



Zusammenfassung

Zahnfarbene Okklusionsschienen aus Polycarbonat können aufgrund ihrer Flexibilität ohne erhöhte Frakturgefahr auch in sehr geringen Schichtstärken hergestellt werden. Durch die Teilung in eine Ober- und eine Unterkieferschiene bei größeren Veränderungen der Vertikaldimension können die im Wax-up festgelegten ästhetischen und funktionellen Aspekte komplett in die Okklusionsschienen übertragen und realitätsnah wie auch reversibel von den Patienten erprobt werden. Dieses „Zwei-Schienen-Konzept“ erleichtert zudem eine segmentale Umsetzung in die spätere definitive Restauration.

Indizes

Wax-up, zahnfarbene Schienen, CAD/CAM-Schienen, Polycarbonat, Vorbehandlungsphase, Vertikaldimension der Okklusion (VDO)

CAD/CAM-Schienen zur funktionellen und ästhetischen Evaluierung einer neu definierten Vertikaldimension der Okklusion

Otto Prandtner, Josef Schweiger, Johannes Trimpl, Michael Stimmelmayr, Jan-Frederik Güth, Daniel Edelhoff

Eine Schienentherapie wird in der Regel als Initialbehandlung im Rahmen einer Funktionstherapie durchgeführt, da sie zeitnah eine Tonusminderung in der Kaumuskulatur und eine reversible Korrektur einer von der Norm abweichenden Okklusion erreichen kann.⁸ Grundsätzlich werden in Anlehnung an die verschiedenen Indikationsbereiche Okklusionsschienen von anderen Aufbissbehelfen unterschieden.¹¹ Okklusionsschienen dienen vornehmlich dazu, eine neu definierte Bisslage in statischer und dynamischer Okklusion klinisch zu erproben.⁸ Dieser funktionellen Evaluierung wird in den meisten Fällen eine vom Wax-up abgeleitete ästhetische Evaluierung vorgeschaltet.¹³ Traditionell werden die verschiedenen Okklusionsschienen labortechnisch auf der Basis eines autopolymerisierenden Polymethylmethacrylats (Pulver-Flüssigkeits-System) auf ausgeblockten Gipsmodellen angefertigt und anschließend im Drucktopf polymerisiert.¹⁶ Diese Form der Schienenherstellung ist weitverbreitet und hat sich für den klinischen Einsatz über mehrere Monate bewährt. Dennoch

Einleitung

bestehen zahlreiche labortechnische und klinische Nachteile gegenüber modernen Alternativen. Während sich vonseiten des zahntechnischen Labors die zwangsläufig in den Herstellungsprozess integrierte Polymerisationsschrumpfung ungünstig auf die Passung der Schiene auswirkt und eine Wiederaufbereitung aufgrund meist beschädigter Arbeitsunterlagen schwierig ist, werden vonseiten der Patienten häufig die ungünstige Formgebung und die transparente Farbe kritisiert, die einen Einsatz im beruflichen und sozialen Umfeld erschweren oder unmöglich machen.^{8,10} Zudem gelten durch die konventionelle Herstellungstechnik bedingte Schleifpartikel und Monomerdämpfe für den Zahntechniker als gesundheitlich bedenklich, und verbleibende nicht polymerisierte Bestandteile (Restmonomergehalt) können zu negativen gesundheitlichen Nebeneffekten für Patienten führen.^{6,9} Diese Eigenschaften konventioneller Okklusionsschienen wirken sich ungünstig auf zwei entscheidende Grundlagen für den Therapieerfolg aus, nämlich auf die Compliance der Patienten und damit auf die Effizienz der Behandlung.²

Mit der CAD/CAM-Technologie werden zunehmend bereits aus der konventionellen Herstellungstechnik bekannte Materialien als präfabrizierte Varianten angeboten. Diese erfahren durch die mit der standardisierten Verfahrenskette einhergehende Qualitätssteigerung und Reproduzierbarkeit meist eine Ausweitung des Indikationsbereiches. Aufgrund der nach industriellen Standards verlaufenden Herstellung zeigen Schienen aus Hochleistungspolymeren gegenüber solchen aus konventioneller Fabrikation überlegene Materialeigenschaften. Durch die Verfügbarkeit von zahnfarbenem Polycarbonat für die CAD/CAM-Fertigung scheint sich vor diesem Hintergrund eine interessante Materialvariante für verschiedene Formen von Schienen anzubieten.^{3,5,18} Wegen der gegenüber Polymethylmethacrylaten (PMMA) höheren Flexibilität sind Schienen aus Polycarbonat weniger fraktur anfällig und können somit sehr dünn ausgearbeitet werden. Dies kommt dem Patienten zugute, da die Materialeigenschaften eine weniger auftragende, der späteren Realmorphologie ähnelnde Formgebung zulassen. Des Weiteren besteht die Option, bei ausgedehnten Veränderungen der Vertikaldimension der Okklusion (VDO) zwei Schienen gleichzeitig jeweils für den Ober- und den Unterkiefer einzusetzen, welche das okklusale Relief des Wax-ups und so neben der neu definierten Bisslage auch die damit verbundene neu gestaltete statische und dynamische Okklusion wiedergeben. Die klinischen Erfahrungen der Autorengruppe zeigen, dass mit diesen zahnfarbenen Okklusionsschienen eine sehr hohe Compliance der Patienten erzielt wird. Wie eine herausnehmbare provisorische Versorgung können die Schienen nämlich aufgrund des akzeptablen ästhetischen Erscheinungsbildes und der zahnähnlichen Morphologie auch im beruflichen und privaten Umfeld dauerhaft getragen werden. Einzig bei der Nahrungsaufnahme sind sie wegen der insuffizienten Retention nicht einsetzbar („23-Stunden-Schiene“).

Ziel dieses Beitrages ist es, anhand einer klinischen Fallbeschreibung den Einsatz zahnfarbener Okklusionsschienen aus Polycarbonat bei einem Patienten mit einem extremen Verlust der VDO in Einzelschritten darzustellen.

Vorbehandlungskonzepte für eine neue VDO

Im Wesentlichen lassen sich heute drei Vorbehandlungskonzepte für die Überprüfung einer neu definierten VDO unterscheiden:

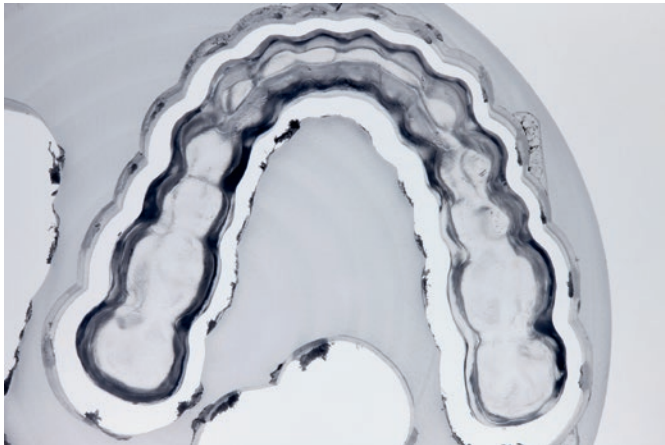


Abb. 1a Gefräste herausnehmbare Okklusionsschiene aus transparentem PMMA. Durch die CAD/CAM-Fertigung werden Monomerämpfe und die Polymerisationsschrumpfung umgangen, der Restmonomergehalt auf ein Mindestmaß reduziert und eine einfache Reproduzierbarkeit gewährleistet.



Abb. 1b Konventionelle Okklusionsschienen finden infolge ästhetischer und phonetischer Nachteile gewöhnlich eine geringe Akzeptanz bei den Patienten. Dadurch wird der Therapieprozess stetig unterbrochen und die Effizienz der Behandlung reduziert.

1. Konventionelle herausnehmbare Repositionierungsschienen. Sie sind aus transparentem PMMA hergestellt, werden meist in einem der Kiefer eingegliedert, weisen nur ein reduziertes Okklusionsmuster auf und bilden in einer Schiene die gesamte Veränderung der VDO ab.¹⁶ Diese Schienenform hat infolge der stetig unterbrochenen Anwendung und des eingeschränkten Okklusionsmusters funktionelle sowie aufgrund der Erscheinung und Gestaltung erhebliche ästhetische und phonetische Nachteile.¹⁰ Sie eignet sich wegen der geringeren Kosten für eine Initialtherapie zur ersten Festlegung der VDO und kann heute auch unter Zuhilfenahme von CAD/CAM-Systemen hergestellt werden (Abb. 1a und b). Auf diese Weise wird der Nachteil der Polymerisationsschrumpfung umgangen und durch den einmal generierten Datensatz eine unbegrenzte Reproduzierbarkeit zu niedrigeren Kosten geschaffen, da bei wiederholter Anfertigung keine erneute Abformung und Konstruktion (CAD) erfolgen muss.
2. Zahnfarbene herausnehmbare CAD/CAM-Schienen aus Polycarbonat. Die auf der Grundlage eines klassischen oder virtuellen Wax-ups gefertigten Schienen entsprechen hinsichtlich ihrer Funktion und Ästhetik annähernd der späteren Restauration. Diese Form graziler zahnähnlicher Repositionierungsschienen findet eine deutlich höhere Akzeptanz bei den Patienten (Abb. 2a bis c).⁵ Eine Fertigung der Schienen in sehr dünnen Schichtstärken von 0,3 mm ist aufgrund der Materialeigenschaften möglich, allerdings können sie erfahrungsgemäß als „Zwei-Schienen-Konzept“ nur bei ausgedehnteren Veränderungen der VDO mit Erhöhung des Inzisalstiftes ab etwa 4 mm eingesetzt werden. Durch die Fräsung aus bereits polymerisierten Ronden wird auch hier die Polymerisationsschrumpfung umgangen und durch den einmal generierten Datensatz eine unbegrenzte Reproduzierbarkeit zu niedrigeren Kosten geschaffen.
3. Festsitzende zahnfarbene Schienen in Form einzelner PMMA-Restaurationen, die nach einem Wax-up entweder konventionell oder unter Zuhilfenahme von CAD/CAM-Systemen



Abb. 2a Gefräste herausnehmbare Okklusionsschiene aus zahnfarbenem Polycarbonat. Das Material ist enorm flexibel und selbst bei extrem dünner Ausarbeitung (0,3 mm) sehr frakturresistent. Diese Schienenform zeichnet sich durch eine hohe Compliance aus („23-Stunden-Schiene“).



Abb. 2b Situation im Oberkiefer eines 16-jährigen Patienten mit Milchzahnpersistenz (53, 54, 55, 63, 64, 65) infolge multipler Nichtanlagen (015, 014, 013, 012, 022, 023, 024 und 025).



Abb. 2c Zahnfarbene Okklusionsschiene aus Polycarbonat nach Eingliederung zur funktionellen und ästhetischen Evaluierung des Wax-ups mit der neuen Bisslage.



Abb. 3a Gefräste Repositions-Onlays und -Veneers aus zahnfarbenem CAD/CAM-Polymer (PMMA) für den festsitzenden Einsatz.



Abb. 3b Oberkieferzähne mit ausgeprägten, generalisierten biokorrosiven Defekten infolge dauerhaften und übermäßigen Konsums von säurehaltigen Getränken.



Abb. 3c Die Restaurationen aus CAD/CAM-Polymer wurden einzeln gefertigt und rein additiv, d. h. ohne jedwede Präparation im Sinne einer festen Schiene adhäsiv an der vorgeschädigten Zahnhartsubstanz befestigt.

gefertigt werden und in ihrer Funktion und Ästhetik nahezu den späteren Restaurationen entsprechen (Abb. 3a bis c).^{1,17} Da diese Schienen vornehmlich volladhäsiv als Einzelzahnrestorationen befestigt werden, ist der Aufwand vergleichsweise hoch. Allerdings entsprechen sie fast exakt dem späteren Restaurationsziel und gewähren dem Patienten eine sehr angenehme ästhetische und funktionelle Evaluierungsphase im Sinne einer 24-Stunden-Therapie. Jedoch sind die Restaurationen intraoral schwieriger zu modifizieren, falls erforderlich schlechter wieder in die Ausgangssituation rückführbar und daher nur begrenzt reversibel.⁴ Zudem gestalten sich die Kosten deutlich höher als bei den herausnehmbaren Schienen. Für die adhäsive Befestigung ist ein vergleichsweise hoher Zeitaufwand zu berücksichtigen.

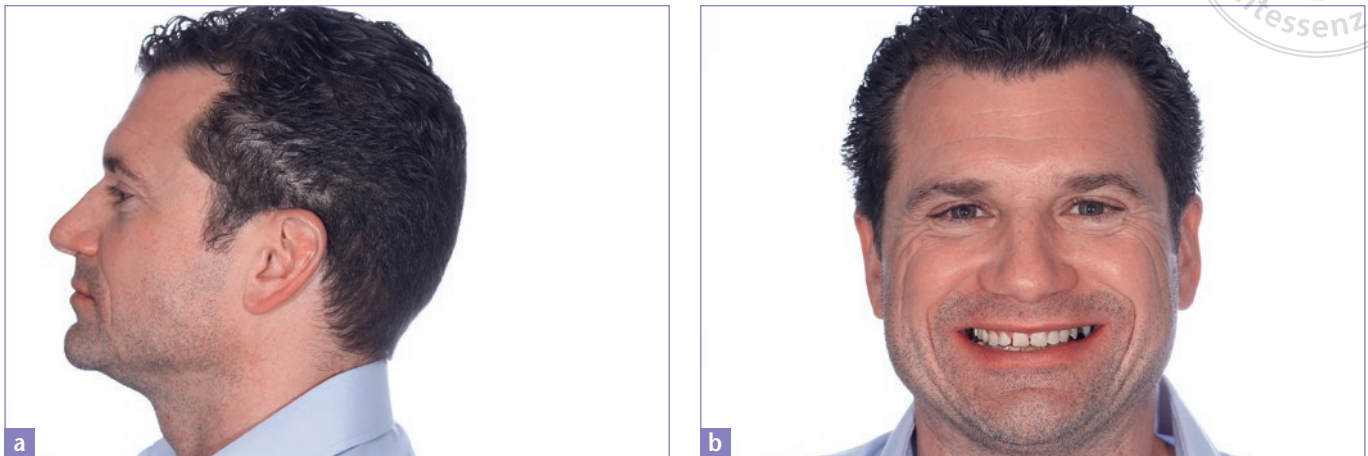


Abb. 4a und b Ausgangssituation eines Patienten mit starken Abrasionen und traumatischen Kontakten im Frontzahnbereich. In der Folge zeigen die Frontzähne eine fächerförmige Aufspreizung (Lückenbildung) sowie erhebliche Proportionsveränderungen. In der Lateralansicht ist eine ausgeprägte Kinnfurche erkennbar.

Ein 45-jähriger männlicher Patient stellte sich mit dem Wunsch vor, seine ausgedehnten Zahnhartsubstanzdefekte und die damit verbundenen Veränderungen der Okklusion therapieren zu lassen. Er gab an, zunehmende Empfindlichkeiten auf chemische sowie thermische Reize wahrzunehmen, und klagte über die erheblichen funktionellen und ästhetischen Beeinträchtigungen, die durch das Erscheinungsbild seiner einen extremen Destruktionsgrad aufweisenden Zähne hervorgerufen würden. Im Vergleich zu seiner Zahnstellung als junger Erwachsener beobachtete er neben beträchtlichen Formveränderungen eine zunehmende Lückenbildung zwischen den Frontzähnen des Oberkiefers (Abb. 4a und b), was er durch Fotos aus früheren Zeiten klar belegen konnte. Während der Erhebung des extraoralen Befundes fielen beidseitig eine sehr ausgeprägte Masseterhypertrophie und eine Verkürzung des unteren Gesichtsdrittels mit einer starken Ausprägung der Kinnfurche ins Auge (Abb. 4a). Beim intraoralen Befund wurden deutliche Zeichen von Parafunktionen in Form zahlreicher Schliiffacetten und traumatischer Frontzahnkontakte als Hauptursache für den generalisierten Verlust der Zahnhartsubstanz identifiziert.¹² Zudem beschrieb der Patient erhebliche phonetische Beeinträchtigungen und Probleme bei der Mastikation, welche sich auf die extremen Veränderungen der Zahnmorphologie zurückführen ließen.

Die besonderen Herausforderungen dieser komplexen Rehabilitation bestanden in der Rekonstruktion der VDO, der Wiederherstellung einer adäquaten Funktion und Ästhetik sowie der Erfüllung des Patientenwunsches nach einer zeitnahen Verbesserung der bestehenden klinischen Situation.

Neben der ästhetischen Rehabilitation der Zahnmorphologie wurde als Hauptbehandlungsziel die Wiederherstellung einer front-eckzahngeführten dynamischen Okklusion mit einer Rekonstruktion der VDO definiert. Die verloren gegangene Zahnhartsubstanz sollte später durch additiv konzipierte, adhäsiv befestigte Restaurationen rekonstruiert werden. Priorität hatte für den Patienten die Langlebigkeit der Restaurationen mit möglichst geringen

Falldarstellung mit
herausnehmbaren
Repositionierungs-
schienen aus
Polycarbonat
Ausgangssituation

Therapieplanung



Abb. 5 Analoger Wax-up-Vorgang.



Abb. 6 Die Wax-up-Vorlage wird dubliert, die Wax-up-Bereiche werden mit Silikon ausgeblockt und mit einer 0,5 mm dicken Duran-Folie tiefgezogen. Anschließend wird der ausgeblockte Bereich mit Matrix Flow (Anaxdent, Stuttgart) ausgefüllt. Das Wax-up wird so oft modifiziert, bis die funktionellen und ästhetischen Richtlinien erreicht sind. Das definitive, beim Patienten einprobierte Wax-up wird für den Scanvorgang verwendet. Im beschriebenen Fall wurde dieser Vorgang zweimal wiederholt, bis das Wax-up fertig für den Scanvorgang war.

Kompromissen bei der Ästhetik. Nach einem Hinweis auf die hohe Festigkeit und das günstige Abrasionsverhalten entschied sich der Patient, im weniger sichtbaren, kaulastragenden Bereich der Molaren edelmetallbasierte Restaurationen (JRVT-PF, Jensen Dental, Metzingen) ohne Verblendung zu akzeptieren. Alle übrigen Zähne sowie drei Implantate (Screw-Line, Camlog, Wimsheim) in Regio 015, 025 und 036 sollten mit vollkeramischen Restaurationen entweder aus monolithischer Lithiumdisilikatkeramik (IPS e.max Press Multi) oder CAD-on (beides Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) versorgt werden. Das Ziel bestand darin, eine ästhetisch und funktionell zufriedenstellende Wiederherstellung der verloren gegangenen Zahnhartsubstanz bei gleichzeitig geringer Invasivität zu ermöglichen.

Um dem Zahntechniker einen ersten Eindruck von der Ausgangssituation zu übermitteln, wurden zunächst extraorale (Porträts) sowie intraorale Fotos angefertigt. Zur weiteren Planung erfolgten Alginatabformungen beider Kiefer für die labortechnische Herstellung diagnostischer Modelle. Zudem wurden ein Zentrikregistrat und eine arbiträre Gesichtsbogenübertragung durchgeführt.

Nach labortechnischer und klinischer Analyse sowie Abwägung aller Vorzüge und Risiken alternativer Restaurationsmöglichkeiten legten sich der Patient und das Behandlungsteam auf folgenden Therapieplan fest:

- Erstellen eines analytischen Wax-ups zur Rekonstruktion einer ästhetisch und funktionell adäquaten Zahnmorphologie (Abb. 5);
- ästhetische Evaluierung des Wax-ups intraoral durch den Patienten mit Hilfe einer diagnostischen Schablone (Abb. 6);
- Übertragung des Wax-ups mit der rekonstruierten VDO in zwei zahnfarbene Repositionierungsschienen aus Polycarbonat für den Ober- und den Unterkiefer zur funktionellen



Abb. 7a und b Ästhetische Evaluierung des Wax-ups am Patienten. Neben der Wiederherstellung der Frontzahnproportionen und dem Lückenschluss konnte das Weichgewebsprofil durch eine Erhöhung des Untergesichts und eine Reduzierung der Kinnfurchen deutlich verbessert werden (Lateralansicht).

und ästhetischen Evaluierung mit optionalen Modifikationen, z. B. mit Optiglaze Color (GC Germany, Bad Homburg);

- nach 3-monatiger komplikationsloser Evaluierungsphase segmentale Umsetzung der erprobten Kieferrelation in definitive Restaurationen durch quadrantenweise Präparation und wechselseitige Übertragung der Kieferrelation mit geteilten Okklusionsschienen.

Zunächst wurde das analytische Wax-up mit Hilfe einer diagnostischen Schablone, die mit einem direkten temporären Restaurationsmaterial auf Bis-GMA-Basis gefüllt war, am Patienten überprüft (Abb. 7a und b).⁴ In diesem Schritt ist auch eine erste vorläufige Kontrolle der neu definierten statischen und dynamischen Okklusion mit Shimstock-Folien möglich. Nach deren Überprüfung und der Zustimmung des Patienten zum ersten Restaurationsentwurf wurden Präzisionsabformungen (Impregum, 3M, Seefeld) beider Kiefer vorgenommen und an den Zahntechniker weitergeleitet.

Klinische Schritte

Scannen der Modelle

Im zahntechnischen Labor wurden die Meistermodelle der Ausgangssituation sowie die Duplikatmodelle des darauf gefertigten analytischen Wax-ups aus Superhartgips hergestellt und anschließend eingescannt (Abb. 8a und b sowie 9a bis f). Dieser Digitalisierungsschritt erfolgte mit dem Streifenweißlichtscanner S600 ARTI der Firma Zirkonzahn (Gais, Italien).⁵ Um die Modelle im virtuellen Artikulator schädelbezüglich positionieren zu können, wurden die Modellscans mit dem „Model Position Detector“ durchgeführt, wobei sich eine zusätzliche Übersichtsaufnahme durch Einscannen des gesamten Artikulators als vorteilhaft erwiesen hat.

Technische Herstellung



Abb. 8a und b Ausgangsmodelle des Ober- und Unterkiefers.



Abb. 9a und b Wax-up des Ober- und Unterkiefers in zentrischer Relation.

Abb. 9c Einscannen der Modelle mit Hilfe des Streifenweißlichtscanners S600 ARTI der Firma Zirkonzahn.



CAD-Konstruktion der Schienen

Im ersten Schritt der CAD-Konstruktion wurden für jeden Zahn der beiden Kiefer die „Präparationsgrenzen“ festgelegt, welche die Länge der Schiene nach zervikal determinieren. Anschließend wurden die Einschubrichtung und die Passungsparameter angelegt. Da

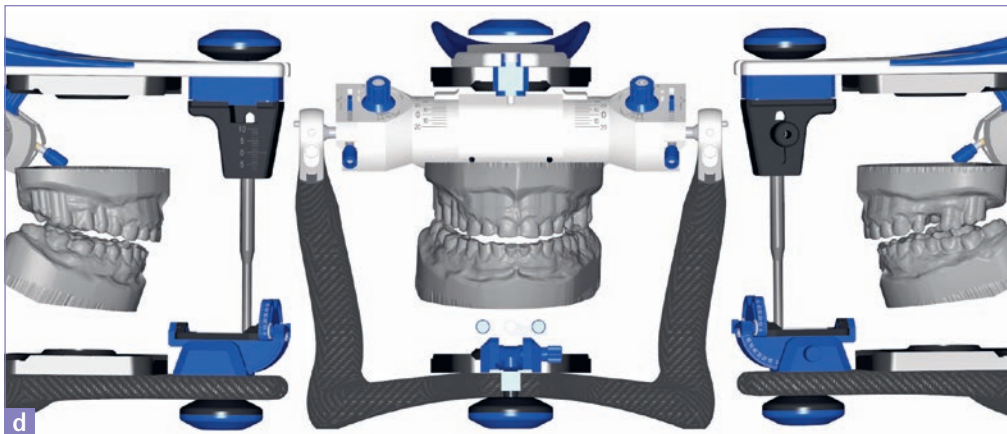


Abb. 9d Die gescannten Modelle, schädelbezüglich im digitalen Artikulator positioniert.

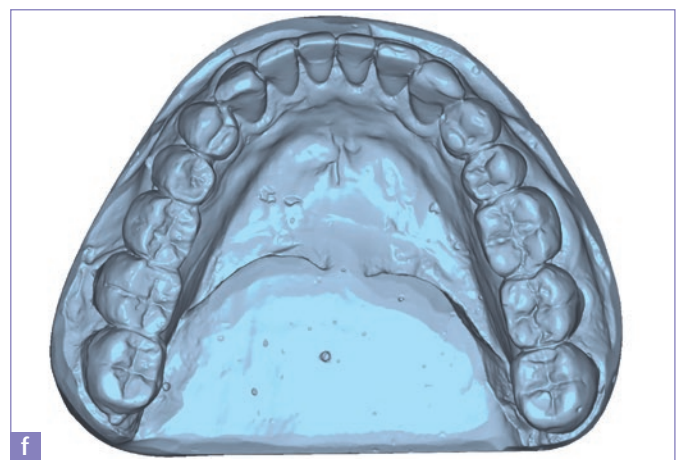
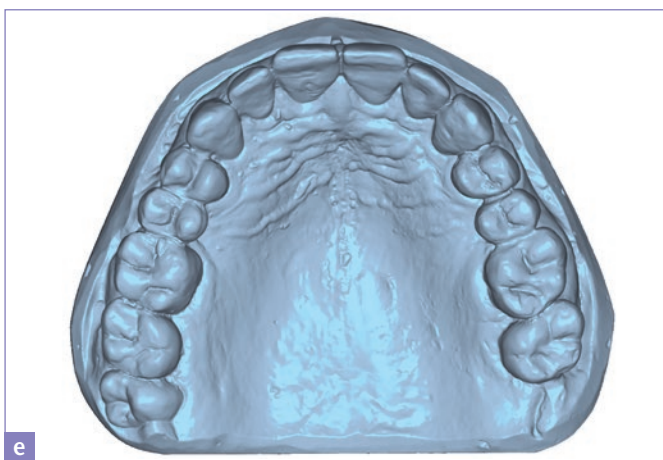


Abb. 9e und f Die eingescannten Situationsmodelle.

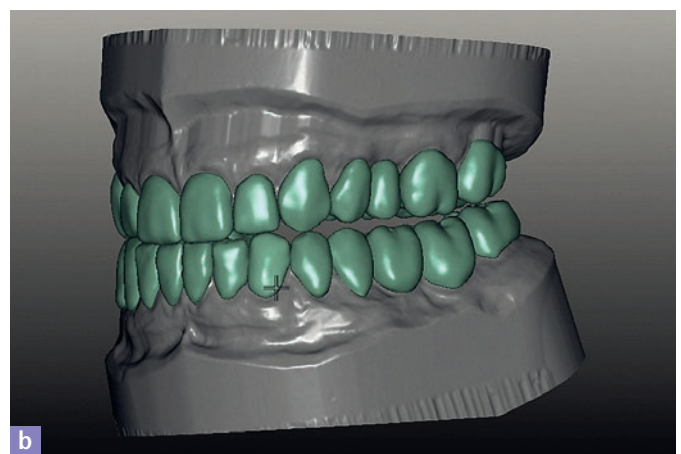
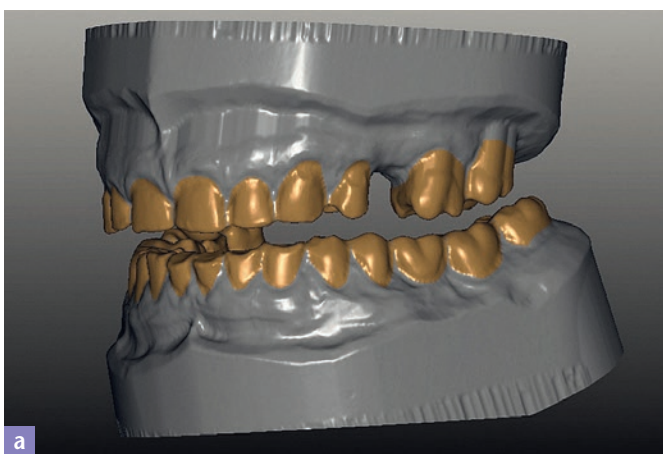


Abb. 10a und b CAD-Schritt nach Festlegung der Schiengrenzen (a) und abgeschlossene Konstruktion im STL-Datensatz (b).

bereits über die „virtuelle Platzhalterfolie“ beim Scannen der notwendige Platz für ein Eingliedern der Schienen geschaffen wurde, konnte der Zementspalt auf 0 µm gesetzt werden (Abb. 10a und b).

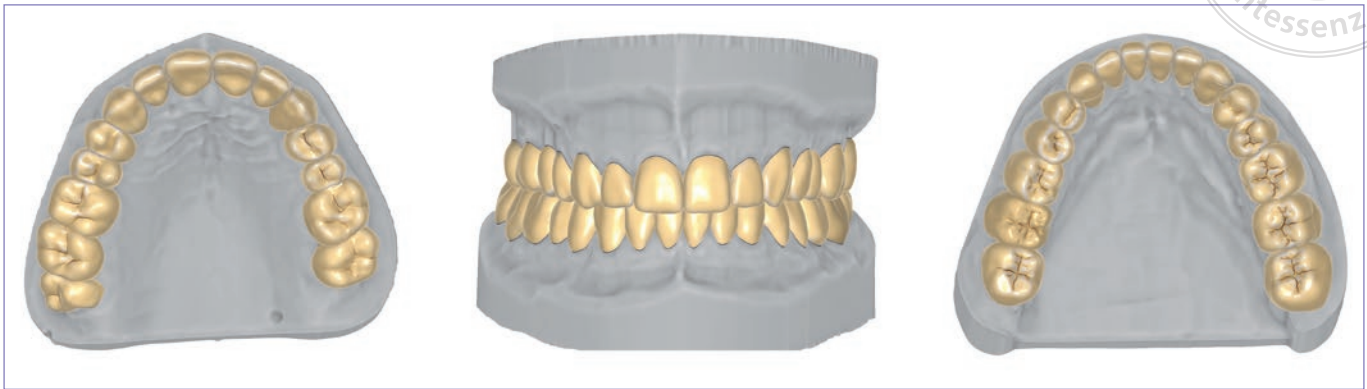


Abb. 11 Fertiggestellte CAD-Versionen beider Schienen.

Um eine ausreichende Friktion der Schienen auf den Zahnreihen zu erreichen, wurde ein definierter Wert für Hinterschnitte von 0,1 mm in der CAD-Software festgelegt. Die eigentliche Schienenkonstruktion erfolgte dann auf der Basis von anatomischen Zahnstrukturen aus der Zahndatenbank. Diese wurden so auf den vorhandenen Zähnen positioniert, dass sie einerseits in idealer Position über dem jeweiligen Zahn standen und sich andererseits mit der Zahnaußenfläche am eingescannten Wax-up orientierten (Abb. 11).

Die statische und die dynamische Okklusion wurden bereits mit dem analogen Wax-up erarbeitet, jedoch in der CAD-Konstruktion zur Erzielung eines optimalen Ergebnisses unter Verwendung des virtuellen Artikulators nochmals überprüft. Außerdem erfolgte eine Korrektur vorhandener Fehlkontakte.

CAM-Berechnung und maschinengestützte Fertigung

Anschließend wurden die Frässtrategien und die dazugehörigen Werkzeuge definiert. Die Firma Zirkozahn hat speziell zur Bearbeitung flexibler Hochleistungspolymere einen einschneidigen Fräser entwickelt, dessen geometrische Ausformung und Oberflächenstruktur ein Verschmieren mit Kunststoff verhindern und der somit eine effiziente, sichere und exakte Bearbeitung dieser Materialien zulässt. Nach Berechnung der Fräsbahnen und Erstellung der NC-Dateien wurden die Schienen auf der 5-Achs-CNC-Fräsmaschine Zirkozahn M5 hergestellt (Abb. 12 und 13).

Ausarbeiten der Schienen

Das Heraustrennen der Schienen aus dem Fräsrohling nach der CNC-Fertigung und das Verschleifen der Haltestifte erfolgten mittels kreuzverzahnter Fräsen. Die statische und die dynamische Okklusion wurden im teiljustierbaren Artikulator SAM 2PX (SAM Präzisionstechnik, Gauting) unter Berücksichtigung einer Front-Eckzahn-Führung überprüft. Um die Schienen aus Polycarbonat effizient zu polieren und einen ausreichenden Glanzgrad zu erreichen, erfolgten eine Vorpolitur mit einem Ziegenhaarbürstchen und der Polierpaste Acrypol (Bredent, Senden) sowie eine anschließende Hochglanzpolitur mit Polierschwabbel und Abraso Starglanz (Bredent).⁵



Abb. 14c Die fertigen zahnfarbenen vollanatomischen Schienen in der Ansicht von labial in protrudierter Position.



Abb. 14d Leichte Farbindividualisierung mit Optiglaze Color.

ohne Kippbewegungen bei punktförmiger und einseitiger Belastung. Am deutlichsten stellten sich die rekonstruierten Anteile der Zahnhartsubstanz im Oberkieferfrontzahnbereich dar. Der Patient empfand keinerlei durch die Schienen bedingtes Spannungsgefühl und war von ihrem zahnähnlichen Erscheinungsbild begeistert. Die Ein- und Ausgliederung der Schienen wurde von ihm als völlig problemlos beschrieben. Während der Sprechproben konnten keine vorzeitigen Kauflächenkontakte im Seitenzahnbereich festgestellt werden. Allerdings war die Phonation von S-Lauten in der Anfangsphase der Tragedauer noch nicht perfekt. Bei der Überprüfung der statischen Okklusion mit Shimstock-Folie waren die Kontakte im Frontzahnbereich noch etwas zu stark eingestellt, aber durch vorsichtiges Abtragen mit einer fein gezahnten Kunststofffräse ließen sie sich problemlos reduzieren. Anschließend wurden die korrigierten Schienenbereiche nochmals poliert und die Schienen eingegliedert (Abb. 15a und b). Der Patient wurde in ein engmaschiges Recall eingebunden, in dessen Sitzungen zunächst vornehmlich ästhetische und funktionelle Adjustierungen vorgenommen wurden.

Im vorliegenden Fall erfolgten nach Entfernung der bestehenden Brückenzwischenglieder 15 und 36 die Insertion von Implantaten in Regio 015, 025 und 036 (Camlog Screw-Line mit dem Durchmesser 3,3 mm in Regio 015 und 025, Camlog Screw-Line Promote plus mit dem Durchmesser 4,3 mm und der Länge 13 mm in Regio 036), ein Revisionsversuch der insuffizienten Wurzelfüllung an Zahn 46 sowie der Austausch sämtlicher vorhandenen Füllungen und Restaurationen, ohne das äußere Erscheinungsbild des Patienten zu beeinträchtigen. Zudem konnte der CAD-Datensatz (Konstruktion) der Schienen für die 3-D-Implantatplanung und die Anfertigung der Chirurgieschablonen genutzt werden. Innerhalb der Vorbehandlungsphase wurden Segmente der Schiene durch Beschleifen und Unterfütterung modifiziert. Zur Verbesserung der optischen Separierung des Frontzahnsegmentes erfolgte zudem ein Bemalen (Optiglaze Color) der Schienoberfläche (Abb. 14d und 16).

Am Ende der Einheilungsphase der Implantate wurde eine segmentierte Umsetzung in die definitiven Restaurationen vorgenommen. Zunächst wurde der erste Quadrant



Abb. 15a und b Situation nach Eingliederung der beiden CAD/CAM-gefertigten Polycarbonatschienen. Die Schiene überdeckt hauchdünn bestehende Zahnanteile, um eine gewisse Retention und damit einen sicheren Sitz zu erzielen (Schnappeffekt). Die Akzeptanz ist sehr gut, und die Evaluierungsphase kann beginnen.



Abb. 16 Porträt nach ästhetischer und funktioneller Feinabstimmung der Schienen unter Einbeziehung des Patienten. Durch die Modifikation des Oberkieferfrontzahnbereiches u. a. unter Einsatz von Malfarben (Optiglaze Color) ist eine sehr zufriedenstellende Situation für den Patienten entstanden.

präpariert und die Schiene mittig geteilt, um sie halbseitig im zweiten Quadranten zu positionieren (Abb. 17a). Unter Referenz der geteilten Schiene konnte nun die Kieferrelationsbestimmung im präparierten ersten Quadranten durchgeführt werden (Abb. 17b). Danach wurde der zweite Quadrant präpariert und als Referenz für die Erweiterung der Kieferrelationsbestimmung die bereits vorhandene aus dem ersten Quadranten eingesetzt (Abb. 17c). Die geteilten Schienen wie auch die Kieferrelationsbestimmungen aus einem Material auf Bis-Acrylat-Basis (LuxaBite, DMG, Hamburg) können anschließend zusammen



Abb. 17a Die Umsetzung in den definitiven Zahnersatz kann nun segmentiert mit wechselseitiger Übertragung der neu definierten Kieferrelation erfolgen. Dazu wurde zunächst der erste Quadrant präpariert und die Schiene mittig mit einer Trennscheibe geteilt.



Abb. 17b Mit den eingegliederten halben Schienen in der noch nicht präparierten Kieferhälfte (zweiter Quadrant) konnte nun eine Kieferrelationsbestimmung zur Unterkieferschiene mit einem hochpräzisen Registrierungsmaterial auf Bis-Acrylat-Basis (Luxa-Bite) vorgenommen werden, das sich mit Aluwax korrigieren lässt.



Abb. 17c Im darauffolgenden Schritt wurde der zweite Quadrant präpariert und die Kieferrelationsbestimmung des ersten Quadranten als Referenz für die Erweiterung eingesetzt.



Abb. 18 Extraorale Darstellung der in Abbildung 17b gezeigten Situation. Die zahnfarbene Schiene wurde mittig geteilt. Nach Präparation des ersten Quadranten sowie Eingliederung der linken Schiene und der Unterkieferschiene erfolgte eine Kieferrelationsbestimmung mit einem hochpräzisen Registrierungsmaterial.

mit den Abformungen des präparierten Oberkiefers und der unteren Schiene sowie dem Gesichtsbogen zur Anfertigung des ersten Teils der definitiven Versorgung an das zahn-technische Labor weitergeleitet werden (Abb. 18). Es empfiehlt sich, die Kieferrelationsbestimmung aus LuxaBite zur Erhöhung der Präzision mit Aluwax (American Dental Systems, Vaterstetten) nachträglich zu korrigieren.⁷

Der Vorteil dieser segmentierten Vorgehensweise besteht u. a. darin, dass eventuell erforderliche Feinadjustierungen der statischen und der dynamischen Okklusion an der antagonistischen Schiene und nicht an den neu erstellten Restaurationen vorgenommen werden können. Nach Eingliederung der definitiven Restaurationen im Oberkiefer kann die Unterkieferversorgung nach den gleichen Prinzipien zur Übertragung der Kieferrelation mit geteilter Schiene erfolgen (Abb. 19 bis 23)



Abb. 19 Die Restaurationen für den Oberkiefer wurden aus IPS e.max Press Multi und im Molarenbereich aus Edelmetall (J4-PF Jensen Dental) gefertigt.



Abb. 20 Frontzahn Aufnahme: Die Details liegen in der Oberfläche und in der Zahnstellung.



Abb. 21 An die Eingliederung der definitiven Oberkieferrestaurationen schloss sich nun analog zum Oberkiefer die Umsetzung in die definitiven Restaurationen im Unterkiefer an.

Als Hauptvorteile zahnfarbener Okklusionsschienen können die zeitnahe Versorgungsmöglichkeit sowie die gleichzeitige Erfüllung ästhetischer und funktioneller Erwartungen in einer noninvasiven, reversiblen Initialtherapie im Sinne eines „herausnehmbaren Provisoriums“ gewertet werden.⁵ Feinadjustierungen und Modifikationen wie auch eine schrittweise Heranführung an das Behandlungsziel lassen sich mit dieser Variante zu relativ geringen Kosten umsetzen. Die besonderen Vorteile zahnfarbener Polycarbonatschienen sind in der

Diskussion



Abb. 22 Die Restaurationen für den Unterkiefer wurden aus IPS e.max Press Multi und bei den endständigen Molaren aus Edelmetall (J4-PF Jensen Dental) gefertigt.



Abb. 23 Patientenaufnahme 3 Monate nach Eingliederung der definitiven Restaurationen.

möglichen Implementierung chirurgischer (Extraktionen), parodontalchirurgischer (Kronenverlängerungen, Rezessionsdeckungen) und implantologischer Eingriffe wie auch endodontischer und restaurativer Maßnahmen (Revisionen, Füllungsaustausch) im Rahmen der Vorbehandlungsphase zu sehen. Diese können unter der Schiene vorgenommen werden, ohne die ästhetischen und funktionellen Aspekte der bereits festgelegten Außenkontur zu verändern. Hervorzuheben ist die bei den zahlreichen behandelten Patienten zu beobachtende hervorragende Compliance, die in der filigranen Gestaltungsmöglichkeit begründet liegt. Dadurch kann ein reversibles und modifizierbares Abbild der definitiven Restauration nahezu risikolos klinisch erprobt werden.

Zu dieser Gestaltungsmöglichkeit tragen wesentlich die durch den CAD/CAM-Prozess bedingte hohe Materialqualität und das flexible Verhalten des verwendeten Polycarbonatmaterials (Temp Premium Flexible, Zirkonzahn) bei, welches vornehmlich zur Herstellung temporärer Kronen- und Brückengerüste für den Front- und Seitenzahnbereich entwickelt wurde und einen Elastizitätsmodul von 2.400 MPa (PMMA: 1.800 MPa) sowie eine Biegefestigkeit von 100 MPa (PMMA: 55 MPa) aufweist.¹⁹ Durch aus diesem Material gestaltete zahnfarbene Okklusionsschienen kann die Rekonstruktion der VDO über einen Zeitraum von bis zu 1 Jahr klinisch überprüft und damit eine hohe Vorhersagbarkeit für umfangreiche definitive Versorgungen erreicht werden. Insbesondere bei größeren Farb-, Form- und Stellungskorrekturen in der ästhetischen Zone sind längere Vorbehandlungsphasen unverzichtbar, da wichtige Einflussfaktoren wie die Lippenposition und -dynamik bei der Festlegung der Lachlinie und der Einfluss auf die Phonetik labortechnisch nicht hinreichend beurteilt werden können.¹³ Zahnfarbene Okklusionsschienen erfüllen somit während der Vorbehandlungsphase nicht nur funktionstherapeutische Aufgaben, sondern stellen gleichzeitig das zentrale Kommunikationsmedium zwischen dem Patienten, dem Zahnarzt und



dem Zahntechniker zur Feinadjustierung des Restaurationsentwurfs dar.¹⁴ Die Vorbehandlungsphase könnte beim Vorliegen spezifischer Wünsche des Patienten noch extendiert werden, indem nach Erreichen der Höchststragedauer auf der Grundlage des bestehenden Datensatzes eine weitere Schiene gefräst wird. Dieser Vorteil der digitalen Reproduzierbarkeit senkt die Kosten für jede nachfolgende Schiene, da kein erneuter Abform- und CAD-Prozess erforderlich wird.

Der gleichzeitige Einsatz von zwei Schienen für den Ober- und den Unterkiefer, welche die im Wax-up festgelegte Okklusionsmorphologie wiedergeben, vereinfacht zudem die segmentale Überführung komplexer Rehabilitationen in die definitiven Restaurationen, verlangt jedoch eine Mindesterrhöhung der VDO von 4 mm im Bereich des Inzisalstiftes. Im Anschluss an eine mehrmonatige komplikationslose funktionelle Evaluierungsphase kann beispielsweise der Oberkiefer quadrantenweise präpariert und eine präzise wechselseitige Übertragung der Kieferrelation mit einer geteilten Schiene vorgenommen werden.⁴ Nach Eingliederung der Oberkieferrestaurationen trägt der Patient dann nur noch die Unterkieferschiene. Die abschließende Versorgung des Unterkiefers kann zu einem beliebigen Zeitpunkt bei gleichem Vorgehen erfolgen, was hohe Freiheitsgrade in der Therapieplanung und im Behandlungsablauf schafft. Dies gilt insbesondere für die beschriebenen kostenintensiven komplexen Versorgungen, da die risikolose Extension der Vorbehandlungsphase es erlaubt, wirtschaftliche Gesichtspunkte besser zu berücksichtigen.

Grundsätzlich könnten CAD/CAM-generierte Okklusionsschienen auch additiv mit Hilfe von 3-D-Druckern gefertigt werden.¹⁵ In der vorliegenden Falldarstellung wurde die subtraktive Herstellung durch Fräsung aus einer industriell vorgefertigten und polymerisierten Ronde gewählt. Die Autoren sind aufgrund einer 4-jährigen klinischen Erfahrung mit zahnfarbenen Okklusionsschienen aus Polycarbonat der Meinung, dass zurzeit noch die höhere Präzision und die bessere Materialqualität für die verwendete Variante sprechen.

Das Autorenteam verwendet seit 4 Jahren zunehmend CAD/CAM-gefertigte zahnfarbene Okklusionsschienen aus Polycarbonat. Auf der Basis der bislang gesammelten klinischen Erfahrungen können die folgenden Vorteile für die funktionstherapeutische Vorbehandlungsphase herausgestellt werden:

1. zeitnahe und reversible Umsetzung funktioneller, phonetischer und ästhetischer Veränderungen sowie damit verbundene Evaluierungsmöglichkeiten;
2. Erzielung einer hohen Compliance des Patienten während der Erprobungsphase aufgrund eines restaurationsähnlichen Erscheinungsbildes („23-Stunden-Schiene“ oder „herausnehmbares Provisorium“);
3. erhebliche Vorteile in der Vorbehandlungsphase sowohl für das restaurative Team als auch für den Patienten durch die Möglichkeit, unter der jeweiligen Schiene konservierende, chirurgische, parodontologische wie auch restaurative Eingriffe vorzunehmen, ohne dass die ästhetische und funktionelle Situation verändert wird;
4. Vereinfachung komplexer Rehabilitationen durch die Möglichkeit einer segmentalen Überführung in definitive Versorgungen bei Verwendung des „Zwei-Schienen-Konzeptes“ mit einer Ober- und einer Unterkieferschiene;

Schlussfolgerungen

5. Option einer abgestuften Exploration des Behandlungszieles durch individuelle Modifikationen des digitalen Datensatzes;
6. bei Verlust oder Fraktur der Okklusionsschiene schnelle und einfache Reproduzierbarkeit anhand der hinterlegten digitalen Daten.

Nachteile ergeben sich durch die relativ hohen Kosten und den auf umfangreiche Veränderungen der VDO beschränkten Einsatzbereich beim Zwei-Schienen-Konzept. Erst nach der definitiven Wax-up-Einprobe lässt sich eruieren, ob das Zwei-Schienen-Konzept in den Behandlungsablauf übernommen werden kann.

Danksagung Die Autoren danken Herrn ZTM Marc Ramberger, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Klinikums der Universität München, für die Erstellung der in den Abbildungen 3a und c dargestellten Restaurationen und Herrn Dr. Karl-Heinz Rudolf, Königsbrunn, für die Insertion der Implantate.

- Literatur*
1. Ahlers MO, Edelhoff D. Einsatz glaskeramischer Repositions-Onlays zur Abschlussbehandlung nach erfolgreicher Funktionstherapie. *Quintessenz* 2015;66:1509–1525.
 2. Bumann A, Lotzmann U. Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. *Farbatlanten der Zahnmedizin Bd 12*. Stuttgart: Thieme, 2000.
 3. Clifford T, Finlay J, Briggs J, Burnett CA. Occlusal splint prescription in the management of temporomandibular disorders. *J Ir Dent Assoc* 1995;41:91–93.
 4. Edelhoff D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayr M, Güth J-F. CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pre-treatment of complex cases. *Quintessence Int* 2012;43:457–467.
 5. Edelhoff D, Schweiger J. CAD/CAM tooth-colored occlusal splints for the evaluation of a new vertical dimension of occlusion: case report. *Quintessence Dent Technol* 2014;37:1610–1623.
 6. Gautam R, Singh RD, Sharma VP, Siddhartha R, Chand P, Kumar R. Biocompatibility of polymethylmethacrylate resins used in dentistry. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2012;100:1444–1450.
 7. Ghazal M, Hedderich J, Kern M. An in vitro study of condylar displacement caused by interocclusal records: influence of recording material, storage time, and recording technique. *J Prosthodont* 2016 Feb 2 [Epub ahead of print].
 8. Jakstat HA, Ahlers MO. Schienentherapie. In: Ahlers MO, Jakstat HA. *Klinische Funktionsanalyse*. 4. Aufl. Hamburg: dentaConcept, 2011:631–644.
 9. Leggat P, Kedjarune U. Toxicity of methyl methacrylate in dentistry. *Int Dent J* 2003;53:126–131.
 10. Leib AM. Patient preference for light-cured composite bite splint compared to heat-cured acrylic bite splint. *J Periodontol* 2001;72:1108–1112.
 11. Lotzmann U. *Okklusionsschienen und andere Aufbissbehelfe*. München: Neuer Merkur, 1983.
 12. Litonjua LA, Andreana S, Bush PJ et al. Tooth wear: attrition, erosion, and abrasion. *Quintessence Int* 2003;34:435–446.
 13. Mack MR. Vertical dimension: a dynamic concept based on facial form and oropharyngeal function. *J Prosthet Dent* 1991;66:478–485.
 14. Rieder CE. The use of provisional restorations to develop and achieve esthetic expectations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9:122–139.
 15. Salmi M, Paloheimo KS, Tuomi J, Ingman T, Mäkitie A. A digital process for additive manufacturing of occlusal splints: a clinical pilot study. *J R Soc Interface* 2013;10:20130203.
 16. Schmitter M, Leckel M. Therapie funktioneller Beschwerden. *Wissen kompakt* 2008;2:33–40.
 17. Schweiger J, Edelhoff D. Noninvasive provisional restorations using high-density polymers. *Quintessence Dent Technol* 2013;36:122–132.
 18. Wall WH. Universal polycarbonate fracture splint and its direct bonding potential. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986;15:418–421.
 19. Zirkonzahn GmbH. Datenblatt Temp Premium Flexible. Gais, Italien.

Dieser Beitrag basiert auf folgender Veröffentlichung: Edelhoff D, Schweiger J, Prandtner O, Trimpel J, Stimmelmayer M, Güth J-F. CAD/CAM-Schienen zur funktionellen und ästhetischen Evaluierung neu definierter Bisslagen. Quintessenz 2016;67:1195.

Originalbeitrag



ZTM Otto Prandtner

Plattform für feinste Dentaltechnologie GbR
Goethestraße 47
80336 München
E-Mail: prandtner.creative@me.com

ZT Josef Schweiger

ZT Johannes Trimpl

Priv.-Doz. Dr. med. dent. Michael Stimmelmayer

Priv.-Doz. Dr. med. dent. Jan-Frederik Güth

Prof. Dr. med. dent. Daniel Edelhoff

Alle:

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Klinikum der Universität München
Goethestraße 70
80336 München