

Elisabeth Prause, Robert Nicic, Florian Beuer, Jeremias Hey

3D-gedruckte Restaurationen als noninvasive Therapieoption bei ausgeprägten Erosionsgebissen

Indizes: 3D-Druck, Abrasion, additive Fertigung, Bisshebung, CAD/CAM, Erosion

Einführung: Die Rekonstruktion generalisierter Zahnhartsubstanzdefekte stellt eine therapeutische Herausforderung dar. Vor mehr als zehn Jahren wurden Konzepte auf der Basis von noninvasiven Vorgehensweisen veröffentlicht. Die aufwendige Vorgehensweise verhinderte einen flächendeckenden Einsatz. Die additive Fertigung eröffnet dafür neue Chancen. In einer klinischen Untersuchung wird die Bewährung gedruckter Aufbisse aus Hybridmaterial validiert. Exemplarisch für diese Studie wird im Folgenden ein Patientenfall erläutert. **Behandlungsmethode:** Im dargestellten Patientenfall bestand die Problematik eines generalisierten, ausgeprägten Erosionsgebisses. Die Rekonstruktion basierte auf einem volligitalen Workflow und führte zu 27 gedruckten Aufbissen im Non-prep-Design aus einem Hybridmaterial. Nach Eingliederung erfolgten eine Farbbestimmung mittels Spektralfotometers sowie ein Intraoralscan zur Beurteilung des Verschleißverhaltens. Beide Maßnahmen wurden nach sechs, zwölf, 24 und 36 Monaten wiederholt. **Ergebnisse:** Nach zwölf Monaten Tragezeit wurden ein durchschnittlicher Materialverschleiß von 0,09 mm und eine Farbveränderung von $\Delta E = 6,3 \pm 2,3$ ermittelt. Zudem kam es zu drei Abplatzungen. **Schlussfolgerung:** Das Patientenbeispiel zeigte die Verwendung gedruckter Hybridmaterialien als noninvasive Therapiemaßnahme. Eine schnelle Verbesserung der Ästhetik, verbunden mit einer Bisshebung, wurde ohne eine langwierige Vorbehandlung mittels Bisshebungsschiene erreicht. Zur weiteren Beurteilung der Behandlungsoption müssen die Ergebnisse einer größeren Kohorte über einen längeren Zeitraum abgewartet werden.

Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Der Druck von Hybridmaterialien könnte die Rekonstruktion generalisierter Zahnhartsubstanzdefekte erheblich vereinfachen. Erste klinische Studien wurden an der Charité-Universitätsmedizin Berlin begonnen.

1. EINLEITUNG

Die additive Fertigung im dentalen Bereich hat sich in den letzten Jahren enorm entwickelt. Mittlerweile wird sie routinemäßig nicht mehr nur für die Herstellung von Schienen, Schablonen oder individuellen Abformträgern genutzt, sondern auch für provisorische Kronen und Brücken¹⁻³. Seit einigen Monaten ist sogar ein Hybridmaterial (VarseoSmile Crown plus, Bego, Bremen, Deutschland) für den Druck von definitivem Einzelzahnersatz verfügbar. Es handelt sich dabei um ein keramisch gefülltes Veresterungsprodukt mit einem Gesamtanteil

an anorganischen Füllstoffen zwischen 30 und 50 Massen-% (Partikelgröße 0,7 µm). Der große Vorteil gegenüber der subtraktiven Fertigung besteht in einem ökonomischen Materialverbrauch sowie der Realisierung komplexerer Formgestaltung, beispielsweise der Anfertigung spitzwinkliger Innengeometrien oder sehr dünner Schichtstärken.

In Bezug auf die klinische Anwendung ist es technisch möglich, defektorientiert zu drucken. Restaurationen für Zahnhartsubstanzdefekte mit scharfkantiger Konfiguration lassen sich ohne ein Abrunden derselben passgenau anfertigen. Insbesondere Patienten mit Erosionen und Abrasionen könnten von dieser Therapiemöglichkeit profitieren. Der im Folgenden vorgestellte Patient wurde im Rahmen einer klinischen Studie behandelt. Der genaue Behandlungsablauf wird nachstehend dargestellt. Die klinische Studie wurde von der Ethikkommission der Charité-Universitätsmedizin Berlin (Referenznummer EA2/013/21) genehmigt.

2. THERAPIEBESCHREIBUNG

Der Patient stellte sich im Zahnärztlichen Notdienst in der Charité-Universitätsmedizin Berlin vor. Aufgrund einer Caries profunda an Zahn 16 wurde eine endodontische Behandlung eingeleitet. Der Patient äußerte den Wunsch nach einer Weiterbehandlung in domo.

Manuskript

Eingang: 29.06.2022

Annahme: 28.12.2022



Abb. 1a bis e Intraoraler Ausgangsstatus

Bei der erweiterten Befundaufnahme (Abbildung 1a bis e) berichtete der Patient von Hypersensibilitäten bei heißen oder kalten Speisen bzw. Getränken. An allen Zähnen waren ausgeprägte Zahnhartsubstanzendefekte feststellbar. Dies störte ihn seit Längerem insbesondere aus ästhetischen Gründen. Eine Schiene zur Reduktion der nächtlichen Abnutzungsaktivität hatte er noch nie. Zudem lag eine zahnärztliche Konsultation schon viele Jahre zurück. In Anbetracht des deutlichen Verlusts von Zahnhartsubstanz wurde ein CMD-Kurzbefund erhoben. Dieser zeigte lediglich eine asymmetrische Mundöffnung.

Diagnose: Generalisierte, ausgeprägte Erosionen, Abrasionen und Attritionen mit einem Verlust der vertikalen Dimension; Hypersensibilitäten; multiple kariöse Läsionen; keine funktionellen Einschränkungen; Gingivitis; Schalltlücke regio 36; reduzierte Ästhetik (Abbildung 1a bis e und 2a bis b).

Nach erfolgter präprothetischer Vorbehandlung in Form einer endodontischen und kariologischen Behandlung an den Zähnen 16, 17, 46 und 47 wurde dem Patienten eine Bisshebung angeraten. In Anlehnung an die Shimbashi-Dimensionen wurde ein vertikaler Höhenverlust

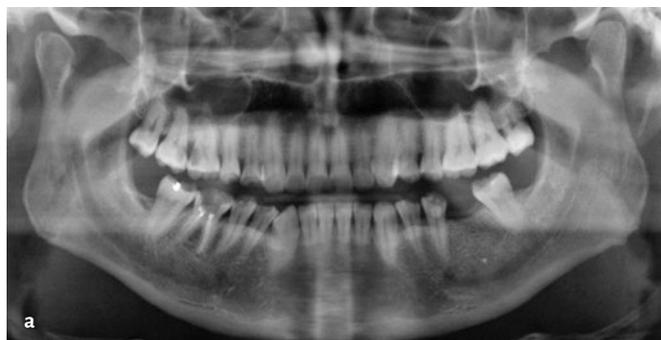


Abb. 2a und b Röntgenologischer Ausgangsbefund mit einer Caries profunda an den Zähnen 16, 17, 46 und 47 (a). Nach konservierender Vorbehandlung (b) wurde die prothetische Rehabilitation eingeleitet.

von 4,2 mm ermittelt. Des Weiteren zeigten sich ein verkürztes unteres Gesichtsdrittel sowie ein generalisierter Verlust der Zahnhartsubstanz durch Erosionen, Abrasionen und Attritionen. Eine professionelle Zahnreinigung aufgrund einer manifesten und generalisierten Gingivitis wurde präprothetisch ebenfalls durchgeführt. Im Verlauf der Behandlung wurde sie regelmäßig wiederholt.

Sowohl der konventionelle Weg, die Adaptation des Kausystems an eine neue Bisslage mittels Bisshebungsschiene für mindestens drei Monate, als auch eine Bisshebung durch fest fixierte Aufbisse im Rahmen der klinischen Studie wurden dem Patienten erläutert. Er entschied sich für die Teilnahme an der Studie. Der Studienablauf ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

Nach einer professionellen Reinigung wurden die Zähne ohne Präparation gescannt (Primescan, Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA) (Abbildung 4). Beim Scannen wurde großer Wert auf die vollständige Erfassung sämtlicher Zahnflächen gelegt. Der Sulkusbereich hingegen war von untergeordneter Bedeutung. Eine Darstellung des paragingivalen Bereichs durch Retraktionsfäden oder Ähnliches fand nicht statt. Die Weiterverarbeitung der digitalen Informationen erfolgte im klinikeigenen Dentallabor. Dort wurden neben einer virtuellen Bisshebung auch das Design (DentalDesigner 2020, 3shape, Kopenhagen, Dänemark) und der Druck der Restaurationen (Varseo XS, Bego) durchgeführt (Abbildung 4, 5 und 6). Der Biss wurde um 4 mm in der Rotation angehoben. Dadurch ergab sich eine Bisshebung von ungefähr 2,5 mm im Prämolaren- und von 1,5 mm im Molarenbereich. Als Design der 3D-gedruckten Restaurationen wurden initial als Einzelkronen festgelegt (DentalDesigner 2020, 3shape). Die Restaura-tionsgeometrien wurden anschließend individuell bestimmt. So konnte eine defektorientierte Gestaltung mit dünn auslaufenden Restaurationsrändern erfolgen. Die fazialen Zahnflächen der Frontzähne im Ober- und Unterkiefer wurden aus ästhetischen Gründen mit einbezogen. Die dabei entstehende Überkonturierung der Zähne konnte durch die Tatsache harmonisiert werden, dass alle Zähne neu versorgt wurden. Aufgrund des deutlichen Verlusts an Zahnhartsubstanz entstanden keine ästhetischen Einbußen durch überdimensioniert wirkende Zähne. Die Restaurationen im Seitenzahnbereich beschränkten sich auf die Zahnhartsubstanzdefekte und die Okklusalfächen zwecks der Bisshebung. Die Fräserradiuskorrektur wurde für den 3D-Druck nicht berücksichtigt, da so im Druckprozess die Geometrie des natürlichen Zahns abzüglich der Klebefuge ohne Verzerrungen wiedergegeben werden konnte.

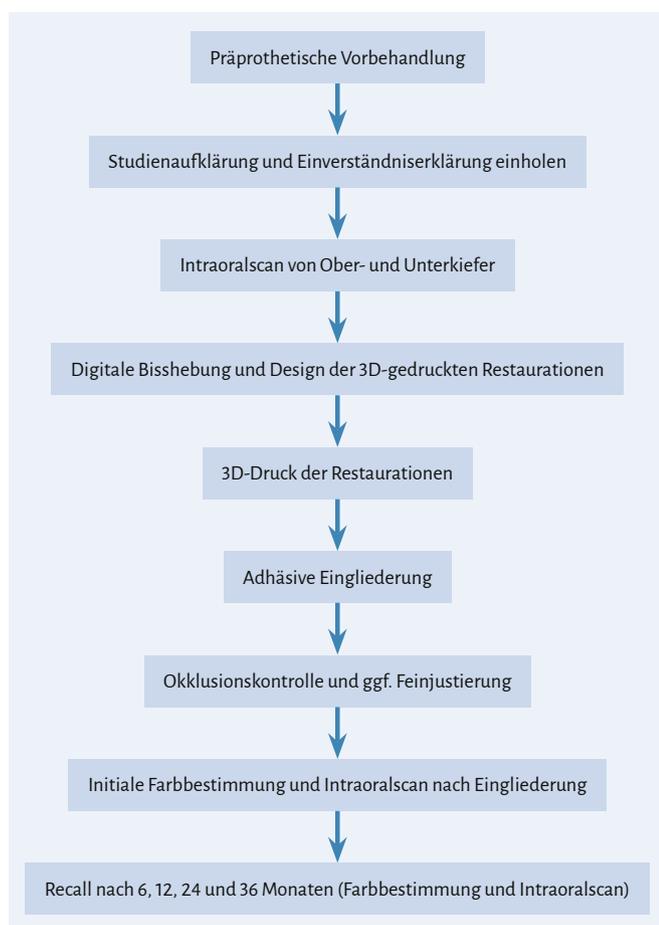


Abb. 3 Studienablauf

Abb. 4 Digitalisierung des Ausgangszustands mithilfe eines Intraoralscans



Abb. 5 Digitale Bisshebung und Design der gedruckten Restaurationen



Die 3D-gedruckten Restaurationen wurden adhäsiv eingesetzt (Abbildung 7a bis e). Sie wurden dafür mit Aluminiumoxid (Microetcher CD, DANVILLE Materials LLC, Anaheim, CA, USA) sandgestrahlt und mit einem Universal-Primer (Monobond Plus, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) konditioniert. Die Zähne wurden, sofern Schmelz vorhanden war, einer 37-prozentigen Phosphorsäureätzung (Orbis Dental Handelsgesellschaft mbH, Münster, Deutschland) unterzogen. Sowohl Schmelz als auch Dentin wurden mit einem selbststehenden Universaladhäsiv (Scotchbond SE, 3M Espe, Landsberg am Lech, Deutschland) vorbehandelt. Für die Eingliederung wurde ein Befestigungskomposit (RelyX Ultimate, 3M Espe) verwendet. Die Approximalkontakte wurden initial

mit Zahnseide gereinigt. Überschüssiges Befestigungsmaterial konnte schnell zu einer Verblockung der Approximalkontakte führen. Nach Entfernung der Zementreste in allen anderen Bereichen und Lichthärtung wurde die statische und dynamische Okklusion überprüft. Die Verzahnung mit einer halben Prämolarenbreite mesial wurde gemäß der Ausgangssituation übernommen. Eine Gruppenführung wurde eingestellt. Nach der Feinjustierung der Okklusion erfolgte eine Politur der Restaurationen mithilfe von Polierscheiben (Sof-Lex XT, 3M Espe).

Bei der ersten Nachsorge einige Tage nach der Eingliederung wurden die okklusalen Verhältnisse nochmals überprüft. Anschließend folgte ein Intraoralscan (Primescan), um die Ausgangssituation nach



Abb. 6 27 gedruckte Restaurationen im Ober- und Unterkiefer mit einer Schichtstärke von partiell unter 1 mm: Verschiedene Restorationsgeometrien sind individuell druckbar (Table Tops, Veneers, Kronen), um eine noninvasive Therapie zu ermöglichen.



Abb. 7a bis e Zustand nach volladhäsiver Eingliederung der gedruckten Restaurationen: Eine individuelle Aufstellung wurde im Bereich der Unterkiefer-Frontzähne gewählt. Die Schaltlücke regio 036 sollte später mit einer implantatgetragenen Einzelzahnkrone versorgt werden.

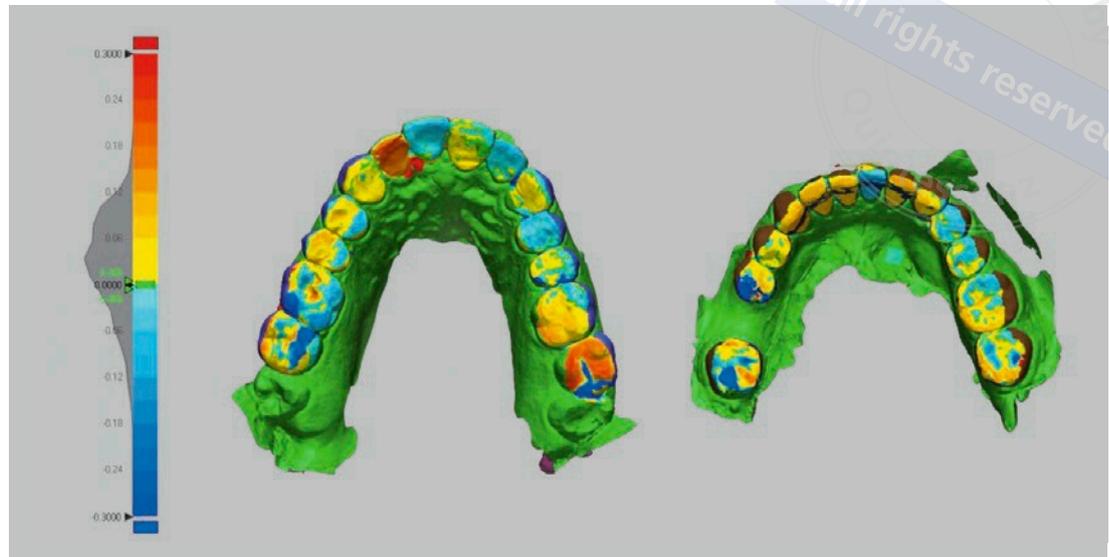
Eingliederung festzuhalten. Dieser Datensatz wurde anschließend mit den Scandaten der Recall-Sitzungen verglichen. Rückschlüsse auf den Materialverlust konnten so gezogen werden (s. u.). Der Basisscan diente außerdem zur Herstellung von zwei 0,8 mm dicken Tiefziehschienen (Erkodur, Erkodent, Pfalzgrafenweiler, Deutschland) für die Farbbestimmung im Ober- und Unterkiefer. Die Schienen wurden an den Zähnen 16, 15, 11, 23, 34, 42, 44 und 46 mit einem Durchmesser von 0,6 mm

freigeschliffen. Die Öffnungen ermöglichten eine exakte Reponierung des Farbmessgeräts (s. u.).

3. VERLAUFKONTROLLE UND KOMPLIKATIONEN

Nach sechs Monaten wurde eine Abplatzung an Zahn 27 (palatinaler Höcker) festgestellt. Im Defektbereich bestand auch nach der

Abb. 8 Überlagerung der Intraoralscans (Zustand nach Eingliederung im Vergleich zum Zwölf-Monats-Scan): Der durchschnittliche Verschleiß nach zwölf Monaten betrug 0,09 mm. Abplatzungen sind dunkelblau gekennzeichnet.



Abplatzung ein ausgeprägter statischer Kontakt. Vermutlich ist dies auf einen initialen Vorkontakt zurückzuführen. Nach weiteren sechs Monaten zeigten sich zwei weitere Abplatzungen an den Zähnen 17 (ebenfalls palatinaler Höcker) und 25 (distale Randleiste). Die Abplatzungen wurden jeweils erst bei den Nachsorgeuntersuchungen vermerkt, da sie den Patienten nicht störten. Er gab an, dass die Komplikationen nach ungefähr drei und zehn Monaten aufgetreten seien. An allen frakturierten Restaurationen konnte eine intraorale Korrektur durchgeführt werden. Am Zahn 25 wurde die distale Randleiste geglättet und poliert (Sof-Lex XT, 3M Espe). Die Abplatzungen an den Zähnen 17 und 27 wurden nach dem Sandstrahlen mit Aluminiumoxid (Microetcher CD, DANVILLE Materials LLC) und Konditionierung (selektive Schmelzätzung: Phosphorsäure 37 %, Orbis Dental Handelsgesellschaft mbH; Universal Adhäsiv: Scotchbond SE, 3M Espe) mithilfe eines Kompositmaterials (Ceram.x Spectra ST HV, Dentsply Sirona) repariert. Nach Modellation und Lichthärtung des Kompositmaterials wurde die Okklusion überprüft und eine Politur durchgeführt. Während der gesamten Nachbeobachtungszeit zeigten sich keine Anzeichen für kranio-mandibuläre Dysfunktionen infolge der Bisshebung.

Für die Analyse des Verschleißverhaltens der 3D-gedruckten Restaurationen wurden bisher Intraoralscans einige Tage nach der Eingliederung im Rahmen der ersten Nachsorge sowie nach sechs und zwölf Monaten durchgeführt. Die Daten wurden anschließend mit dem Ausgangsscans überlagert (Geomagic Control X 64, 3D-Systems, Rock Hill, South Carolina, USA). Aus der Differenz zwischen den Datensätzen wurde der Abtrag ermittelt (Abbildung 8).

Die Analyse der Farbstabilität der 3D-gedruckten Restaurationen erfolgte mithilfe eines Spektralfotometers (VITA Easyshade V-Gerät,

5. Generation, VITA Zahnfabrik) (Abbildung 9). Die Farbbestimmung wurde zehn Tage nach der Eingliederung im Rahmen der zweiten Nachsorge und anschließend nach sechs und zwölf Monaten durchgeführt.

Zur Ermittlung der Farbveränderungen (ΔE) wurden die $L^*a^*b^*$ -Werte (L^* = Helligkeit; a^* = Rot-grün-Wert; b^* = Gelb-blau-Wert) gemessen (Tab. 1). Darauf basierend wurde

$$\Delta E = \sqrt{(L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2}$$

errechnet. Es zeigte sich eine sichtbare Veränderung von $\Delta E=1$, die jedoch im klinisch akzeptablen Bereich lag (Referenz: $\Delta E=6,8$) (Tab. 2).



Abb. 9 Spektralfotometer mit Repositionierungsschiene zur Farbmessung. An Zahn 14 und 16 sind die Öffnungen zum Aufsetzen des Messkopfes erkennbar.

Tab. 1 Darstellung der L*a*b*-Werte an verschiedenen Zähnen nach der Eingliederung (Baseline) und nach zwölf Monaten

Farbbestimmung (Zeitpunkt + Zahn)	L*	a*	b*
Baseline 16/12 Monate 16	66,6/60,5	0,9/0,5	18,4/21,5
Baseline 15/12 Monate 15	69,2/62	1,5/0,5	23,4/19,5
Baseline 11/12 Monate 11	71,8/65,1	1,4/1,2	26,1/26
Baseline 23/12 Monate 23	71,1/67,3	1,2/1,6	28,5/27,6
Baseline 34/12 Monate 34	75,5/66,3	0,9/0,1	24,2/21,9
Baseline 42/12 Monate 42	74,3/68,7	0,9/0,9	26/26,9
Baseline 44/12 Monate 44	72,7/70,6	1,7/0,8	24,4/24
Baseline 46/12 Monate 46	71,8/64,2	4,3/2,7	24,8/21,9

Die klinische Akzeptanz wurde in einem Spektrum von ΔE 5,5–6,8 eingeordnet^{4,5}. Eine professionelle Zahnreinigung wurde vor den Messungen nicht durchgeführt, um die Farbstabilität des druckbaren Hybridmaterials nach Einfluss von Ernährungs- und Hygienegewohnheiten beurteilen zu können.

4. DISKUSSION

Das Patientenbeispiel zeigt die Verwendung gedruckter Hybridmaterialien als noninvasive Therapiemaßnahme. Eine initiale Verbesserung der Ästhetik verbunden mit einer Bisshebung ohne Präparation der Zähne wurde erreicht. Der Fall ist Bestandteil einer klinischen Studie, die die Bewährung von 3D-gedruckten Restaurationen im Non-prep-Design für die Versorgung von Patienten mit ausgeprägten Abrasionen, Erosionen und Attritionen validiert. Bereits vor mehr als zehn Jahren wurden Konzepte veröffentlicht, die auf noninvasiven Vorgehensweisen zur Behandlung von generalisiertem Zahnhartsubstanzverschleiß basierten⁶. Die aufwendige Vorgehensweise verhinderte jedoch eine flächendeckende Anwendung. Die additive Fertigung eröffnet dafür neue Chancen und könnte für dieses Indikationsspektrum eine große Relevanz erreichen. Da geringste Schichtstärken gedruckt werden können, kann der Übergang von der 3D-gedruckten Restauration zum Zahn sehr grazil gestaltet werden. Ausgeprägte positive Stufen mit der Gefahr der Entstehung von Sekundärkaries können vermieden werden. Verfärbungen im Randbereich können jederzeit nachpoliert werden. Bisher ist wenig über die Eignung von 3D-gedruckten Restaurationen aus Hybridmaterial als dauerhafter Zahnersatz bekannt. Es liegen lediglich einige wenige In-vitro-Studien vor. Klinische Studienergebnisse fehlen gänzlich. Dementsprechend können keine Aussagen über ihre Bewährung

Tab. 2 Ermittlung der Farbveränderungen (ΔE) sowie des Mittelwerts und der Standardabweichung

Farbbestimmung (Zeitpunkt + Zahn)	Farbveränderung (ΔE) in vivo
Baseline 16/12 Monate 16	6,9
Baseline 15/12 Monate 15	7,3
Baseline 11/12 Monate 11	6,7
Baseline 23/12 Monate 23	3,9
Baseline 34/12 Monate 34	9,5
Baseline 42/12 Monate 42	5,7
Baseline 44/12 Monate 44	2,3
Baseline 46/12 Monate 46	8,3
Mittelwert	6,3
Standardabweichung	2,3

und im Speziellen bei noninvasiver Anwendung gemacht werden⁷. Die bisherigen Kenntnisse basieren auf In-vitro-Ergebnissen⁷.

Insbesondere bei Patienten, die eine Bisshebung benötigen, ist eine Prognose des Aktivitätslevels des Kausystems schwierig. Unklar ist weiterhin, ob Patienten mit hoher Aktivität von einem geringen Verschleißverhalten des Restaurationswerkstoffs profitieren oder umgekehrt. Grundsätzlich kann der Verschleiß durch diverse Faktoren beeinflusst werden^{2,8,9}. Dazu zählen unter anderem Ernährungsgewohnheiten, funktionelle Störungen, aber auch eine schlecht eingestellte Okklusion¹⁰. Die Langzeitstabilität einer Restauration wird maßgeblich von der Abrasionsstabilität des Materials bestimmt^{11,12}. Gedruckte Hybridmaterialien zeigen in bisherigen Studien eine konventionellen Kompositen ebenbürtige bis überlegene Abrasionsstabilität^{11,13}. Die hohe Abrasionsstabilität könnte aus der spezifischen Kompositmatrix resultieren. Eine homogene und gleichmäßige Struktur des Materials kann so sichergestellt werden^{7,14,15}. Klinisch zeigten sich bei dem dargestellten Patientenfall Abplatzungen. Diese ereigneten sich nach Patientenangaben nach drei bzw. zehn Monaten. Um das Verschleißverhalten des gedruckten Materials zu überprüfen, werden im Rahmen der klinischen Studie bewusst keine Schienen zum Schutz der Restaurationen hergestellt. Frakturen und Abplatzungen sind demnach gerade in dieser Patientengruppe mit ausgeprägten Parafunktionen, Malokklusion und Bruxismus zu erwarten. Eine intraorale Reparatur der 3D-gedruckten Restaurationen bietet den Vorteil, dass ein vollständiges Entfernen und Neuherstellung der Restauration umgangen werden kann. Insbesondere bei kleineren Defekten ist dies positiv zu bewerten. Ressourcen werden geschont. Zusätzliche Behandlungstermine können den Patient*innen erspart werden. Medizinisch relevant werden Abplatzungen oder Frakturen, wenn sie Aufschlüsse über mögliche

Fehlerquellen geben. In diesem Zusammenhang sind eine fehlerhafte Okklusion, Früh- bzw. Störkontakte und exzessive interokklusale Kräfte zu nennen. Feinjustierungen sind allerdings nachträglich zu jeder Zeit möglich. Eine Verbesserung der komplexen oralen Gesamtsituation kann sukzessive erreicht werden.

Im Rahmen eines volldigitalen, CAD/CAM-basierten Workflows sind Intraoralscans ein fester Bestandteil des Behandlungsablaufs. Sie vereinfachen die Digitalisierung der Patientendaten, um eine möglichst detailgetreue 3D-Kopie der Zahnsituation des Patienten zu erhalten¹⁶. Die Datensätze werden mittels einer CAD-Software übereinander gelagert und miteinander verglichen. Dafür gibt es verschiedene Analysetechniken. In der derzeit durchgeführten klinischen Studie wird der referenzbasierte Best-Fit-Algorithmus angewendet. Dieser beschreibt das Übereinanderlegen von Datensätzen, indem vom Bediener identifizierte Abschnitte des Datensatzes für die Analyse markiert werden^{16–18}. Diese Technik erwies sich bisher als die genaueste Auswertungsmethode hinsichtlich des Verschleißverhaltens des 3D-gedruckten Materials¹⁶.

Die Farbmessungen werden mit einem dentalen Spektrofotometer (VITA Easyshade V, VITA Zahnfabrik) durchgeführt. Dieses Gerät zeigte in verschiedenen Studien eine große Validität und Reliabilität, sodass es gegenwärtig als Goldstandard in der digitalen Farbbestimmung angesehen wird^{19–22}. Die Vorgaben der Internationalen Beleuchtungskommission CIE wurden für die Auswertung der Farbmessungen herangezogen. Diese orientieren sich an einem Farbbestimmungsmodell, das auf dem retinalen Aufbau des menschlichen Auges basiert²³. Da es bisher keine vergleichbaren klinischen Studienergebnisse hinsichtlich der Farbstabilität von 3D-gedruckten Restaurationen gibt, werden die Ergebnisse der momentan durchgeführten Studie als erster Richtwert für zukünftige Studien angesehen. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, werden vor der Farbbestimmung keine professionellen Zahnreinigungen durchgeführt. Die zusätzliche Anwendung von Repositionierungsschienen soll die Validität und Reliabilität der Methodik unterstützen.

5. SCHLUSSFOLGERUNG

Nach einem Beobachtungszeitraum von bisher zwölf Monaten zeigte der Patient ästhetisch ansprechende Restaurationen und moderate, reparable Komplikationen. Er hatte keine Beschwerden und war zufrieden.

Der dargestellte Patientenfall zeigt, dass 3D-gedruckte Restaurationen eine schonende Therapieoption für Patienten mit reduzierter Zahnhartsubstanz sind. Eine schnelle Verbesserung der Ästhetik, verbunden mit einer Elimination von Hypersensibilitäten, kann ohne eine langwierige Vorbehandlung mittels einer Bisshebungsschiene erreicht werden. Die additive Fertigung bietet sich daher insbesondere für Patienten mit ausgeprägten Erosions- und Abrasionsgebissen an, da noninvasive Restaurationen defektorientiert druckbar sind.

INTERESSENKONFLIKT

Die Autorin und die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

LITERATUR

- Ligon SC, Liska R, Stampfl J, Curr M, Mulhaupt R: Polymers for 3d printing and customized additive manufacturing. *Chem Rev*, 2017; 117(15): p. 10212–10290
- Mayer J, Stawarczyk B, Vogt K, Hickel R, Edelhoff D, Reymus M: Influence of cleaning methods after 3D printing on two-body wear and fracture load of resin-based temporary crown and bridge material. *Clin Oral Investig*, 2021; 25(10): p. 5987–5996
- Kessler A, Reymus M, Hickel R, Kunzelmann KH: Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dent Mater*, 2019; 35(12): p. 1805–1812
- Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG: Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent*, 2007; 97(4): p. 200–8
- Johnston WM, Kao EC: Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res*, 1989; 68(5): p. 819–22
- Attin T, Füll T, Imfeld C, Schmidlin PR: Composite vertical bite reconstructions in eroded dentitions after 5,5 years: a case series. *J Oral Rehabil*, 2012; 39(1): p. 73–9
- Prause E, Hey J, Beuer F, Schmidt F: Wear resistance of 3D-printed materials: a systematic review. *Dentistry Review*, 2022; 2(2): p. 100051
- Mormann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A: Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2013; 20: p. 113–25
- Nishino T, Asao T, Nagamatsu H, Kojo T, Kakigawa H, Kozono Y, Uchida Y: Wearing behaviors of a hybrid composite resin for crown and bridge. *Dent Mater J*, 2001; 20(3): p. 216–26
- Carlsson GE, Egermark I, Magnusson T: Predictors of bruxism, other oral parafunctions, and tooth wear over a 20-year follow-up period. *J Orofac Pain*, 2003; 17(1): p. 50–7
- Firlej M, Pieniak D, Niewczas AM, Walczak A, Domagala I et al.: Effect of artificial aging on mechanical and tribological properties of CAD/CAM composite materials used in dentistry. *Materials (Basel)*, 2021; 14(16)
- Casey J, Dunn WJ, Wright E: In vitro wear of various orthotic device materials. *J Prosthet Dent*, 2003; 90(5): p. 498–502
- Xu XY, He LB, Zhu BC, Li JY, Li JS: Advances in polymeric materials for dental applications. *Polymer Chemistry*, 2017; 8(5): p. 807–823
- Pham DM, Gonzalez MD, Ontiveros JC, Kasper FK, Frey GN, Belles DM: wear resistance of 3D printed and prefabricated denture teeth opposing zirconia. *Prosthodont J*, 2021
- Cha HS, Park JM, Kim TH, Lee JH: Wear resistance of 3D-printed denture tooth resin opposing zirconia and metal antagonists. *J Prosthet Dent*, 2020; 124(3): p. 387–394
- Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Zandinejad A, Raigrodski AJ: Best-fit algorithm influences on virtual casts' alignment discrepancies. *Journal of Prosthodontics*. n/a(n/a)
- Heintze SD, Zellweger G, Sbricego S, Rousson V, Munoz-Viveros C, Stober T: Wear of two denture teeth materials in vivo-2-year results. *Dent Mater*, 2013; 29(9): p. e191–204
- Mehl A, Gloger W, Kunzelmann KH, Hickel R: A new optical 3-D device for the detection of wear. *J Dent Res*, 1997; 76(11): p. 1799–807
- Dozic A, Kleverlaan CJ A, El-Zohairy, Feilzer AJ, Khashayar G: Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *Prosthodont J*, 2007; 16(2): p. 93–100
- Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA, Jr., Davis EL: Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent*, 2007; 98(2): p. 110–9
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL: Wee AG, Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent*, 2009; 101(3): p. 193–9
- Olms C, Setz JM: The repeatability of digital shade measurement—a clinical study. *Clin Oral Investig*, 2013; 17(4): p. 1161–6
- Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E: The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent*, 2002; 88(6): p. 585–90

3D-printed restorations as a non-invasive treatment option for pronounced dental erosions

Keywords: 3D printing, abrasion, additive manufacturing, bite elevation, CAD/CAM, erosion

Introduction: The reconstruction of generalized dental hard tissue defects is a therapeutic challenge. Concepts based on non-invasive approaches were published more than ten years ago. The complex approach prevented widespread use. Additive manufacturing opens up new opportunities here. In a clinical study, the performance of 3D-printed restorations is validated. As an example of this study, a case report is presented below. **Treatment method:** In the patient case presented, the problem was a generalized, pronounced eroded dentition. The reconstruction was based on a fully digital workflow and resulted in 27 3D-printed restorations in a non-prep design made of a hybrid material. After insertion, color determination was performed using a spectrophotometer and an intraoral scan was performed to assess wear behavior. Both measures were repeated after 6, 12, 24 and 36 months. **Results:** After twelve months of wear, an average material wear of 0.09 mm and a color change of $\Delta E = 6.3 \pm 2.3$ were determined. In addition, three spalling events occurred. **Conclusion:** The present patient case report demonstrates the use of printed hybrid materials as a non-invasive therapeutic method. A rapid improvement in esthetics, combined with bite elevation, was thus achieved without a lengthy pretreatment using a bite elevation splint. The results of a larger cohort over a longer period of time must be awaited for further evaluation of the treatment option.



Dr. Elisabeth Prause Charité-Universitätsmedizin Berlin, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre



Univ.-Prof. Dr. med. dent. Florian Beuer MME Charité-Universitätsmedizin Berlin, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre



ZTM Robert Nicic Charité-Universitätsmedizin Berlin, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre



Prof. Dr. Jeremias Hey Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Universitäts-poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Department für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Kontakt: Dr. Elisabeth Prause, Charité-Universitätsmedizin Berlin, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre, Aßmannshauser Str. 4–6, 14197 Berlin

Abb. 1 bis 9: Charité; Die Rechte an den Autorenporträts liegen bei den jeweiligen Autoren.