aushärten benötigen. Ist der 3D-Drucker fertig, muss das Ergebnis nur von den Stegen befreit werden und steht anschließend sofort zur Verfügung. Das spart schon enorm viel zeitliche und monetäre Ressourcen. □

Kontakt

Zahntechnik Norbert Wichnalek

Hochfeldstraße 62, 86159 Augsburg

Tel.: 0821 571212, Fax: 0821 5892553

✉ info@wichnalek-dl.de

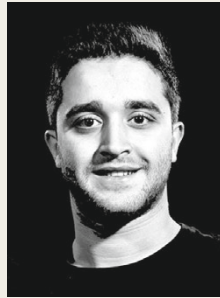
🌐 www.wichnalek-dl.de

LITERATUR

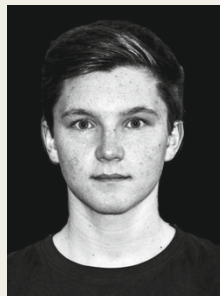
- 1 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/fachbroschuere_3d_barrierefrei_180619.pdf
- 2 <https://www.3dnatives.com/de/feature-story-3d-druck-material-pla-nachhaltig-230720191/#!>
- 3 <https://www.3dnatives.com/de/feature-story-3d-druck-material-pla-nachhaltig-230720191/#!>
- 4 <https://www.3dnatives.com/de/feature-story-3d-druck-material-pla-nachhaltig-230720191/#!>
- 5 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/fachbroschuere_3d_barrierefrei_180619.pdf
- 6 <https://www.3dnatives.com/de/feature-story-3d-druck-material-pla-nachhaltig-230720191/#!>
- 7 <https://www.3dnatives.com/de/umwelt-3ddruck-21012016/#!>

VITAE

Aufgewachsen in Italien zog **Arbnor Saraci** 2014 nach Deutschland, wo er im Anschluss an ein Praktikum im Dentallabor Wichnalek und dem Besuch der Military School von Zirkonzahn die Ausbildung zum Zahntechniker begann. Nach seiner Gesellenprüfung im Jahr 2016 besuchte er die Military School Advance und im Jahr 2017 das Intensiv-Training im Internationalen Trainingscenter Novadent in Manila mit Referent Shoji Sasaki vom Osaka Ceramic Training Center. 2018 absolvierte er das Curriculum DEGUZ zum Umwelt-Zahntechniker sowie die Intensiv-Weiterbildung im Internationalen Trainingscenter Novadent in Manila. Im selben Jahr belegte er gemeinsam mit Lukas Wichnalek den ersten Platz beim Zirkonzahn Wettbewerb „10 Jahre Prettau Zirkon“ und veröffentlichte erste Publikationen. 2019 waren er und Lukas Wichnalek die Gipfelstürmer des Zahngipfels. Zudem besetzt Arbnor Saraci einen Platz im Redaktionsbeirat eines Journals für junge Zahntechniker. Arbnor Saraci bildet sich stetig im In- und Ausland über zahntechnische Themen und Dentalfotografie weiter.



Lukas Wichnalek startete im Jahr 2014 seine Ausbildung zum Zahntechniker, besuchte 2015 die Military School und ein Jahr später die sechsmonatige Ranger School bei Enrico „Heini“ Steger/Zirkonzahn in Bruneck/Südtirol. Im Jahr 2017 folgte das Intensiv-Training im Internationalen Trainingscenter Novadent in Manila mit Referent Shoji Sasaki vom Osaka Ceramic Training Center. 2017 be-



legte er den ersten Platz beim Kuraray Noritake Award in Level 2 CAD-Design, bevor er ein Jahr danach die Gesellenprüfung ablegte. Lukas Wichnalek besuchte das Curriculum DEGUZ zum Umwelt-Zahntechniker und die Intensiv-Weiterbildung im Internationalen Trainingscenter Novadent in Manila. 2018 belegte er den ersten Platz beim Zirkonzahn Wettbewerb „10 Jahre Prettau Zirkon“ gemeinsam mit Arbnor Saraci und ist ebenfalls im Redaktionsbeirat eines Journals für junge Zahntechniker. Seit 2018 veröffentlicht er Beiträge in Fachjournals und 2019 waren er und Arbnor Saraci die Gipfelstürmer des Zahngipfels. Lukas Wichnalek besucht regelmäßig diverse Weiterbildungen im In- und Ausland über zahntechnische Themen und Dentalfotografie.

Norbert Wichnalek absolvierte 1987 erst die Gesellenprüfung und 1993 die Meisterprüfung zum Zahntechniker in München. Ein Jahr später eröffnete er sein eigenes Dentallabor und 1996 sein Schulungslabor in Augsburg. In den Jahren von 1996 bis 2014 war Norbert Wichnalek Lehrer für Fachpraxis Zahntechnik an der Berufsschule 2 in Augsburg. Er ist seit 2014 Vorreiter und Mitentwickler beim Einsatz der Plasmatechnologie in der Zahntechnik und seit 2012 Referent der DEGUZ Umwelt-Zahntechnik. Norbert Wichnalek ist Autor von mehr als 100 Fachpublikationen im In- und Ausland und weltweit als Referent unterwegs. Sein Laborschwerpunkt liegt bei Zahnersatz im Einklang mit dem Menschen, metallfreiem Zahnersatz sowie der Plasmatechnologie.

