



3D-Druck in der Dentalindustrie

Positionspapier des Verbandes
der deutschen Dentalindustrie (VDDI)
zum Umgang mit Sonderanfertigungen nach MDR

23. Februar 2018

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort VDDI	3
2.	Executive Summary	4
3.	Einführung	6
3.1	<i>Entwicklung des 3D-Drucks in der Zahnmedizin</i>	6
3.2	<i>Prozessablauf zur Herstellung von Zahnersatz: Vergleich der konventionellen Herstellung mit der Herstellung mittels 3D-Druck am Beispiel einer Krone</i>	10
4.	„Sonderanfertigung“ nach MDR im Dentalbereich	11
4.1	<i>Vergleich Richtlinie 93/42/EWG Medical Device Directive (MDD) und der europäischen Verordnung über Medizinprodukte (MDR)</i>	11
4.2	<i>Statement der Europäischen Kommission bzgl. der europäischen Verordnung über Medizinprodukte (MDR) und der Herstellung von Zahnersatz mittels CAD/CAM</i>	12
5.	Schlussbemerkung	14
6.	Appendix I	15
7.	Autoren	16
8.	Quellenangaben	17

1. Vorwort VDDI

Die Unternehmen der Dentalindustrie zeichnen sich durch einen sehr hohen Innovationsgrad aus, da sie überdurchschnittlich in Forschung und Entwicklung investieren. Im Bereich der additiven Fertigung, auch industrieller 3D Druck genannt, halten sie momentan eine führende Rolle inne. Die Zahl der dentalen Medizinprodukte, die in unterschiedlichen 3D-Verfahren hergestellt werden, wächst dabei permanent. Die neuen Möglichkeiten des 3D-Druckes für die Herstellung von Dentalprodukten, z.B. Prothesen, Zähne, Zahnersatz u.a., dürfen ohne Übertreibung als technische Revolution betrachtet werden. Dabei werden unterschiedlichste Patentensversorgungen am Computer entworfen und mit verschiedenen 3D-Druckmethoden dreidimensional Schicht für Schicht aufeinander aufgebaut. Als Materialien werden vorwiegend Kunststoffe oder Metalle verwendet. Die besagte Innovationsstärke und die ständige Weiterentwicklung der Materialien und der Prozesse geben den Anwendern schließlich die Möglichkeit, exakt passende Produkte zu verwenden und so den Behandlungszeitraum auf ein notwendiges Minimum zu verkürzen.

Da sich im VDDI immer mehr Unternehmen mit dieser Technologie befassen, war es naheliegend, einen Arbeitskreis zu gründen, der sich auf gemeinsame Interessen und Ziele fokussiert und der Vertretung seiner Anliegen gegenüber öffentlichen und privaten Stellen widmen soll. Die vorrangigen Ziele sind:

- Einbindung von und Zusammenarbeit mit den relevanten Verbänden und Industrien. Hierzu gehören in erster Linie die Zahnärzte (Bundeszahnärztekammer) und Zahntechniker (Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen).
- Die Öffentlichkeitsarbeit des VDDI sollte sich mit dem Thema 3D-Druck befassen. Das Ziel der Öffentlichkeitsarbeit sind in erster Linie die Darstellung der Perspektiven des 3D-Drucks und die Beantwortung der Fragen in Bezug auf die sichere Anwendung des Produkts und damit der Sicherheit von 3D-Produkten.

2. Executive Summary

Zur Herstellung von Medizinprodukten werden in der gesamten Medizinproduktebranche zunehmend moderne, industrielle Herstellungsmethoden eingesetzt. Diese eignen sich nicht nur für die Serienfertigung von großen Losgrößen gleichartiger Produkte, sondern auch für die wirtschaftliche Herstellung von individuellen, patientenspezifischen Medizinprodukten (den sog. „Sonderanfertigungen“) in der Losgröße n=1.

Gerade der 3D-Druck findet dabei auch unter ökologischen und ökonomischen Aspekten seit Jahren zunehmend seinen Einsatz in der Medizintechnik und insb. in der Zahnmedizin, weil er u.a. dazu beiträgt, Ressourcen zu schonen. Gleichzeitig ist zur Herstellung von Sonderanfertigungen die Verwendung sicherer Materialien, Prozesse und Produkte notwendig, damit die hergestellten Produkte definierte chemische und physikalische Eigenschaften aufweisen und damit auch sicher in ihrer Anwendung werden. Die Verantwortung und Verpflichtung dieser Voraussetzungen muss grundsätzlich der Hersteller übernehmen.

Mit der Verabschiedung der neuen Europäischen Verordnung über Medizinprodukte (Medical Device Regulation, EU 2017/745 - MDR) am 05. April 2017 wurde im Gesetzestext erstmals auf industrielle Verfahren zur Herstellung von „Sonderanfertigungen“ und serienmäßig hergestellte Medizinprodukte Bezug genommen. Art. 2, Nr. 3 Satz 1 MDR definiert dabei den Begriff „Sonderanfertigung“. Ein Medizinprodukt wird dann zu einer Sonderanfertigung, wenn es aufgrund einer schriftlichen Verordnung für einen einzigen Patienten hergestellt wird und ausschließlich spezifischen Auslegungsmerkmalen genügt, die nur bei diesem einen Patienten den angestrebten therapeutischen Nutzen entfalten.

Weiterhin definiert der Gesetzgeber, dass Produkte, die gemäß schriftlichen Verordnungen serienmäßig in industriellen Verfahren hergestellt werden, nicht als Sonderanfertigungen gelten. Der 3D-Druck wird als industrielles CAD/CAM-Verfahren auch für patientenbezogene Medizinprodukte (Sonderanfertigungen) genutzt, ohne dass diese als serienmäßig hergestellte Produkte eingestuft werden.

Zur Bestätigung der Aussage, dass 3D-Druck als industrielles Herstellungsverfahren auch für patientenbezogene Medizinprodukte (Sonderanfertigungen) eingesetzt werden kann, hat auch ein Antwortschreiben der Europäischen Kommission auf eine Anfrage der FEPPD (Europäischer Zahntechnikerverband) beigetragen.

Auf Basis dieser Darstellung und der stattfindenden Diskussion, sind die Ziele des vorliegenden VDDI-Papiers:

- Den 3D-Druck und dessen Einsatz anhand von dentalen Anwendungen vorzustellen.
- Darzustellen und zu belegen, dass der 3D-Druck als industrielles Fertigungsverfahren zur Herstellung von patientenspezifischen Medizinprodukten in der Losgröße n=1 (Sonderanfertigung) geeignet ist.
- Darzustellen, dass die Sicherheit der endgültigen/finalen, patientenspezifischen Medizinprodukte über abgesicherte Prozesse, Vorprodukte und Geräte unter der Berücksichtigung des Stands der Technik gewährleistet ist und die Anforderungen der Medizintechnik erfüllt werden.

3. Einführung

3.1 Entwicklung des 3D-Drucks in der Zahnmedizin

3D-Druck ist ein additives (aufbauendes) Formgebungsverfahren, bei welchem Objekte hergestellt werden, die zuvor mithilfe eines CAD-Programms (Computer Aided Design) konstruiert wurden.

3D-Druck ist jedoch nicht gleich 3D-Druck: Dieser Überbegriff steht für mehrere, teilweise technologisch stark unterschiedliche additive Verfahren, sowie für eine Vielzahl an verwendeten Materialien. Alle Verfahren haben gemeinsam, dass die Objekte physisch komplett „zusammengesetzt“ werden, indem die einzelnen Schichten der herzustellenden Objekte mittels materialspezifischer Schmelz- und Verfestigungsprozesse miteinander verbunden werden. In den meisten Fällen ist eine zusätzliche Nachbearbeitung der hergestellten Objekte, wie z.B. Reinigung und Nachbelichtung, notwendig, um die finalen, gewünschten Eigenschaften der Materialien zu erreichen. Eine generelle Übersicht der Verfahren und der eingesetzten Materialien ist in der Abbildung 1 dargestellt.

Prinzip	Beschreibung	Materialien	Abkürzungen
Bindemittelauftrag	Auftrag eines flüssigen Bindemittels auf Pulverwerkstoffe	z.B. Sand, Metall, Keramik	BJ
Gerichtete Energieeinbringung	Verschmelzen eines Werkstoffs durch gerichtete (Wärme-) Energie	Metalle, Kunststoffe	DED
Werkstoffextrusion	Gezielte Dosierung eines Werkstoffes mittels einer Düse	Kunststoffe, Composite	FDM
Werkstoffauftrag	Gezielte Dosierung eines Aufbauwerkstoffs in Tropfenform	z.B. Wachs	MJM
Wannenbasierte Photopolymerisation	Gezielte Aushärtungen eines flüssigen Photopolymers mittels einer Energiequelle	z.B. Kunststoffe (auch gefüllt), Wachs	SLA, DLP
Pulverbettbasiertes Schmelzen	Gezielte Einbringung der Wärmeenergie in das Pulverbett.	Metall, Kunststoffe	SLM
Schichtlaminiierung	Verbindung von Werkstoffschichten zwecks Formung eines Bauteils	z.B. Metall, Papier, Kunststoffe	SL

Tabelle 1: Aufstellung unterschiedlicher additiver Prozesskategorien, angelehnt an die DIN EN ISO / ASTM 52900:2017-06.

In der Zahnmedizin kommen hauptsächlich Verfahren wie z.B. Stereolithographie (SLA), Digital Light Processing (DLP) und Selective Laser Melting (SLM) zum Einsatz. Als typische Werkstoffe für dentale Anwendungen kommen dabei insbesondere lichthärtende Kunststoffe oder Metalle zum Einsatz, um z.B. Zahnersatz oder Hilfsteile wie etwa zahntechnische Modelle herzustellen. Die Abbildung 1 stellt eine Übersicht von dentalen Objekten, hergestellt mittels 3D-Druck-Verfahren dar.



Abbildung 1: Dentaler Einsatz von 3D-Druck (von links nach rechts): individuelle Abformlöffel, Bisschienen in der klaren Ausführung, dentale Modelle, Bohrschablonen, Gerüst für herausnehmbare Prothesen (Quelle: BEGO).

Die Vorreiter im Dentalbereich waren insbesondere die industriellen Fertigungszentren, indem sie z.B. Gerüste oder zahntechnische Modelle auf Basis der ihnen übermittelten CAD-Daten mittels 3D-Druck herstellten. Die Digitalisierung der Dentalindustrie, die Verbreitung der extraoralen und intraoralen Scanner, die Entwicklung von neuen, biokompatiblen Materialien sowie die sinkenden Investitionskosten bei den 3D-Druckern und den dazugehörigen Softwarelösungen führten anschließend zu einer deutlichen Ausweitung des Anwendungsspektrums des 3D-Drucks in der Zahnmedizin und Zahntechnik.

Damit haben die additiven Technologien nicht nur ihren Einzug in die zahntechnischen Labore und Zahnarztpraxen erhalten, sondern genießen seit Jahren eine hohe Akzeptanz in der Dentalindustrie und v.a. bei den Anwendern. Die wichtigsten Meilensteine des 3D-Drucks in der dentalen Industrie sind in der folgenden Tabelle 2 aufgeführt.

Jahr	Meilensteine
1981	Patentveröffentlichung ¹ von Dr. Hideo Kodama zu einem Prototypen-System unter Nutzung von flüssigen photoreaktiven Kunststoffen
1986	Patent für die Stereolithographie (US Patent 4,575,330) von Charles Hull
1999	Patentanmeldung zur Herstellung von Zahnersatz und dentalen Hilfsteilen mittels Selective Laser Melting (SLM) Prozess (Fa. BEGO, Bremen)
2002	Markteinführung SLM für zahntechnische Gerüste (Fa. BEGO, Bremen)
2003	Markteinführung biokompatibler SLA-Kunststoffe (FotoTec [®] SL.A) für medizin-technische Anwendungen mittels 3D Druck (Fa. Dreve, Unna).
2003	SLM-Produktion von Zahnersatz aus Wirobond C+ (BEGO, Bremen)
2006	Markteinführung SLM gefertigter CoCr-Kronen- und Brückengerüste (Sirona, Zentralfertigung „infiniDent“, Bensheim)
2007	Markteinführung SLM-gefertigter Kronen- und Brückengerüste (DeguDent, Hanau)
2009	Markteinführung SLA-gefertigter zahntechnischer Arbeitsmodelle auf der Basis intraoraler Messdaten (Sirona, Bensheim und Charlotte (NC), USA)
2011	Einführung der SLM-Technik als additives Fertigungsverfahren (Kulzer, Hanau)
2014	Einführung der Freeprint [®] Materialien für den DLP Druck von dentalen Medizinprodukten (DETAX, Ettlingen)
2015	Einführung des 3D-Druck-Systems VARSEO (Fa. BEGO, Bremen)
2017	Einführung hyperDENT Hybrid Moduls zur Kombination 3D-Druck und Fräsen (Fa. Follow-me, München).
2017	Einführung des 3D-Druck-Systems „cara Print 4.0“ (Kulzer, Hanau)

Tabelle 2: Meilensteine 3D-Druck

¹ Kodama, H. (1981). Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photohardening polymer. Review of scientific instruments, 52(11), 1770-1773.

Die Dentalindustrie bietet bereits heute eine Vielzahl an biokompatiblen Materialien, Geräten und Prozessen zur Herstellung von z.B. patientenspezifischen Bohrschablonen, individuellen Abformlöffeln oder auch Bisschienen an. Damit die 3D-gedruckten Objekte ihre finalen chemischen, physikalischen und haptischen Eigenschaften erhalten, sind definierte Prozesse, wie z. B. Reinigung, Nachbelichtung oder mechanische Nachbearbeitung notwendig. Denn alle Medizinprodukte, unabhängig davon ob serienmäßig oder als Sonderanfertigungen hergestellt, welche einen unmittelbaren Kontakt mit dem menschlichen Körper kommen, müssen definierte Funktionen erfüllen. Diese sind z.B. Passung, mechanische Eigenschaften wie Abrasionsfestigkeit und Biokompatibilität.^{2 3 4 5} Umso wichtiger erscheint es, der gesamten Kette der Herstellung eine entsprechende Bedeutung beizumessen, damit definierte Eigenschaften des Endprodukts erfüllt und unerwünschte Nebenwirkungen nach dem Stand der Technik möglichst ausgeschlossen werden.

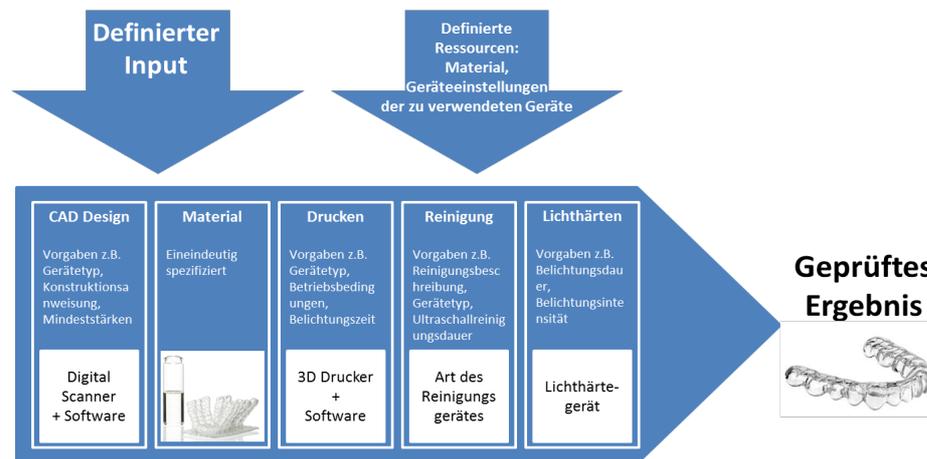


Abbildung 2: Produktionsschritte der 3D-gedruckten Sonderanfertigungen

² Neumeister, A. et al., Int. J. Comput. Dent. 2017; 20 (1): 35-51

³ Neumeister, A. et al., Digital Dentistry 2017 (1): 22-28

⁴ Wiese, H., Quintessenz Zahntech 2016; 42 (8): 1108-1117

⁵ Glodecki, C. et al., Jahrbuch Digitale Dentale Technologien 2017: 87-95

3.2 Prozessablauf zur Herstellung von Zahnersatz: Vergleich der konventionellen Herstellung mit der Herstellung mittels 3D-Druck am Beispiel einer Krone

Die Grundlage für die Herstellung einer Krone bildet die Präparation eines überkronungsfähigen Zahnstumpfes durch den Zahnarzt. Anschließend werden Zahnstumpf und Kiefer des Patienten abgeformt sowie die Bisslage und die Okklusion bestimmt. Dies kann analog mithilfe eines Abdrucks oder digital mithilfe eines Intraoralscans erfolgen. Der individuelle Informationssatz wird mit zusätzlichen patientenspezifischen Informationen wie z.B. Zahnfarbe, Materialunverträglichkeiten, etc. an das zahntechnische Labor übergeben. Alternativ hierzu kann der individuelle Informationssatz direkt vom Zahnarzt weiterverarbeitet werden, wenn er ein sogenanntes „chairside“ CAD/CAM System verwendet oder ein Praxislabor in den eigenen Räumlichkeiten betreibt. Unabhängig vom den gewählten Abformungs- und Fertigungsverfahren wird die endgültige Form der Krone konstruiert.

Im Rahmen der konventionellen, analogen Herstellung, wird die Krone in einem ausbrennfähigen Material, in der Regel aus Wachs, modelliert. Nach der Herstellung einer verlorenen Form durch Einbetten und Ausbrennen des Gerüsts erfolgt z.B. der Guss oder das Pressen der Krone. Bei digitalen Fertigungsverfahren erfolgt die Konstruktion der Krone auf Grundlage eines Intraoral- oder Extraoralscans mit Hilfe von gespeicherten Datensätzen. Anschließend erfolgt die Fertigung des Objektes mithilfe moderner Fertigungsverfahren, wie etwa mittels 3D-Druck. Unabhängig von der gewählten Fertigungsverfahren ist zumeist eine weitere Bearbeitung der Krone notwendig, wie z.B. Polieren. Abschließend wird die Übereinstimmung der gefertigten Krone mit den geforderten Spezifikationen geprüft. Der gesamte Ablauf ist im Appendix I graphisch dargestellt.

Durch beide Verfahren entstehen aus eingesetzten Medizinprodukten Sonderanfertigungen gemäß Artikel 2 Absatz 3 MDR. Dies liegt darin begründet, dass die in diesem Beispiel genannte Krone aufgrund einer *schriftlichen Verordnung* für einen *einzigsten Patienten* hergestellt wird und *ausschließlich den patientenspezifischen Auslegungsmerkmalen* genügt und damit beim einzigen, namentlich definierten Patienten den angestrebten therapeutischen Nutzen entfaltet. Dabei spielt es auch keine Rolle, ob die Sonderanfertigung konventionell oder mithilfe eines industriellen Fertigungsverfahrens hergestellt wurde. Die regulatorische Diskussion in Bezug auf die europäische Verordnung über Medizinprodukte (MDR) wird in der folgenden Sektion näher erläutert.

4. „Sonderanfertigung“ nach MDR im Dentalbereich

4.1 Vergleich Richtlinie 93/42/EWG Medical Device Directive (MDD) und der europäischen Verordnung über Medizinprodukte (MDR)

Im Folgenden werden die Änderungen der zum 25. Mai 2017 in Kraft getretenen europäischen Verordnung über Medizinprodukte (MDR) in Bezug auf den Begriff der „Sonderanfertigung“ im Dentalbereich dargestellt. Nachfolgend sind die bisherige und die neue Definition gegenübergestellt.

Bisherige Richtlinie 93/42/EWG (MDD), Art. 1 Abs. 2, Lit. d):	Neue Verordnung über Medizinprodukte (MDR) Art. 2, Nr. 3,:
<p>„<i>Sonderanfertigung</i>: jedes Produkt, das nach schriftlicher Verordnung eines entsprechend qualifizierten Arztes unter dessen Verantwortung nach spezifischen Auslegungsmerkmalen eigens angefertigt wird und zur ausschließlichen Anwendung bei einem namentlich genannten Patienten bestimmt ist.</p> <p>Die oben genannte Verordnung kann auch von jeder anderen Person ausgestellt werden, die aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation dazu befugt ist.</p> <p>Serienmäßig hergestellte Produkte, die angepaßt werden müssen, um den spezifischen Anforderungen des Arztes oder eines anderen berufsmäßigen Anwenders zu entsprechen, gelten nicht als Sonderanfertigungen.“</p>	<p>" „Sonderanfertigung“ bezeichnet ein Produkt, das speziell gemäß einer schriftlichen Verordnung einer aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation nach den nationalen Rechtsvorschriften zur Ausstellung von Verordnungen berechtigten Person angefertigt wird, die eigenverantwortlich die genaue Auslegung und die Merkmale des Produkts festlegt, das nur für einen einzigen Patienten bestimmt ist, um ausschließlich dessen individuelle Zustand und dessen individuellen Bedürfnissen zu entsprechen.</p> <p>Serienmäßig hergestellte Produkte, die angepasst werden müssen, um den spezifischen Anforderungen eines berufsmäßigen Anwenders zu entsprechen, und Produkte, die gemäß den schriftlichen Verordnungen einer dazu berechtigten Person serienmäßig in industriellen Verfahren hergestellt werden, gelten jedoch nicht als Sonderanfertigungen;“</p>

Tabelle 3: Gegenüberstellung der bisherigen und der aktuellen Definitionen von Sonderanfertigungen

Aus der Sicht der deutschen Dental-Industrie, der deutschen Zahnärzteschaft und des deutschen Zahntechnikerhandwerks haben die in der vorstehenden Tabelle 1 dargestellten Ergänzungen der MDR um die industriellen Verfahren keine Auswirkungen auf die Herstellung von Sonderanfertigungen mittels 3D-Druck. Dies wird wie folgend begründet:

- Der Art. 2, Nr. 3, Satz 1 der MDR definiert den Begriff „Sonderanfertigung“. Ein Medizinprodukt gilt immer dann als eine Sonderanfertigung, wenn es eigens für einen namentlich genannten Patienten geschaffen, ausschließlich spezifischen Auslegungsmerkmalen genügt und den angestrebten therapeutischen Nutzen entfaltet. In diesem Punkt gibt es keinen inhaltlichen Unterschied zu der bisher gültigen MDD.
- Der zweite Satz (Art. 2, Nr. 3, Satz 2 der MDR) grenzt Sonderanfertigungen von serienmäßig in industriellen Verfahren hergestellten Medizinprodukten ab. Diese Produkte sind nach der MDR keine Sonderanfertigungen. Im Dentalbereich kommt jedoch bei der patientenindividuellen Verordnung trotz der Nutzung industrieller Verfahren, wie z.B. 3D-Druck keine Serienfertigung vor, da eine Sonderanfertigung stets in der Losgröße n=1 hergestellt wird.

Fazit: Da beim dentalen 3D-Druck patientenspezifische Produkte nicht in Serie hergestellt werden, auch wenn dies im industriellen Fertigungsverfahren erfolgt, bleiben diese Medizinprodukte gemäß MDR weiterhin Sonderanfertigungen.

4.2 Statement der Europäischen Kommission bzgl. der europäischen Verordnung über Medizinprodukte (MDR) und der Herstellung von Zahnersatz mittels CAD/CAM

In einem kürzlich erschienenen Statement der Europäischen Kommission (Ref. Ares(2017)4450987-12/09/2017) auf eine Anfrage des europäischen Zahntechnikerverbandes FEPPD stellt die Kommission klar, welche Auswirkungen die neue Verordnung über Medizinprodukte (MDR) auf die Sonderanfertigungen und die Nutzung von CAD/CAM-Verfahren haben wird. Die Kommission stellt fest:

- Zahnärzte und Zahntechniker, die Zahnersatz mittels CAD/CAM herstellen, gelten als Hersteller gemäß der Definition im Art. 2(30) der MDR.
- Wird Zahnersatz mittels CAD/CAM-Verfahren hergestellt, fällt diese Herstellungsart in den Geltungsbereich der MDR.

- Wird ein Medizinprodukt aufgrund einer schriftlichen Verordnung für einen bestimmten Patienten hergestellt, handelt es sich gemäß Art. 2(3) immer um eine Sonderanfertigung. In diesem Fall genügt es den ausschließlich spezifischen Auslegungsmerkmalen, die nur bei ihm den angestrebten therapeutischen Nutzen entfalten. Die Methode der Herstellung ist dabei nicht relevant.

Schlussbemerkung

Der Kommentar der Europäischen Kommission vom 12. September 2017 bestärkt die Haltung des VDDI-Arbeitskreises 3D-Druck, dass die Herstellung von patientenspezifischen Medizinprodukten (Sonderanfertigungen) mittels industrieller CAD/CAM-Verfahren wie etwa 3D-Druck in der deutschen Zahnmedizin und Zahntechnik in der bewährten Qualität erstellt werden können, ohne dass Diese abweichend als serienmäßig hergestellte Produkte eingestuft werden. Die Herstellung der Sonderanfertigungen erfolgt im Rahmen von abgesicherten Prozessen und unterstreicht die sichere Herstellung von patientenspezifischen Medizinprodukten mithilfe des 3D-Drucks.

6. Autoren

VDDI

- Dr. Markus Heibach, Geschäftsführer des VDDI
- Gregor Stock, Leiter Referat Technik und Recht, VDDI

Mitglieder des VDDI Arbeitskreises 3D-Druck

- Dr. Ceno Agena, Fa. Detax, Ettlingen
- Dr. Reiner Altmann, Fa. Dreve, Unna
- Dr. Jens Becker, Fa. Kulzer, Hanau
- Michael Breer, Fa. Dreve, Unna
- Dr. Juliane Gösling, BZÄK, Berlin
- Martin Hesselmann, Fa. Shofu, Ratingen
- Dr. Hans-Dieter Höhnk, Fa. DMG, Hamburg
- Hansgeorg Kaul, Fa. Amann Girrbach, Koblach
- Dr. Armin Kirsten, Fa. VITA, Bad Säckingen
- Michael Krause, Scheu Dental, Iserlohn
- Dr. Jens Nagaba, BZÄK, Berlin
- Markus Nordmann, Fa. VOCO, Cuxhaven
- Michael Prehn, VDZI, Berlin
- Daniel Reitel, Reitel Feinwerktechnik, Bad Essen
- Frank Rosenbaum, Fa. GC Europe, Bad Homburg vor der Höhe
- Dr. Christian Schmidt, Fa. Dentsply Sirona, Bensheim
- Dr. Klaus-Peter Stefan, Fa. 3M Deutschland, Seefeld
- Dennis Wachtel, BEGO (Vorsitzender des Arbeitskreises 3D-Druck)
- Arne Westmeier, Scheu Dental, Iserlohn

7. Quellenangaben

¹ Kodama, H. Review of scientific instruments, 1981; 52: 1770-1773.

Source: <http://dougneckerexplores.com/data/documents/1.1136492.pdf>

² Neumeister, A. et al., Int. J. Comput. Dent. 2017; 20 (1): 35-51

³ Neumeister, A. et al., Digital Dentistry 2017 (1): 22-28

⁴ Wiese, H., Quintessenz Zahntech 2016; 42 (8): 1108-1117

⁵ Glodecki, C. et al., Jahrbuch Digitale Dentale Technologien 2017: 87-95