

Virtuelles Bracketkleben

Ein Erfahrungsbericht von Dr. Otmar Kronenberg, FZA für Kieferorthopädie (CH), Luzern, Schweiz.

Die Ausstattung kieferorthopädischer Behandlungseinrichtungen hat sich in den letzten Jahren hinsichtlich Computertechnik und digitaler Hardware deutlich gewandelt. Kamen bislang vor allem digitale Röntgengeräte und Kameras als bildgebende Systeme für Diagnostik und Planung zum Einsatz, gehören heute auch DVT, Intraoral-/Modellscanner und 3D-Drucker zur täglich genutzten Praxistechnik. Gründe hierfür sind die Vereinfachung der Handhabung und Prozesse, sinkende Preise sowie die vielfältigen Möglichkeiten, die 3D-Technologien bieten.

In diesem Artikel soll die virtuelle Umsetzung des indirekten Klebens dargestellt und anhand eines konkreten Beispiels beschrieben werden. Dies soll aufzeigen, wie es gelingen kann, unter den zahlreich verfügbaren Varianten diejenige zu finden, welche die bevorzugte Arbeitsweise des Arztes abbildet und gleichzeitig den vorab erwähnten Mehrwert für Praxis und Patienten wirksam werden lässt.

Prinzipiell ist eine Realisierung des beschriebenen Workflows natürlich auch mit anderen Scannern, Druckern und Softwareanwendungen möglich, sofern diese vergleichbare Funktionen bereitstellen. Die im Arbeitsablauf zu berücksichtigenden Unterschiede bei Verwendung anderer Scanner beziehen sich vorrangig auf einen ggf. zu modifizierenden Import- und Reparaturvorgang der Scandaten.

mern genutzt werden. Die Verbindung erfolgt über ein einfaches USB-Kabel. Dies erscheint grundsätzlich als einer der großen Vorteile dieses Scansystems, da eine leichte Integration in die Praxissoftware möglich ist und keine zusätzlichen Gerätschaften oder Softwarepakete vonnöten sind. Zudem ist das Handling des Scanners leicht zu erlernen und wird von den Patienten grundsätzlich als angenehm eingestuft. Der Patient wird horizontal auf dem Stuhl gelagert, Ober- und Unterkiefer werden gescannt und abschließend der Biss registriert. Neu können mehrere Bissregistrare erhoben werden, z. B. ein RK- und ein IK-Biss. Die digitale Abdrucknahme (Abb. 1) nimmt i. d. R. nicht länger als fünf Minuten pro Kiefer in Anspruch. Die Daten bleiben ohne den Umweg über eine Cloud in der Praxis, stehen sofort zur Verfügung und werden vom CS 3600 im STL- oder PLY-Format direkt an die Software OnyxCeph^{3™} übergeben. Nach dem virtuellen Beschneiden und Sockeln können die Daten nach Bedarf als Onyx-Container an ein KFO-Labor oder an Zahnärzte weiterverschickt werden.



Abb. 1: Intraorales Scannen mit dem CS 3600.

Indirektes Kleben

Das Übertragen der mit verschiedenen Techniken am Modell bestimmten Bracketpositionen auf den Patienten (indirektes Kleben) ist eine in der Kieferorthopädie seit Langem angewandte und bewährte Technik, die im Vergleich zum direkten Kleben am Patienten eine Reihe bekannter Vorteile bietet, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll. Nachteilig waren bislang der recht hohe technische Aufwand, die damit verbundenen Kosten sowie der Umstand, dass der Behandler oft wenig Einfluss auf die Bracketpositionen nehmen konnte. Die digitale Umsetzung dieser Arbeitsweise unter Nutzung von Intraoral- und Modellscannern, 3D-Druckern und geeigneter Bildverarbeitungs- und Planungssoftware eröffnet neue Möglichkeiten für eine Optimierung dieser Technik. Für die nachfolgend beschriebene Arbeitsweise wurde der Intraoralscanner CS 3600 (Carestream Dental) in Kombination mit dem Digital Light Processing-(DLP-)Drucker Asiga MAX[™] (SCHEU-DENTAL) und der Software OnyxCeph^{3™} (Image Instruments) eingesetzt.

Soll für die Fertigung der Bracketübertragungsschienen ein anderer 3D-Drucker eingesetzt werden, müssen unter Umständen die angegebenen Konstruktionsparameter für die Schiene in Abhängigkeit von der Spezifik des Druckverfahrens und den mechanischen Eigenschaften des verwendeten Druckmaterials angepasst werden.

„3D-Technologien bieten vielfältige Möglichkeiten. Dazu gehören Vorteile wie präzisere, schnellere Behandlungsabläufe, Material- und damit Kosteneinsparung, ein größerer Patientenkomfort oder die verbesserte Dokumentation.“

I. Intraorales Scannen

Der digitale Workflow beginnt mit der Erhebung der Scandaten. Heute sind verschiedene gute intraorale Scanner auf dem Markt verfügbar; dazu gehört auch der CS 3600. Er kann direkt mit der Praxissoftware gekoppelt und bei entsprechender Hardware ohne Trolley oder Laptop in verschiedenen Behandlungszim-

II. Virtuelle Fallplanung

Um die optimale Bracketposition an der virtuellen Zahnkrone zu bestimmen, sind prinzipiell zwei Konzepte anwendbar. Beide werden von erwähnter Software unterstützt: Erstens das Positionieren der virtuellen Brackets mittels empirischer Vorgaben direkt an den fehlgestellten Kronen (FA_Bonding) und zweitens das Positionieren der virtuellen Brackets an den Kronen der zuvor vir-

tuell aufgestellten Zielsituation mit anschließender Rücksetzung zur Malokklusion (Wire_Bonding). Der Vorteil der zielbasierten Planung besteht darin, dass die aus der Verwendung gerader Behandlungsbögen resultierende Forderung der ebenen Anordnung der Slots als Randbedingung bei der Bestimmung von Position und Ausrichtung der

3M™ Clarity™ Ultra Selbstligierendes Vollkeramikbracket

+NEU+NEU+NEU+

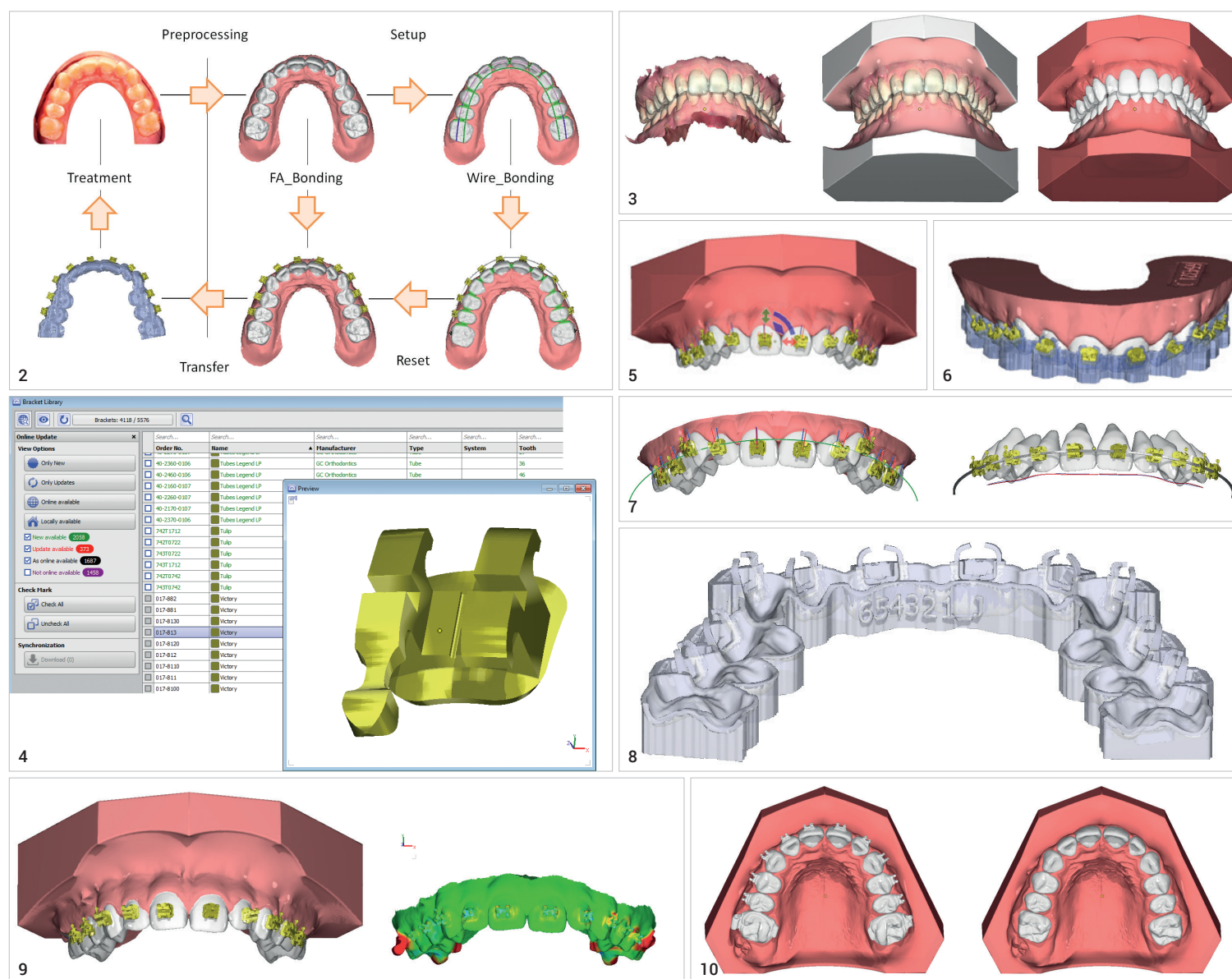


Brilliant Ästhetik!

3M™ Clarity™ Ultra SL
besticht durch einen
natürlichen Look,
den Ihre Patienten
schätzen werden.

3M.com/ClarityUltra

Abb. 2: Varianten der virtuellen Bracketplatzierung. **Abb. 3:** Scanmodell (links), Archivmodell (Mitte) und Arbeitsmodell (rechts). **Abb. 4:** Online-Bracketbibliothek innerhalb OnyxCeph³™. **Abb. 5:** Bracket mit Navigator bewegen. **Abb. 6:** Oberkiefertray über OK-Brackets. **Abb. 7:** Symmetrieabgleich rechts–links mit der Funktion „LineUp“. **Abb. 8:** Druckfertig exportierte Übertragungsschiene. **Abb. 9:** Kontrolle der Übertragungsgenauigkeit durch Farbcodierung von Oberflächenabständen (6er wurden manuell bebändert). **Abb. 10:** Virtuelles Bracketentfernen in Modul „Bracket-Erase“. **Abb. 11:** Gedrucktes Übertragungstray mit eingesetzten Brackets.



OnyxCeph³™

Die Software steht in verschiedenen Programmversionen zur Verfügung. OnyxCeph³™ OMS wurde vorrangig für die Simulation und Planung kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Kombinationsbehandlungen, basierend auf virtuellen Modellen und CT/DVT-Volumendaten, konzipiert. LABist für den Einsatz in KFO-Praxislaboren, Dentallaboren und sonstigen dentalen Einrichtungen vorgesehen, während 3D Pro für kieferorthopädisch und kieferchirurgisch tätige dentale Einrichtungen geeignet ist, die 2D-Bildvorlagen und 3D-Datensätze verwenden (2D Pro, sofern vorwiegende Nutzung von 2D-Bildvorlagen). Basic eignet sich für zahnärztliche Einrichtungen, die sowohl 2D-Bildvorlagen als auch 3D-Datensätze verwenden.

Brackets einschließlich Individualisierung von Klebebasis und/oder Zieldrahtgeometrie berücksichtigt werden kann. Damit kann bei fachlich korrekter Planung bereits durch die virtuelle Bracketpositionierung eine weitgehend optimale Ausrichtung der Kronen im Ziel abgesichert werden.

Bei der auf geometrischen Regeln basierenden Bracketpositionierung an der Malokklusion lässt sich die Einhaltung der genannten Straight-Wire-Forderung für das angestrebte Behandlungsziel nur indirekt über statistische Zusammenhänge und individuelle Behandlererfahrung absichern. Hier besteht der Vorteil jedoch in einem deutlich geringeren Zeitaufwand bei Beibehaltung der Vorteile des virtuellen Planens und Übertragens. Wird diese Methode zusätzlich mit einer geeigneten Finishing-Strategie kombiniert, sind gleichwertige oder bessere Resultate im Vergleich zur anspruchsvollen zielbasierten Planung bei geringerem Zeitaufwand durchaus realistisch.

Basierend auf einer Abwägung dieser Vor- und Nachteile verwendet der Autor die im Folgenden näher beschriebene Methode mit Platzierung virtueller Brackets direkt am Malokklusionsmodell (FA_Bonding; Abb. 2).

Vorbereitung

Nach dem Import der topologischen Netzkorrektur und der patientenbezogenen Ausrichtung in OnyxCeph³™ wird der Intraoralscan zunächst

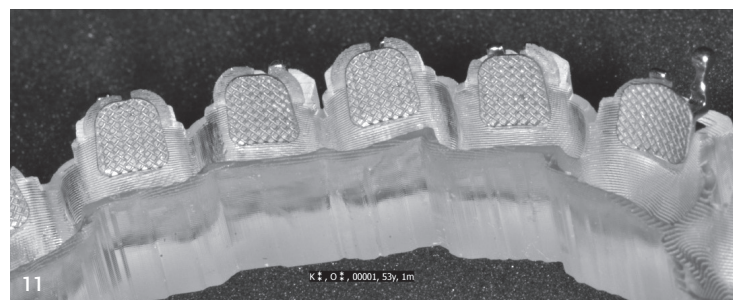
virtuell getrimmt, gesockelt und anschließend segmentiert. Die gesamte Aufbereitung zum Arbeitsmodell nimmt i.d.R. nicht mehr als vier bis fünf Minuten in Anspruch und resultiert in einem Datensatz, der neben dem Archivmodell die vervollständigten und mit Landmarks und Kronenkoordinatensystem versehenen Einzelzähne sowie den geschlossenen Weichteilkiefer als separate 3D-Objekte beinhaltet. Die durchschnittliche Datengröße liegt typischerweise zwischen zehn und 20 Mbyte (Abb. 3).

Bracketpositionen planen

Das Arbeitsmodell stellt die erforderliche Datenbasis für praktisch alle Planungsmodule bereit, so auch für das Modul „FA_Bonding“. Dieses kann direkt über das Thumbnail-Kontextmenü des Arbeitsmodells aufgerufen werden. Im Normalfall werden durch das Laden eines vor-konfigurierten Sets – im Beispiel Victory Series™ Low Profile Brackets mit .022" Slot (3M) – allen Zähnen eines Zahnbogens die gewünschten Brackets in einem Schritt zugewiesen. Grundsätzlich könnten aber auch einzelne Brackets für einzelne Zähne gesetzt werden. Dazu müssen die für die Behandlung vorgesehenen Brackets in der lokalen Bracketbibliothek vorhanden sein. Dies kann durch Herunterladen aus der softwareinternen „Online-BracketLib“ sichergestellt werden (Abb. 4). Initial werden die virtuellen Brackets ohne Zutun des Anwenders slotmittig und parallel zur Kronenangu-

lation mit minimalem Basisabstand auf den vorberechneten Klebepunkt der zugehörigen Krone vorausgerichtet. Die „Kleberegel“ kann aus unterschiedlichen Berechnungen (OnyxCeph³™, MBT, Muchitsch, Creekmore, Andrews, Alexander) ausgewählt oder auch nach eigenen Vorstellungen bezüglich Inzisalkantenabstand vorgegeben werden. Mithilfe verschiedener grafischer Navigatoren (direkt am 3D-Objekt oder

in den Klebepositionen. Bei Bedarf können die so gefundenen Unterschiede automatisiert anhand der Kronengeometrie ausgeglichen oder wechselseitig überschrieben werden (Abb. 7). Abschließend kann der Klebeabstand Basis–Krone für alle Brackets automatisch minimiert werden. Standardmäßig ist ein Minimalabstand von 0,05 mm voreingestellt, der sich über initiale Vorgaben bis auf Kontakt reduzieren lässt.



in separatem Kontrollpanel; Abb. 5) lassen sich Position und Ausrichtung einzelner oder auch mehrfach ausgewählter Brackets (z.B. um alle gleichzeitig im Inzisalabstand zu verändern) einfach und intuitiv manuell nachkorrigieren.

Zum Zweck des Symmetrieabgleichs können die virtuell beklebten Einzelzähne mithilfe der „LineUp“-Funktion als Vorschau symmetrisch und äquidistant an einem auswählbaren Bogen template angeordnet werden. Diese Ansicht erlaubt einen anschaulichen Rechts-links-Vergleich des Kauleistenverlaufs in der Bogenebene und ermöglicht damit eine Bewertung im Hinblick auf Abwei-

Um zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf Änderungen an der Planung vornehmen zu können, sollte der aktuelle Bearbeitungszustand als Projekt gespeichert werden, bevor eine Kopie des Datensatzes mit Brackets als separater Befund abgelegt und das Modul geschlossen wird.

Je nach Nutzung von Planungsoptionen und Umfang individueller Korrekturen beträgt der Zeitaufwand für die endgültige Bracketpositionierung im Modul „FA_Bonding“ ca. fünf Minuten je Kiefer.

Übertragungsschiene konstruieren

Unmittelbar im Anschluss kann, ausgehend vom FA-Befund, im

Modul „BondingTrays“ die Bracket-transferschiene konstruiert werden. Hierzu wird der Randverlauf der Schiene initial vorgeschlagen, sollte aber unter Berücksichtigung der Anforderungen an den Übertragungsvorgang (insbesondere in Bezug auf das Einsetzen, Aufbringen und Aushärten des Klebers, das Abnehmen und ein eventuelles Nachkleben) in jedem Fall individuell angepasst werden. Dies ist mit Drag-and-drop von Kurvenpunkten schnell und intuitiv machbar. Für das Fassen der Brackets in der Schiene stehen unterschiedliche Methoden zur Auswahl, wobei die im Beispiel verwendeten Victory-Brackets im Combine Mode bis 0,5 mm über die Slotmitte formschlüssig umhüllt und zusätzlich zu ca. 90 Prozent entlang des Basisrandes eingefasst wurden. Unter Berücksichtigung der Herstellung im DLP-Druckverfahren mittels 3D-Drucker Asiga MAX™ und Verwen-

Standards für die Einstellung der Vielzahl möglicher Parameter in der Softwareanwendung war es notwendig, die heute verwendeten Werte durch Trial and Error herauszufinden. Dieses Vorgehen war nur ohne Umweg über den Zahntechniker möglich, um unmittelbar auf Probleme reagieren zu können. Der Druck der Übertragungsschienen (Abb. 11) nimmt (unabhängig von der Schienenanzahl) ungefähr eine halbe Stunde in Anspruch. Allerdings werden in unserer Praxis nicht ausreichend viele Schienen hergestellt, um den Kauf eines 3D-Druckers zu legitimieren. Die vernünftige Auslastung wird durch die Herstellung sämtlicher Studien- und Arbeitsmodelle erreicht, welche nach Bedarf dem Techniker zur Verfügung gestellt werden. Damit arbeitet der Drucker im Normalfall ganztags und druckt nachts noch ein Modellpaar, was drei bis vier Modellpaare pro Tag ergibt.

„Es ist unbestritten einfacher, auf einem x-fach vergrößerten Zahn am Bildschirm ohne störenden Speichel, ohne Bewegungen des Patienten und unter Verwendung diverser technischer Hilfsmittel der OnyxCeph³™-Software die korrekte Position eines Brackets zu definieren.“

dung des Resigns Imprimio® LC IBT (SCHEU-DENTAL) wurden die Hüllen unabhängig von der individuellen Bracketangulation parallel ausgerichtet und eine ebene Grundfläche zur Vermeidung von Supportstrukturen gewählt. Als Schienendicke hat sich 0,6 mm in Kombination mit minimalem Ausblocken der interproximalen Kontakte (0,5) sowie einem Schiene-Bracket- und Schiene-Kronen-Abstand von 0,00 mm bzw. 0,05 mm bewährt (Abb. 6). Im Hinblick auf die Passung der Übertragungsschiene reicht für die finale Netzberechnung eine mittlere Auflösungseinstellung. Auch nach Fertigstellung des Schienendesigns im Modul „BondingTrays“ empfiehlt sich aus Gründen der Nachvollzieh- und Wiederholbarkeit oder auch Modifikation der Planung das Speichern als Projekt. Der Export im offenen 3D-Format inkl. Beschriftung und Vorausrichtung in der Composer-Software des Druckers kann direkt im Modul erfolgen, ein separates Speichern des Modell- und Schienendatensatzes als Befund ist nicht erforderlich (Abb. 8). Insgesamt dauert das Erstellen und Exportieren einer Bracketübertragungsschiene bei Verwendung bekannter und voreingestellter Designparameter kaum länger als zwei bis drei Minuten.

III. 3D-Druck der Übertragungsschiene

Ursprünglich wurden die Übertragungsschienen durch ein externes Labor gedruckt, was sich wenig bewährt hat. Aufgrund der fehlenden

Heute steht eine Vielzahl günstigerer 3D-Drucker am Markt zur Verfügung. Ausschlaggebend für die Anschaffung des Asiga MAX™ war der professionelle Support der Firma SCHEU-DENTAL, welcher für ein Gerät mit einem solch hohen Impact im Praxisalltag unabdingbar ist.

IV. Kleben am Patienten

Das Bracketbonding erfolgt im Normalfall für alle Zähne eines Kiefers in einem Zug mittels Transbond™ Supreme LV (Fa. 3M) und bringt dieselben Vorteile des bekannten, konventionellen indirekten Klebens. Entscheidend ist die konsequente Trockenlegung, was aus der Kombination von OptraGate (Ivoclar Vivadent) zum Abhalten sowie DryTips® (Microbrush® International) und einem Speichelzieher für die Trockenlegung gewährleistet wird.

V. Kontrolle, Finishing

Die Überprüfung der Übertragungsgenauigkeit ist zwar kein zwingender Bestandteil des Workflows beim virtuellen indirekten Kleben, dennoch stellt OnyxCeph³™ im Modul „Inspect 3D“ Funktionen bereit, um eine solche im Rahmen von Qualitätskontrolle und Fehleranalyse im Bedarfsfall durchführen zu können (Abb. 9).

Wie eingangs beschrieben, ist die empirische Bracketpositionierung an der Malokklusion verfahrensbedingt zunächst weniger genau als bei einer Set-up-basierten Planung, dafür aber wesentlich zeiteffektiver.

Um diesen Nachteil auszugleichen, bietet sich ein Finishing im Sinne einer abschließenden Feinkorrektur verbliebener Fehlstellungen mit wenigen Alignerschienen an. So kann gegen Abschluss der Behandlung ein erneuter Intraoralscan mit Brackets durchgeführt werden.

Im Modul „BracketErase“ kann der Ausgangsscan ohne Brackets geladen und dazu benutzt werden, die im Finishingscan enthaltenen Bracket- und Kleberbereiche automatisch zu finden und mit der originalen Zahnkronenoberfläche innerhalb dieses Bereiches zu ersetzen. Im Ergebnis liegt ein segmentiertes Arbeitsmodell der aktuellen Patientensituation ohne Brackets und Bänder vor, das für die Planung einer finalen Alignerserie (FinAligner™) oder eines Schienenretainers verwendet werden kann (Abb. 10).

Fazit

Trotz kürzerer Stuhlzeit beansprucht das indirekte Kleben insgesamt mehr Zeit als das direkte Bonding. Gerechtfertigt wird dieser größere Aufwand mit dem Ziel einer höheren Präzision: Es ist unbestritten einfacher, auf einem x-fach vergrößerten Zahn am Bildschirm ohne störenden Speichel, ohne Bewegungen des Patienten und unter Verwendung diverser technischer Hilfsmittel der OnyxCeph³™-Software die korrekte Position eines Brackets zu definieren. Entscheidend dabei ist der Umstand, dass der Behandler die Bracketposition definiert.

Mit der Kombination aus der beschriebenen Planungssoftware und dem 3D-Drucker ist es erstmals möglich, aus gescannten Daten innerhalb vernünftiger Zeit und zu überschaubaren Kosten Übertragungsschienen in der Praxis herzustellen. Damit eröffnet sich ein großes Potenzial für bessere Behandlungsergebnisse, auch wenn es noch Optimierungsspielraum in der Kette des komplexen Workflows gibt. Die Kombination aus „FA-Bonding“ und „Aligner-Finishing“ (bei vorheriger virtueller Bracketentfernung mittels „BracketErase“) könnte dabei neue Möglichkeiten erschließen.

kontakt



Dr. Otmar Kronenberg
FZA für Kieferorthopädie (CH)
Habsburgerstr. 20
6003 Luzern, Schweiz
Tel.: +41 41 8114040
info@praxis-kronenberg.ch
www.praxis-kronenberg.ch

3M Science.
Applied to Life.™

3M™ Clarity™ Ultra Selbstligierendes Vollkeramikbracket

+NEU+NEU+NEU+

Mehr Effizienz, mehr Kontrolle!



Optimale Rotationskontrolle
dank keramischer Klappe mit
großer mesio-distaler Spannweite



**Rotationskontrolle ohne Einsatz
zusätzlicher Hilfsmittel**



**Je nach Wunsch
passiv oder aktiv**



**Einfacher Bogenwechsel
ohne Ligaturen**

3M.com/ClarityUltra