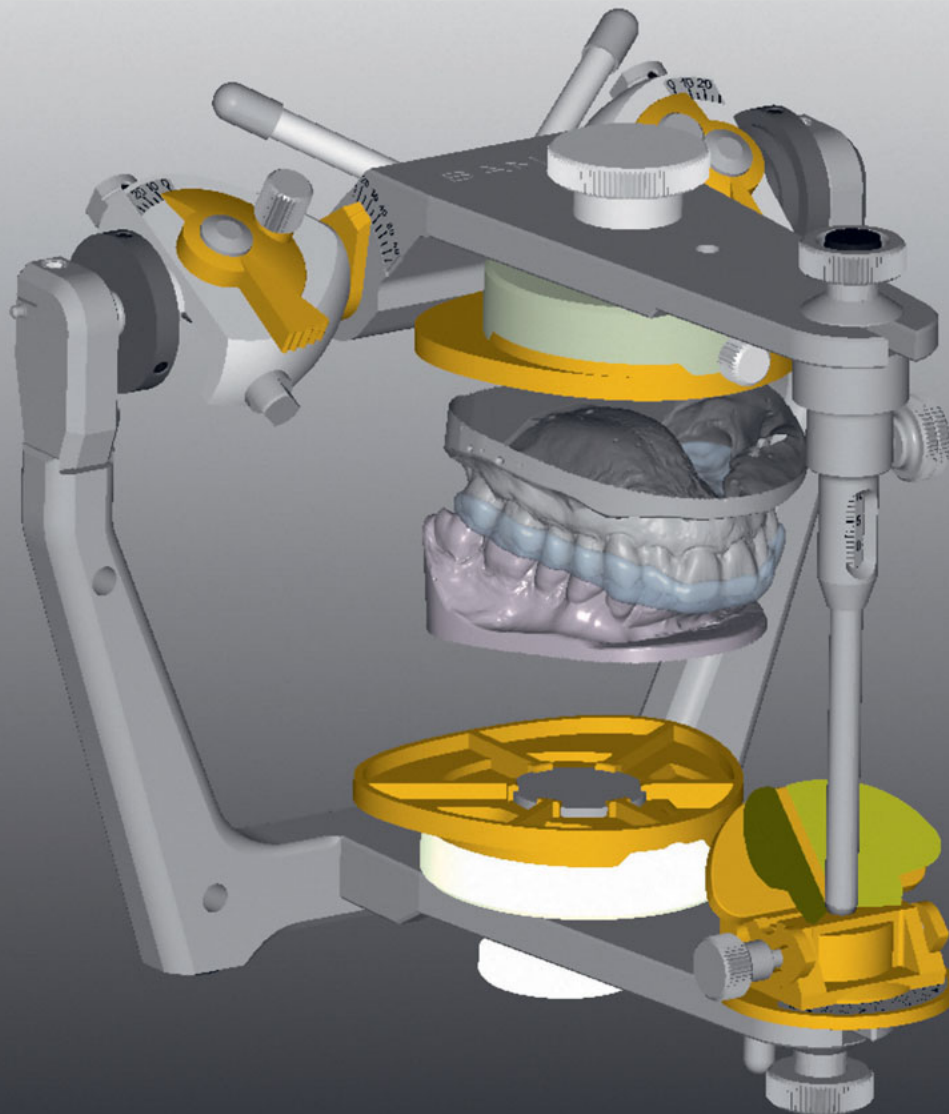
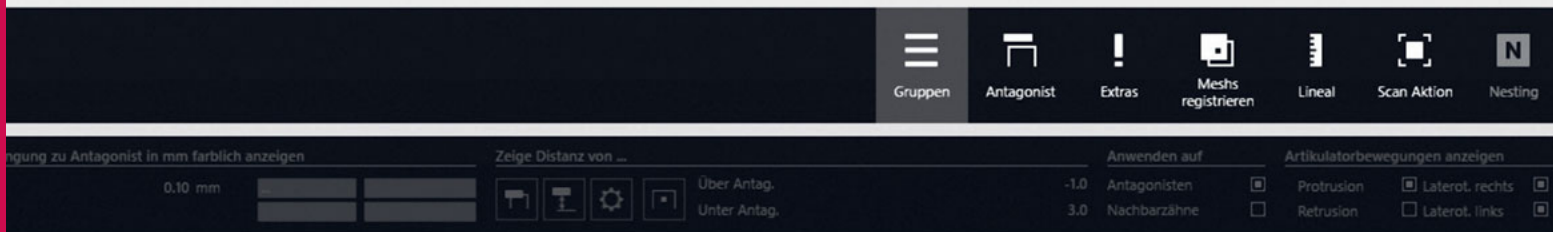


Herstellung einer Michigan-Schiene

Konstruktion mit dem Software-Modul CAD/CAM Bite Splints von Zirkonzahn

FELIX BUSSMEIER



Vorgeschichte und Ausgangssituation

Bei der Patientin handelte es sich um eine 52-jährige Frau, die unter Kiefergelenksproblemen litt und Schmerzen in der Kaumuskulatur beklagte, die unter anderem durch nächtliches Knirschen und Pressen verursacht wurden.

Nach einer Physiotherapie hatte der Behandler Alginatabdrücke genommen, einen Gesichtsbogen, um die schädelbezogene Lage des Oberkiefers zu ermitteln, sowie exzentrische Positionsregistrare, um den Artikulator zu programmieren. Die Positionierung des Unterkiefers zum Schädel lieferte ein weiteres Zentrikregistrat (Abb. 1). Ziel war, durch eine Schienentherapie die Kaumuskulatur zu entspannen, eine Dekompression des Kiefergelenks zu bewirken, parafunktionelle Erscheinungen abzubauen und die Schmerzen der Patientin zu lindern oder im idealen Fall ganz aufzuheben.

Digitaler Workflow

Zu Beginn einer jeden digitalen Konstruktion wird zunächst im Zirkonzahn-Archiv ein neuer Patientenfall angelegt. Für die Herstellung einer Schiene müssen die betreffenden Zähne und deren Antagonisten im Zahnschema ausgewählt werden. Für vorhandene Schaltlücken wird der Zusatz „Fehlender Zahn“ ausgewählt, um diese Bereiche durch virtuelles Aufstellen eines Zahnes als Platzhalter entweder hohl zu gestalten oder massiv durch Kunststoff zu ersetzen (Abb. 2).

In der Scansoftware wird nach dem Digitalisieren der Modelle zusätzlich ein „Artikulator Fine Adjustment“ durchgeführt. Hierzu wird der Artikulator mit Modellen in einer Haltevorrichtung eingespannt und gescannt. Diese Vorgehensweise verspricht eine präzise Übertragung vom analogen zum digitalen virtuellen Artikulator (Abb. 3).

Zusammenfassung

Die Herstellung einer funktionstherapeutischen Schiene mittels CAD/CAM-Verfahren ist im Gegensatz zum konventionellen analogen Herstellungsverfahren deutlich effizienter und bietet zudem die Möglichkeit, patientenindividuelle Werte, die durch eine Funktionsanalyse ermittelt wurden, im volljustierbaren virtuellen Artikulator einzustellen. Dieser Beitrag zeigt schrittweise die Konstruktion einer Michigan-Schiene mit dem Zirkonzahn-Modul.

Indizes

CAD/CAM, Michigan-Schiene, Äquilibrierungsschiene, adjustierter Aufbissbehelf, digitaler Workflow



Abb. 1 Artikulierte Modelle im volljustierbarem SAM 3 (Sam Präzisionstechnik, Gauting), ein Artikulator mit justierbarem Frontzahnführungsteller.

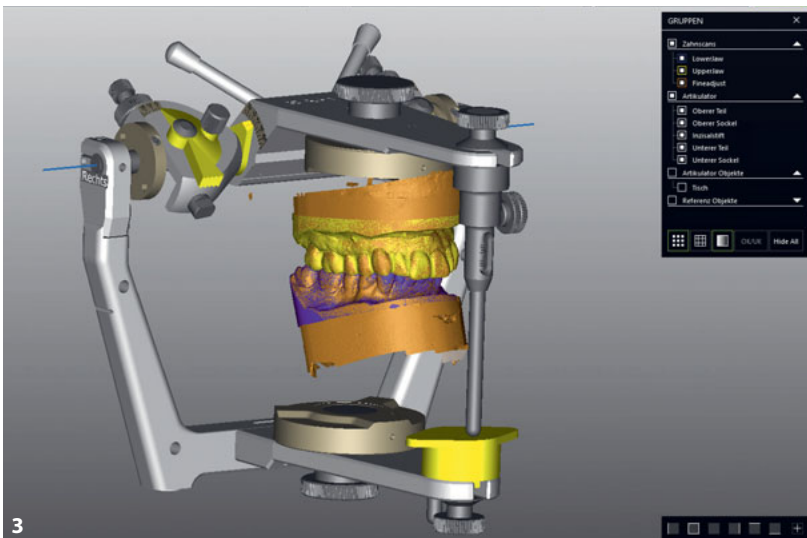
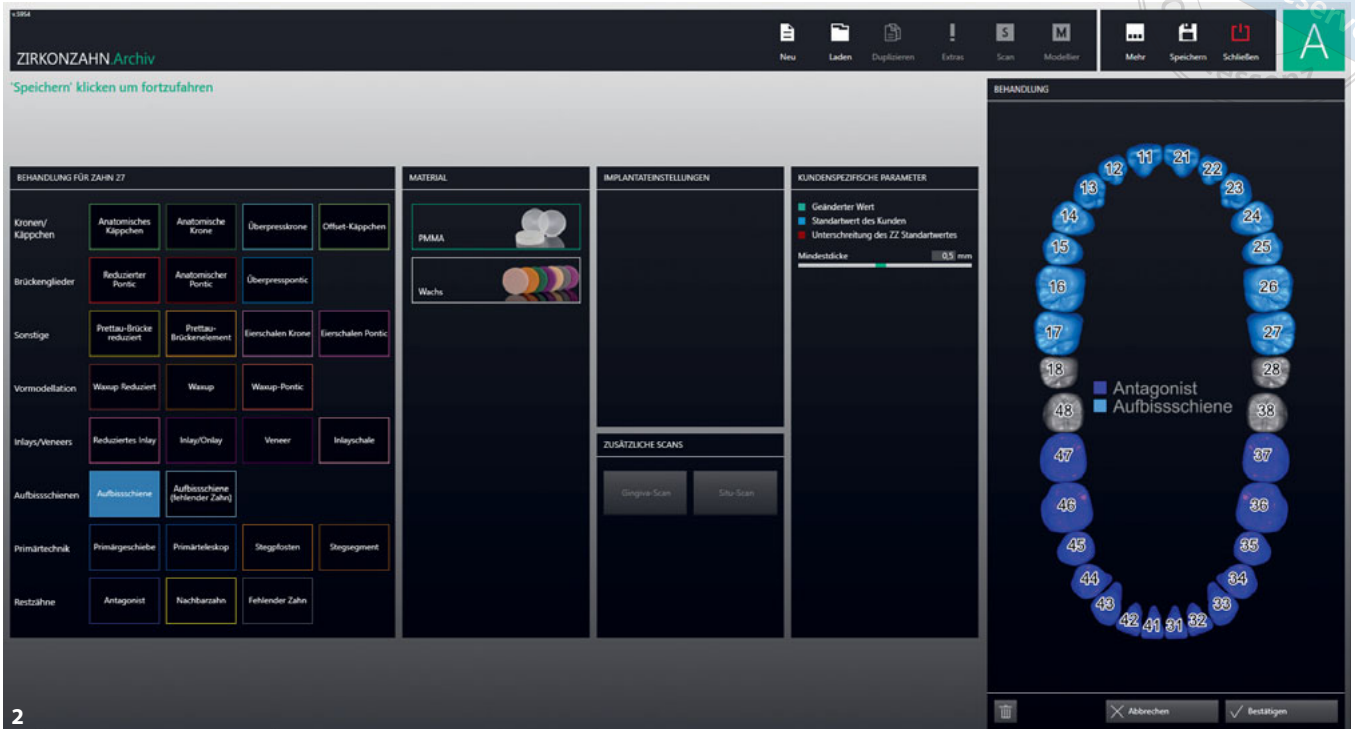


Abb. 2 Anlegen eines neuen Patientenfalls im Zirkonzahn-Archiv (Zirkonzahn, Gais, Italien). **Abb. 3** Übertragen der Situation in den virtuellen Artikulator mittels „Artikulator Fine Ajustment“.

Wie bei der analogen Vorgehensweise zur Herstellung einer Aufbisschiene, muss zuerst die Einschubrichtung des Modells und somit der prothetische Äquator ermittelt werden. Hierbei ist zu beachten, dass Frontzähne mit

großer vestibulärer Fläche und sich nach zervikal stark verjüngender Form sowie Zahnstellungsanomalien große Unterschnitte bilden. Die Software bietet zwar die Möglichkeit, Unterschnitte auszublocken, es hat sich jedoch bewährt,

in solchen Fällen bereits vor dem Scannen entsprechende Bereiche mit scanfähigem Wachs aufzufüllen. Die Friktion lässt sich somit noch feiner einstellen und eine zeitaufwändige Nacharbeitung bleibt erspart.

Nachdem die Einschubrichtung ermittelt worden war, ließen sich an der linken Menüleiste die Parameter für die Schienenunterseite definieren. Die Werte, die in diesem Schritt festgelegt werden, in Verbindung mit der im Anschluss folgenden Schienenrandgestaltung, sind ausschlaggebend für den Halt und die Friktion der fertigen Schiene im Mund des Patienten. Je nach Patientensituation können unter anderem Parameter für den Abstand vom Modell zur Schieneninnenseite, Unterschnitte, die die Abzugskräfte steuern, und die Mindestdicke reguliert werden. Bei letzterer sind die spezifischen Materialeigenschaften des verwendeten Kunststoffes zu beachten. In diesem Fall waren es 0,5 mm (Abb. 4).

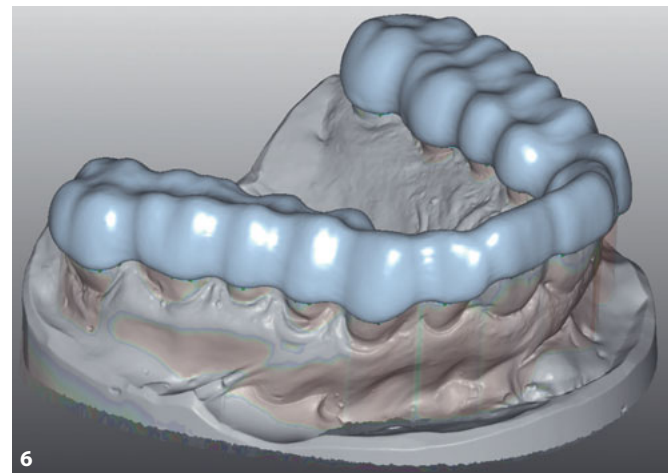
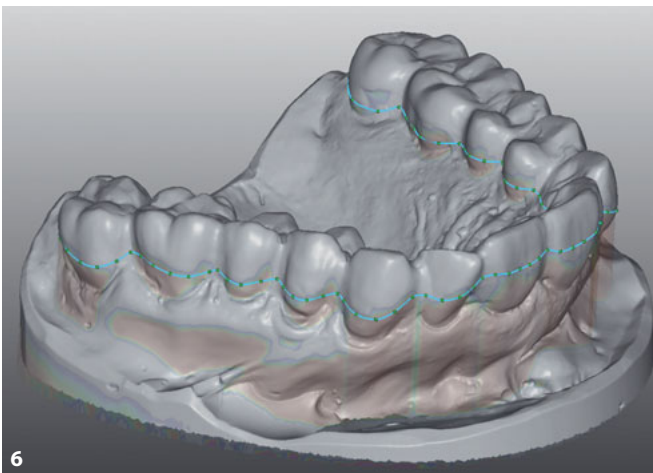
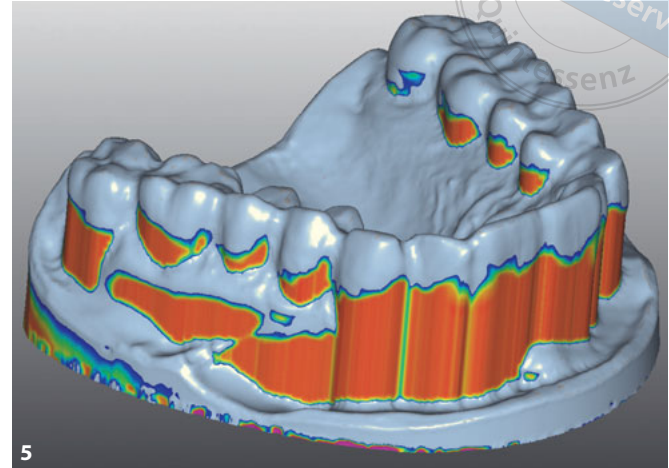
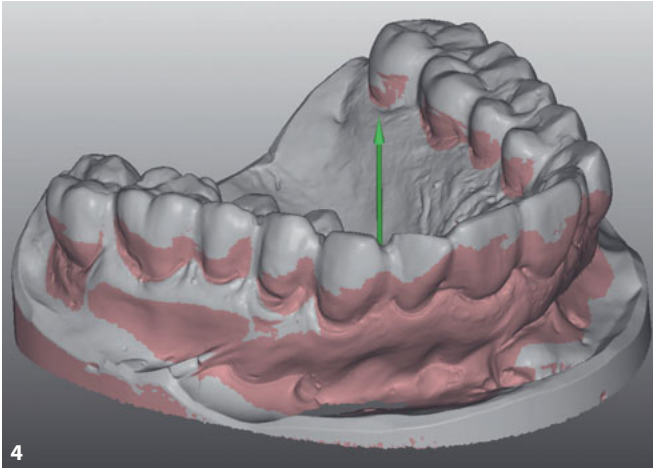


Abb. 4 Einstellen der Parameter für die Gestaltung der Schienenunterseite. **Abb. 5** Anpassen der Schienenunterseite mithilfe von Freiformwerkzeugen. **Abb. 6** Gestalten des Schienenrandes und Festlegen der Oberflächeneigenschaften. **Abb. 7** Erzeugte Schienenoberseite.

Nachdem die Software die Schienenunterseite unter Berücksichtigung der festgelegten Parameter erstellt hat, lassen sich mit Freiformwerkzeugen zusätzlich Unterschnitte individuell anpassen. Dabei wird der Grad des Unterschnitts farblich dargestellt und durch eine Farbskala angezeigt (Abb. 5)

Die Schienenrandgestaltung orientiert sich wie bei der analogen Herstellung am prothetischen Äquator. Durch Klicken der linken Maustaste lassen sich Punkte setzen, die durch eine Verbindung die Begrenzungslinie der Schiene bilden. Hierbei ist auf einen harmoni-

schon Verlauf zu achten. Je nach Grad des Unterschnitts befindet sich die Begrenzung ca. 1 mm unterhalb des Äquators.

In diesem Fall bildeten die Frontzähne eine Ausnahme. Dort befand sich der vestibuläre Schienenrand auf oder knapp oberhalb des farblich markierten Unterschnitts und fasste nur ca. $\frac{1}{3}$ des Zahnes. Somit wurden eine zu starke Klemmwirkung und ein einseitiger Bewegungsspielraum beim Eingliedern der Schiene vermieden.

Die Eigenschaften für die Gestaltung der Schienenoberseite wurden in diesem Arbeitsschritt ebenfalls festge-

legt. Die Werte für die okklusale Dicke und der Glättungsfaktor wurden auf den Standardeinstellungen belassen. Lediglich die periphere Dicke, die den äußeren seitlichen Materialauftrag definiert, wurde um den Wert 1,4 mm korrigiert. Dieser Wert hat sich in Kombination mit dem verwendeten Polymethylmethacrylat als eine grazile und stabile Ausföhrung bewährt (Abb. 6). Mit diesen Einstellungen erzeugte die Software die Schiene (Abb. 7). Bis jetzt wurde der Benutzer durch die Softwareassistent Wizard unterstützt und durch die einzelnen Arbeitsschritte geföhrt.



Durch Klicken auf den Pfeil in der linken oberen Menüleiste gelangt man in das Mastermenü. Hier kann der Anwender individuell zwischen den einzelnen Arbeitsschritten wechseln. Bevor die statische und dynamische Okklusion zum Tragen kommt, muss der virtuelle Artikulator mit den patientenindividuellen Winkelwerten programmiert werden.

Bei diesem Patientenfall wurde keine Achsio-, Roto-, und oder Pantografie zur Auswahl patientenkonformer kondylärer Führungselemente durchgeführt. Dies setzt einen deutlich höheren Registrierungsaufwand am Patienten voraus.

Um den Kondylenbahnneigungswinkel, Bennetwinkel und Winkel für den Frontzahnführungsteller in sagittaler und transversaler Neigung zu bestimmen, mussten im Vorfeld exzentrische Posi-

onsregistrare angefertigt werden. Die anschließende Programmierung wurde an einem volljustierbaren SAM 3 Artikulator mit justierbarem Frontzahnführungsteller durchgeführt. Die dadurch erhaltenen Werte konnten nun in den gleichartigen virtuellen Artikulator übernommen werden (Abb. 8).

Durch schrittweises Sperren des Inzisalstiftes im virtuellen Artikulator konnte die vertikale Höhe ermittelt werden. Ganz nach dem Motto „so wenig wie möglich, so viel wie nötig“ wurde unter Berücksichtigung der Mindeststärke von 0,5 mm der Minimalabstand der beiden Gipsmodelle zueinander bemessen. Hierzu wurde in den Gruppen die Mindestdicke der Aufbisschienen eingeblendet. Nun konnten die Bewegungen simuliert werden und die Bewegungsbahnen wurden gespeichert.

Da nun die vertikale Höhe eingestellt wurde, konnte die Schiene an den Antagonisten angepasst werden. Um die Oberfläche zunächst dem Antagonisten anzunähern und gleichmäßige Durchdringungen zu schaffen, sollte der Seitenzahnbereich geglättet werden. Durch einen Rechtsklick im Master-Menü gelangt man wieder zum Arbeitsschritt für die Gestaltung der Schienenoberseite. Im Tab „Seitenzahnbereich ebnen“ konnte die Impressionstiefe des Antagonisten eingestellt werden.

Die Michigan-Schiene zeichnet sich durch ein flaches Plateau im Seitenzahnbereich aus, mit einem Okklusionsfeld von ca. 0,5 mm x 0,5 mm. Um möglicherweise entstehende Führungsflächen im (SZB) in Vorfeld zu vermeiden, wurde der Wert für die Eindrucktiefe auf 0,5 mm reduziert (Abb. 9).

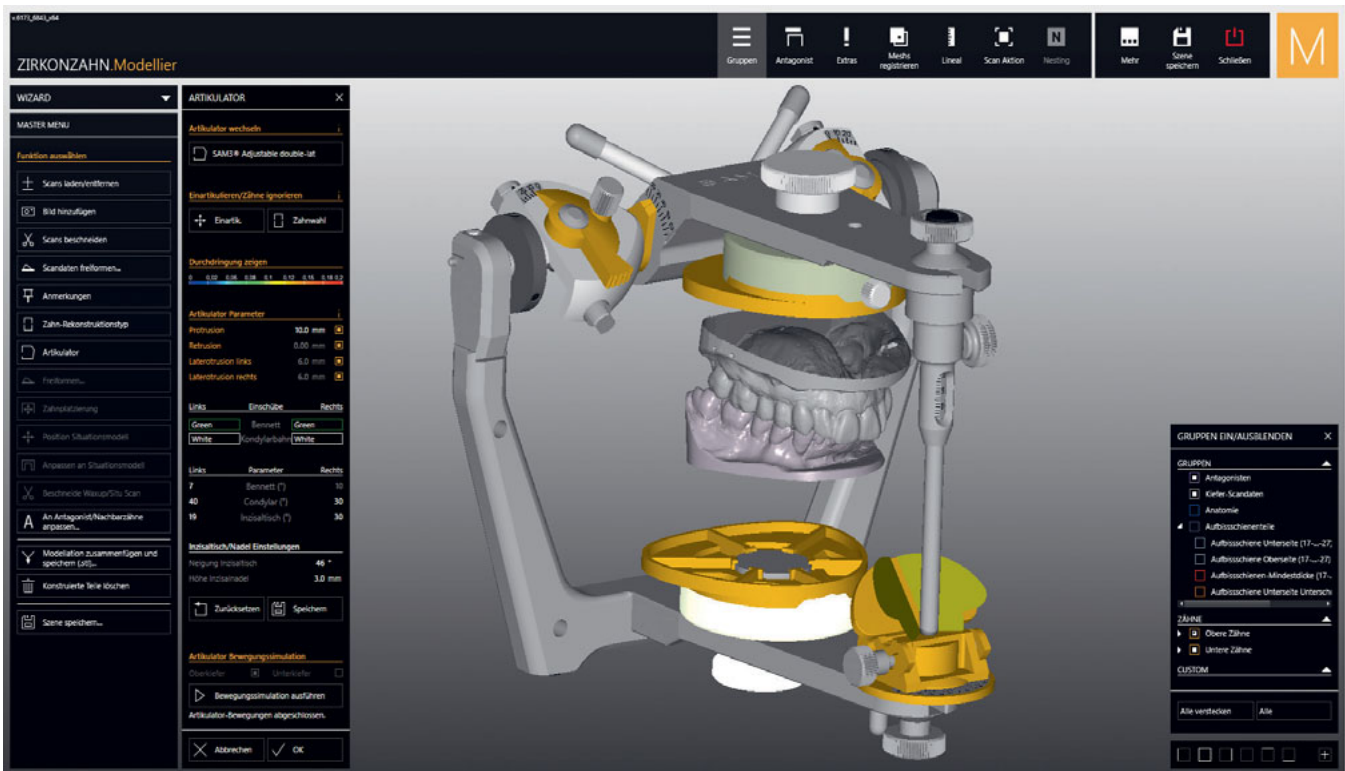


Abb. 8 Übertragen der patientenspezifischen Winkelwerte in den virtuellen Artikulator.

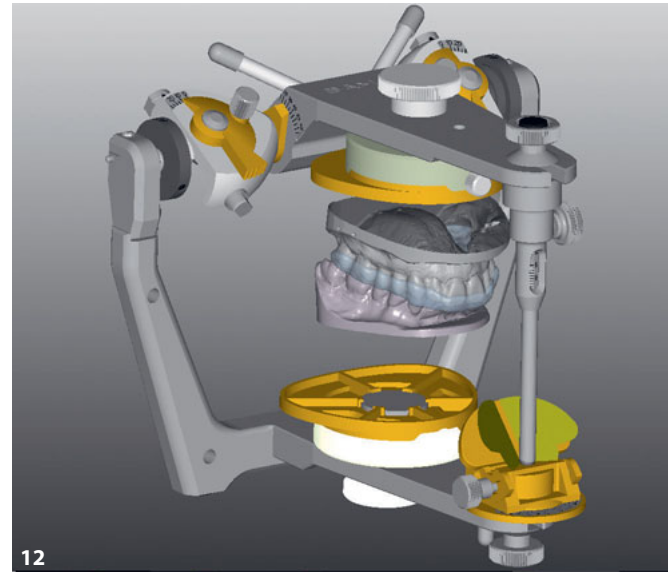
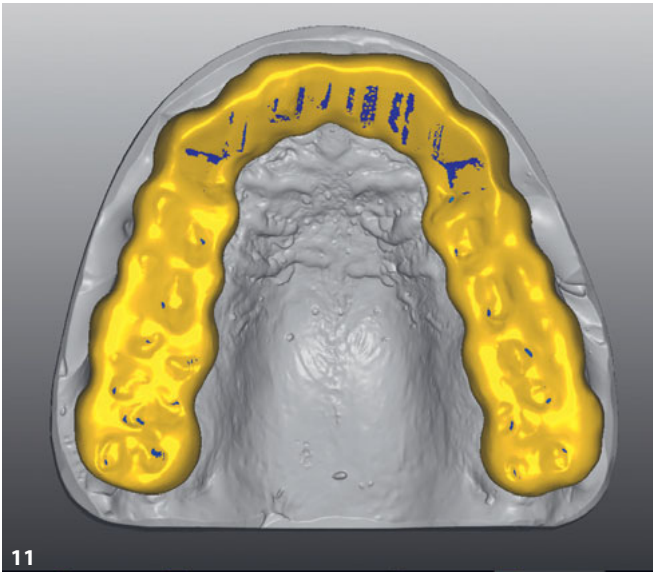
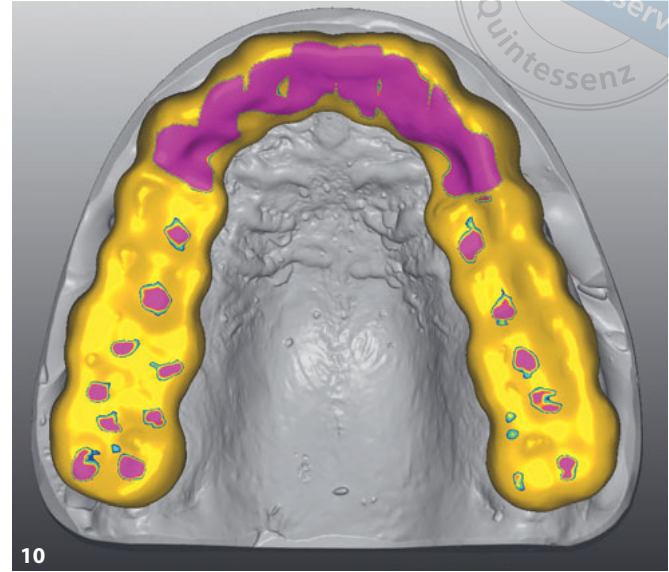
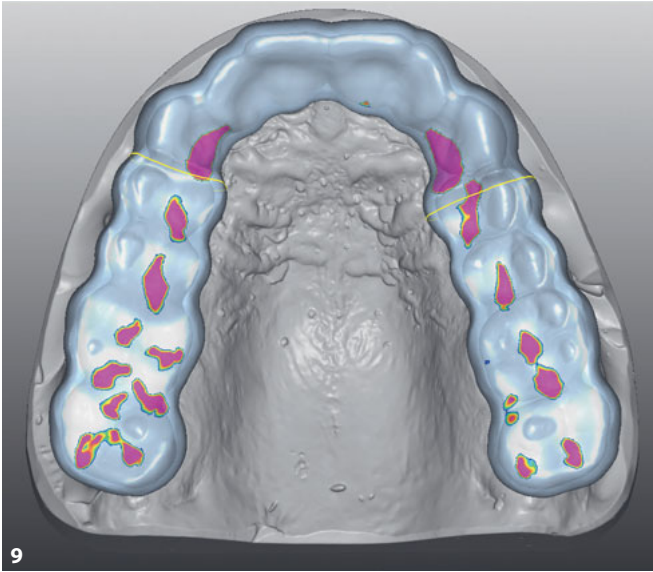


Abb. 9 Glätten des Seitenzahnbereichs, um die gleichmäßigen Durchdringungen an den Antagonisten anzunähern. **Abb. 10** Individualisieren der Schienenoberseite mit Freiformwerkzeugen. **Abb. 11** Anpassen der Schienenoberseite an den Antagonisten. **Abb. 12** Kontrolle der Bewegungssimulationen im virtuellen Artikulator.

Im Anschluss daran konnten mithilfe des Freiformwerkzeugs die Oberfläche individualisiert, fehlende oder zu starke Durchdringungen angepasst und zusätzliches Material für die Front-Eckzahnführung aufgetragen werden. Alle Spitzen der anatomisch tragenden Höcker sollten hierbei einbezogen werden. Am oberen Rand der Menüleiste findet sich der

Tab „Antagonist“. Hiermit können nicht nur die Durchdringungen des Antagonisten durch farbliche Markierungen angezeigt, sondern auch die Artikulatorbewegungen visuell sichtbar gemacht werden (Abb. 10).
 Im gleichen Arbeitsschritt wird nun unter dem Tab „Antagonist“ die statische und dynamische Okklusion an die Schie-

nenoberseite angepasst. Durch eine Veränderung der Skalierung kann die farbliche Markierung des Antagonisten auch für minimale Kontaktpunkte sichtbar gemacht werden. Die Artikulatorbewegungen wurden abgefahren und es wurde kontrolliert, dass schon bei geringer Lateralbewegung alle Seitenzähne disklu- dieren (Abb. 11 und 12). Die Führungsflä-

chen der Front-Eckzahnführung sollten unbedingt linienförmig und nicht unterbrochen verlaufen.

Wenn im Vorfeld keine Funktionsanalyse durchgeführt wurde und rein mit Mittelwerten gearbeitet wird, können in diesem Arbeitsschritt durchaus Probleme bei der Ausführung der Artikulatorbewegungen auftreten und ungewollte Durchdringungen der Modelle entstehen. In diesem Fall müssen die Winkelwerte des virtuellen Artikulators angepasst werden.¹⁻⁴

Im letzten Arbeitsschritt wird man durch das Klicken auf den Pfeil zurück in die Softwareassistenten Wizard geführt und die Einzelmodellationen werden automatisch zusammengefügt (Abb. 13 und 14). Die fertige Schiene wurde anschließend in die Warteschlange der Nestingsoftware positioniert, dann gefräßt, ausgearbeitet und im Mund des Patienten überprüft hinsichtlich Passung, Okklusion und Führung (Abb. 15 bis 17).

Literatur

1. Ahlers MO. Restaurative Zahnheilkunde mit dem Artex-System. Einsatz von Gesichtsbogen, Kieferrelationsbestimmung und Artikulator zur individualisierten Therapie. *DentaConcept* 1996;4:55–106.
2. Asselmeyer T, Schwestka-Polly R. Okklusionsschienen: Indikation, Klassifikation und Herstellung. *ZMK* 2015;31:30–47.
3. Baltzer A, Hohermuth C, Kaufmann V. Die digitale Michigan-Schiene. Vorgehen in Klinik und Labor. *Quintessenz Zahntechnik* 2017;43:132–142.
4. Dedem P, Türp JC. Digital Michigan splint – from intraoral scanning to plasterless manufacturing. *Int J Comput Dent*. 2016;19:63–76.

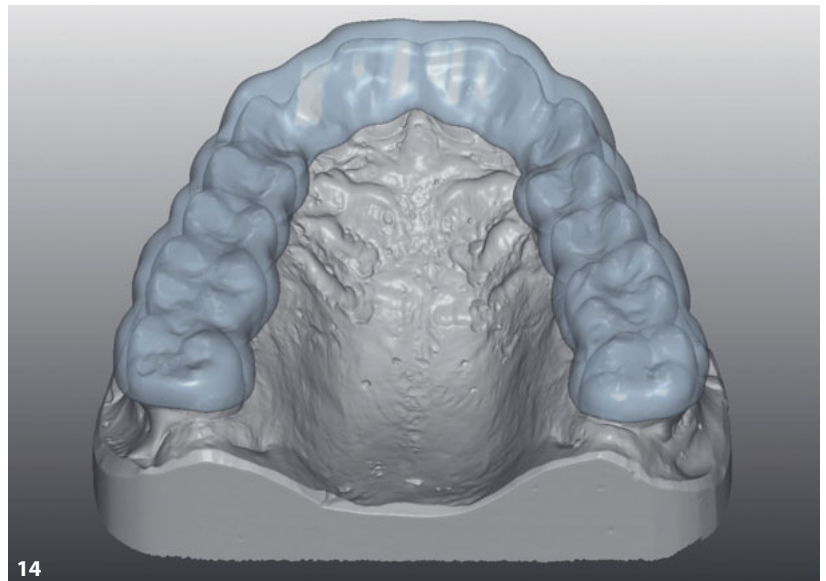
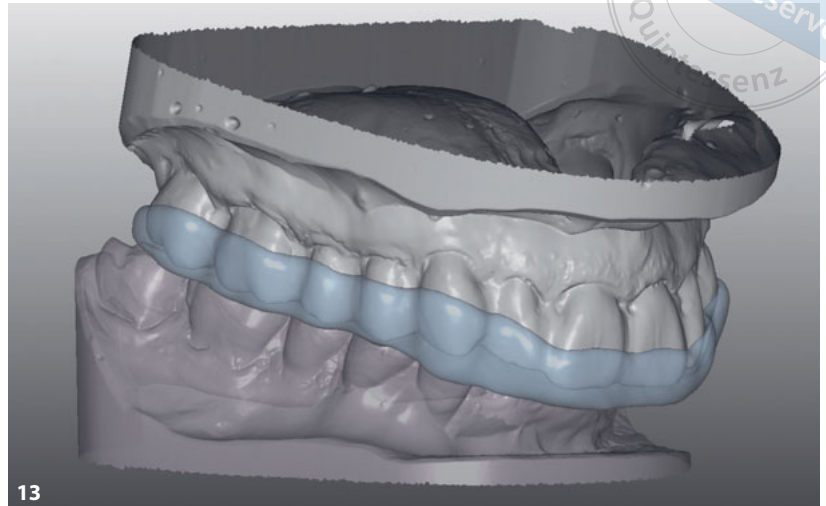


Abb. 13 Zusammengefügte Modellation der Michigan-Schiene. **Abb. 14** Okklusale Sicht auf die Schiene. **Abb. 15** Frontalansicht der fertigen Michigan-Schiene im Mund des Patienten.



Abb. 16 und 17 Vestibuläre Ansichten der Michigan-Schiene im Patientenmund.



ZT Felix Bußmeier
Marktplatz 1
48268 Greven
E-Mail: felixbussmeier@web.de