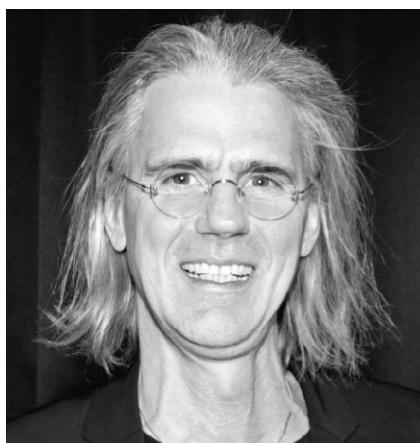
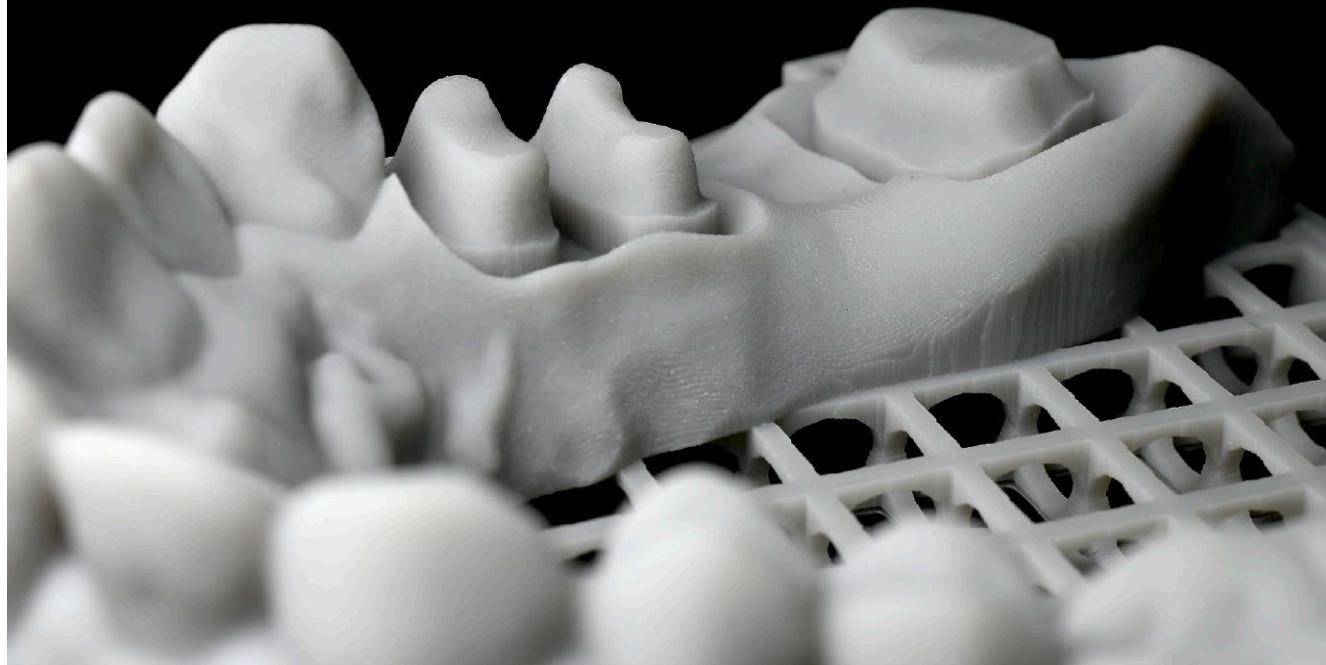


„Das Meistermodell stirbt, es lebe das Meistermodell“



Autor

ZTM Ralph Riquier

r2dental

CAD/CAM Beratung/Projektarbeit

Niemandsberg 77

75196 Remchingen

Mail riquier@r2dental.de

✉ www.r2dental.de

Die Frage, ob ein 3D-gedrucktes Modell als Meistermodell einsetzbar ist, erübrigt sich, wenn digital abgeformt wurde. Es besteht schlichtweg keine Alternative. Natürlich können auch Restaurationen präzise und in hoher Qualität modelllos hergestellt werden. Allerdings reduziert sich die Funktion eines Meistermodells ja nicht nur auf die Prüfung der Randpassung. Einem Meistermodell stehen in der täglichen Praxis ja viel mehr Funktionen zu. Diese sind: Kontrollfunktion zwischen verschiedenen Abteilungen, Fehleranalyse einzelner Arbeitsschritte und Kommunikationsmittel innerhalb des Labors aber auch zur Zahnarztpraxis. Das einartikulierte Meistermodell ist für den Zahnarzt die einzige Möglichkeit der Qualitätsprüfung vor dem Patiententermin. Ebenso kann er nur darüber seine gewünschte Qualität definieren und mit dem Labor abstimmen.

Durch die steigende Zahl von IOS-Scans (intraoral Scans) wird künftig die digitale Modellherstellung im Labor keine Randerscheinung mehr sein, sondern in eine tägliche Routi-

ne-Produktion übergehen. Die Herstellung kann zeitgleich mit der Konstruktion der Gerüste erfolgen. Aus Zeit- und Kostenersparnis ist es bei diesem Ablauf sinnvoll die Konstruk-

tion der Modelle separat in der Arbeitsvorbereitung (Gipsabteilung) mit dem dort vorhandenen Personal zu tätigen. Die digital erstellten Modelle können nach der Herstellung dann auch direkt einartikuliert werden und anschließend mit den gefrästen Gerüsten komplettiert zur Weiterverarbeitung gehen (Abb. 1). Dieser gleichzeitige Ablauf von Modellherstellung und CAD-Konstruktion verringert die üblichen Verfahrenszeiten.

Modell-System

Um schnell und unkompliziert Modelle aus IOS-Daten in der Arbeitsvorbereitung zu erstellen eignen sich Stand-Alone-Softwareprogramme. Häufig werden aber Modelltypen gewählt, die für den präzisen 3D-Druck mehr als ungünstig sind (Abb. 2). Ein effizientes digitales Modellkonzept sollte mehr liefern. Es sollte zum einen CAD-Modelle erzeugen, die auch präzise und verlässlich im Herstellungsprozess umsetzbar sind und zum anderen den analogen Arbeitsablauf bis zur Artikulation berücksichtigen. Bei der Fix-it-Erik (r2 dei ex machina, Remchingen) Modellsoftware bedeutet dies:

- Das Modell wird als Gesamtmodell mit festen Stümpfen gedruckt. Dies reduziert Fehlerquellen, denen herausnehmbare Stümpfe im 3D-Druck unterliegen.
- Gingiva-Anteile können zum Freilegen der Präparationsgrenze individuell reduziert werden.
- Einzelstümpfe werden automatisch als „Arbeitsstümpfe“ separat ausgegeben.
- Individualisierbare Sockelplatten mit unterschiedlichen Split-Cast- und Magnetgeometrien können angesetzt werden.
- Speziell für den 3D-Druck entwickelte Wabenstruktur der Sockel-

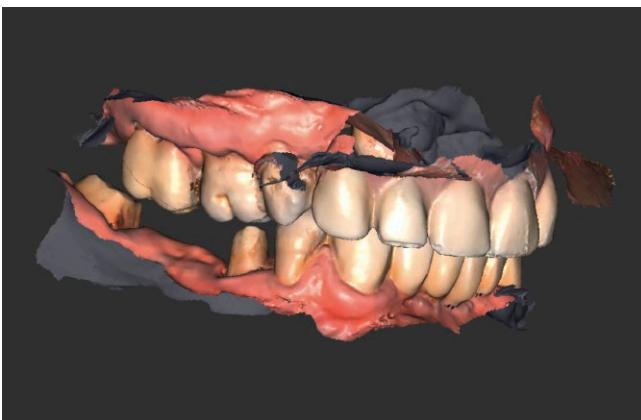


1 Digitale Modellherstellung direkt in der Arbeitsvorbereitung/ Gipsabteilung

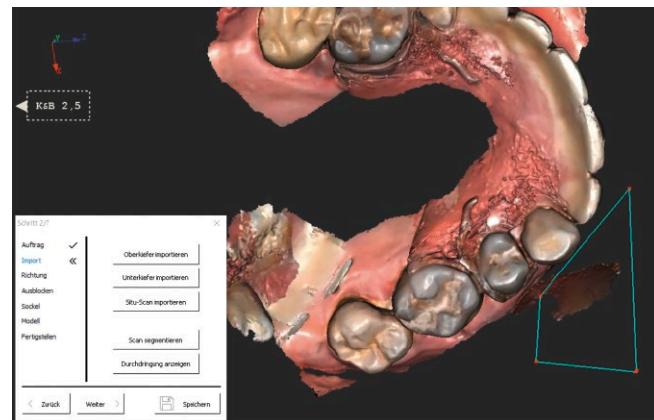


2 Modellsysteme sollten auf das Herstellverfahren abgestimmt sein

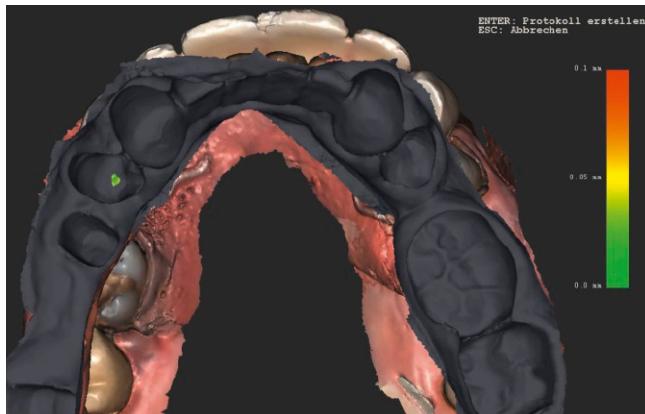
- platten reduziert die Polymerisationsschrumpfung (Verzüge) und den Materialeinsatz.
- Präzise Fixierstifte aus Metall verschlüsseln die Okklusion und sind unabhängig von der Druckqualität.
- Okklusionsprotokoll als PDF beschreibt vorhandene Frühkontakte.



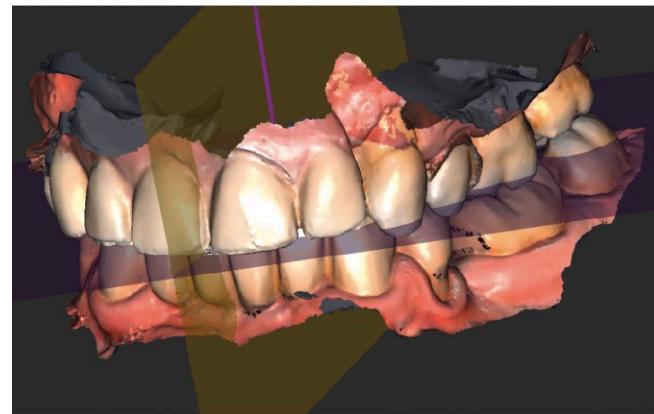
3 Einladen der IOS-Scans mit automatischer „Reparatur“



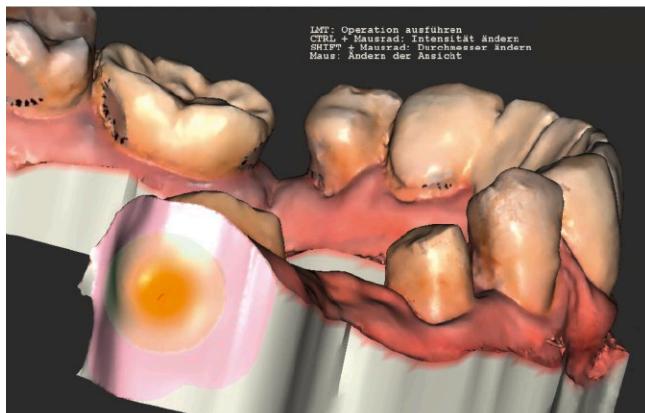
4 Einfaches Beseitigen von Scan-Artefakten



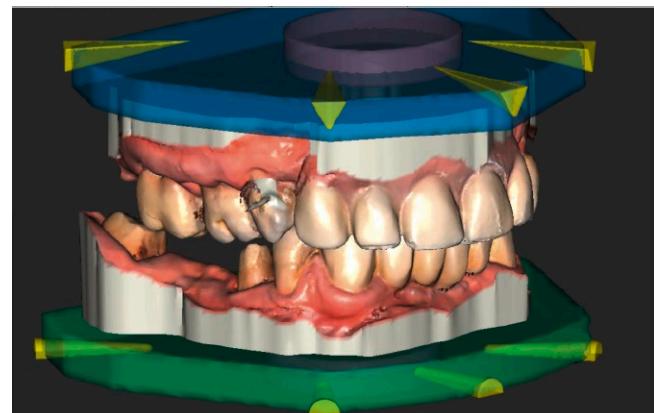
5 Das Durchdringungsprotokoll zeigt Frühkontakte



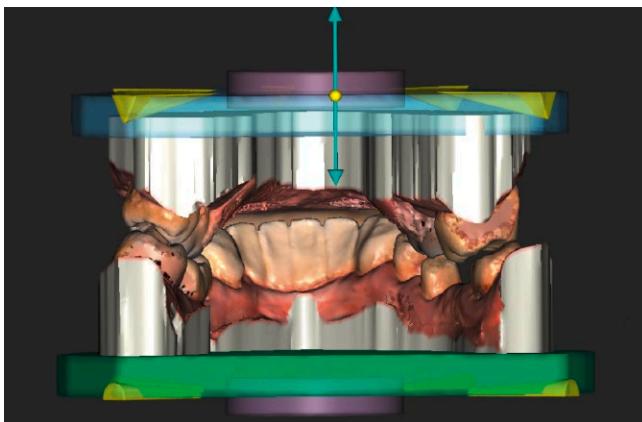
6 Okklusions- und Medianebene definieren die Lage der Sockelplatten



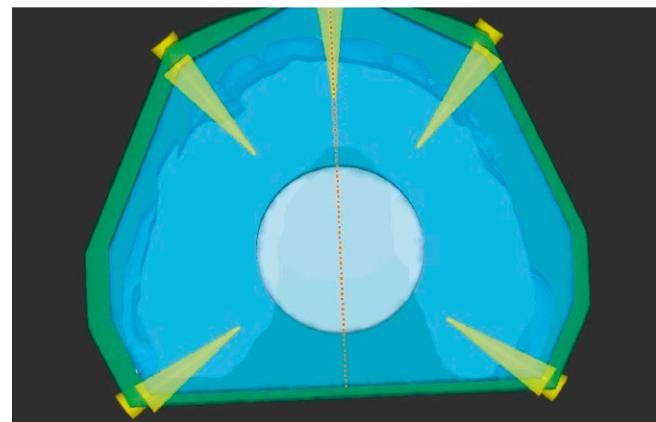
7 Freies Auftragen an zu kurzen Scanbereichen



8 Auswahl der Form der Sockelplatten sowie Split-Cast- und Magnetgeometrie



9 Die Höhenlage der Sockelplatte beschneidet automatisch den Kieferscan



10 Die Magnetplatte lässt sich entlang der Medianebene positionieren

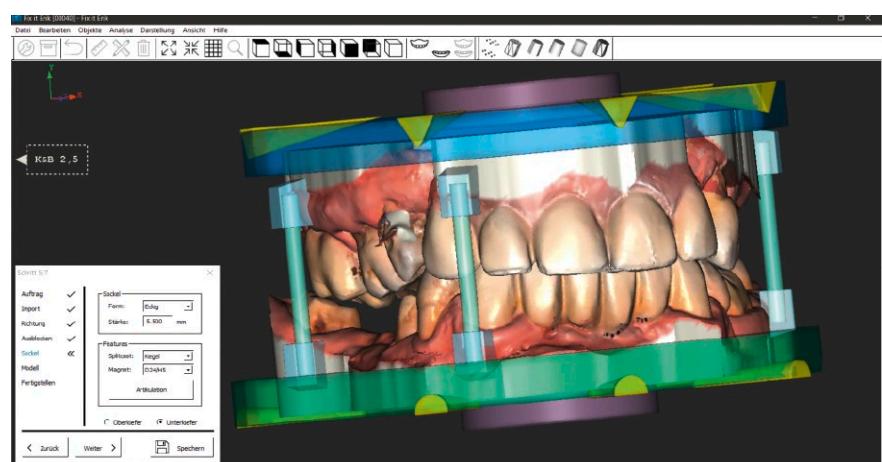
Ablauf in der Gipsabteilung – CAD-Konstruktion Modelldesign

Zuerst werden die IOS-Scan-Daten in die Software geladen (Abb. 3). Eine „Reparatur-Funktion prüft die Eingangsdaten auf Netzfehler und säubert diese automatisch. Die Zuschnidefunktion ermöglicht es zusätzlich Scan-Artefakte einfach zu beseitigen (Abb. 4). Durch den Button „Durchdringungen anzeigen“ lässt sich die statische Okklusion prüfen und als Okklusionsprotokoll in PDF-Form speichern (Abb. 5). Dies kann als Einschleifprotokoll dienen. Durch Anlegen der Okklusionsebene und Medianebene wird die Ausrichtung der Zahnkränze zum Modellsessel festgelegt (Abb. 6). Bei Bedarf können zusätzliche Ausblockungen oder Verstärkungen/Verlängerungen am IOS-Datensatz angetragen werden (Abb. 7). Ebenso können bereits konstruierte CAD-Restaurierungen zum Erstellen von Mock-up-Modellen zugeladen werden.

Im nächsten Schritt lassen sich die gewünschte Sockelform sowie die Stärke der Sockelplatte eingeben (Abb. 8). Die Lage und Höhe am Zahnkranz lässt sich feinjustieren (Abb. 9). Durchdringt der IOS-Scan die Sockelplatte, wird der Scan automatisch beschnitten. Ist die Sockelplatte vom Zahnkranz entfernt, wird dieser automatisch verlängert. Über das Mausrad ist ebenso ein Skalieren in X- oder Y-Ausdehnung möglich. Verschiedene Split-Cast- sowie Magnetplatten-Geometrien stehen zur Auswahl. Die Lage der Magnetplatten lässt sich entlang der Medianebene verschieben (Abb. 10). Um den Biss zu verschlüsseln, können korrespondierende Haltegeometrien am OK und UK angebracht werden. Diese sind in unterschiedlichen Höhen definiert (Abb. 11). Dieser Abstand ent-

kranz lässt sich feinjustieren (Abb. 9). Durchdringt der IOS-Scan die Sockelplatte, wird der Scan automatisch beschnitten. Ist die Sockelplatte vom Zahnkranz entfernt, wird dieser automatisch verlängert. Über das Mausrad ist ebenso ein Skalieren in X- oder Y-Ausdehnung möglich. Verschiedene Split-Cast- sowie Magnetplatten-Geometrien stehen zur Auswahl. Die Lage der Magnetplatten lässt sich entlang der Medianebene verschieben (Abb. 10). Um den Biss zu verschlüsseln, können korrespondierende Haltegeometrien am OK und UK angebracht werden. Diese sind in unterschiedlichen Höhen definiert (Abb. 11). Dieser Abstand ent-

11 Anlegen der zueinander definierten Artikulationsgeometrien

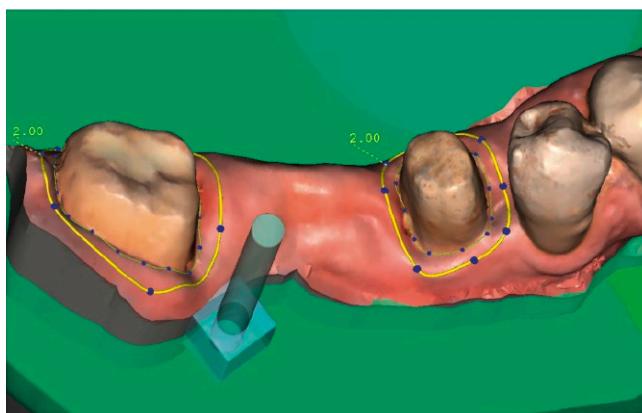




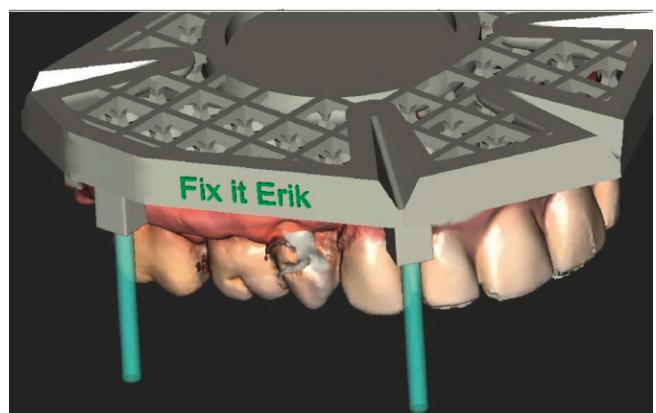
12 Nach dem 3D-Druck werden die Fixierstifte zum verschlüsseln der Okklusion eingesetzt

spricht dem von präzise gefertigten Fixierstiften. Die Metallstife werden nach dem 3D-Druck in die Haltegeometrien eingeschoben und ermöglichen so eine präzise Verschlüsselung ohne Passungsungenauigkeiten durch den Druck zu unterliegen (Abb. **12**).

Der vorletzte Arbeitsschritt beinhaltet die Auswahl des Modelltyps. Möglichkeiten sind: als Vollmodell oder als ausgehöhlter Zahnkranz. Der ausgehöhlte Zahnkranz kann zusätzlich mit einer Wabenstruktur versehen werden. Zum Freilegen der Präparationsgrenze lässt sich der Sulkusbereich mit einem Spline definie-



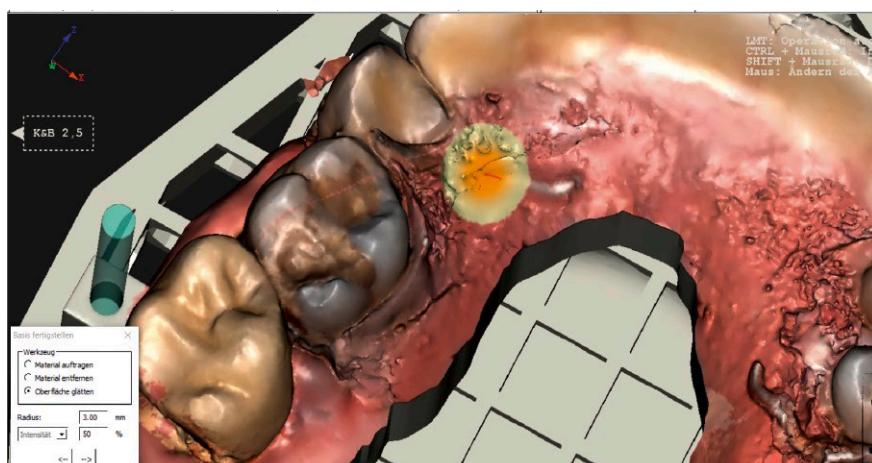
13 Definition des Sulkusbereiches und der Freilegung an der Gingiva



14 Eingravieren des Patientennamens

ren sowie Gingivabereiche am Modell einzeichnen (Abb. **13**).

Zum Abschluss können nun noch Modifikationen am Komplettmodell, wie Löcher stanzen oder Namen gravieren, durchgeführt werden (Abb. **14**). Es ist möglich, das gesamte Modell mit Freiformwerkzeugen wie glätten/auftragen/abtragen zu überarbeiten. So können „Verrauschungen“ im IOS-Scan einfach geglättet/ beseitigt werden (Abb. **15**). Neben den Modellen werden die reduzierten Gingivabereiche sowie alle markierten Stümpf-



15 Freies Glätten/Auftragen/Abtragen auf dem gesamten Modell möglich

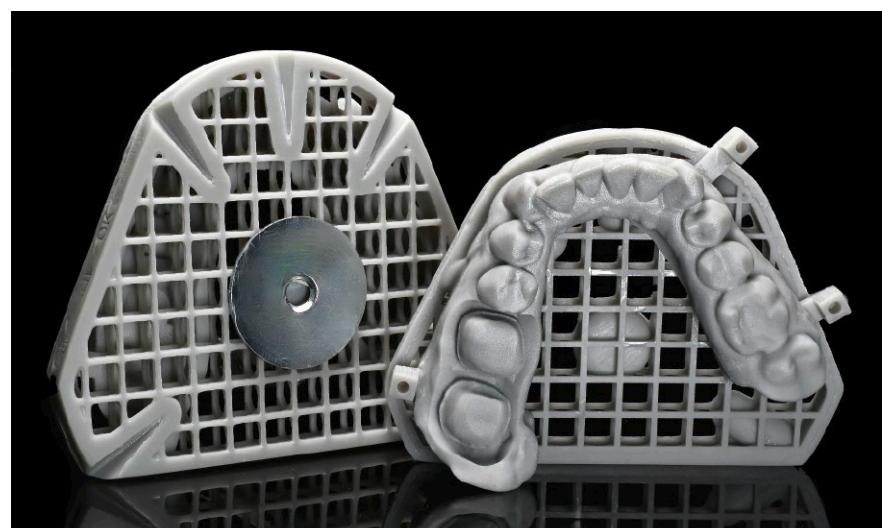
fe als Einzelstümpfe ausgegeben (Abb. 16).

Analoge Arbeitsschritte

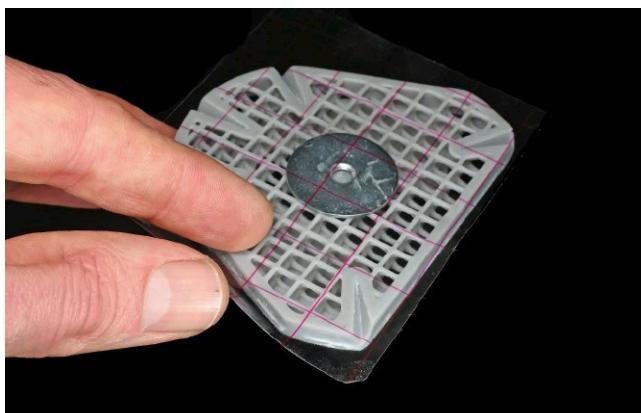
Die Modelle können bei den meisten 3D-Druckern ohne Stützen direkt auf der Bauplattform positioniert werden. Durch die offene Wabenstruktur verringert sich das Risiko des Verzugs durch Adhäsionskräfte (Abb. 17). Das zusätzliche Anlegen von „Drainholes“ ist nicht notwendig. Nach dem 3D-Druck und dem Säubern sowie Endhärten ist es sinnvoll die Sockelplatte von basal mit einem feinen Schmirgelpapier plan abzuziehen. Im Anschluss wird die Magnetplatte eingeklebt und eine Klebefolie aufgelegt (Abb. 18). Die Folie wird an den Split-Cast Retentionen freigeschnitten und der Magnet aufgesetzt (Abb. 19). Zum Erstellen der Konterplatte empfiehlt sich Hartgips. Nach dem Aushärten lassen sich Modell und Konterplatte einfach an der Folie trennen (Abb. 20). Die Auflagefläche der Gips-Konterplatte befindet sich so nur an den Split-Cast Retensionen. Alle planen Sockelbereiche haben zueinander einen Abstand in Folienstärke. So reduziert sich die Gefahr eines Schaukelns der Modelle während der weiteren Restaurierungserstellung.



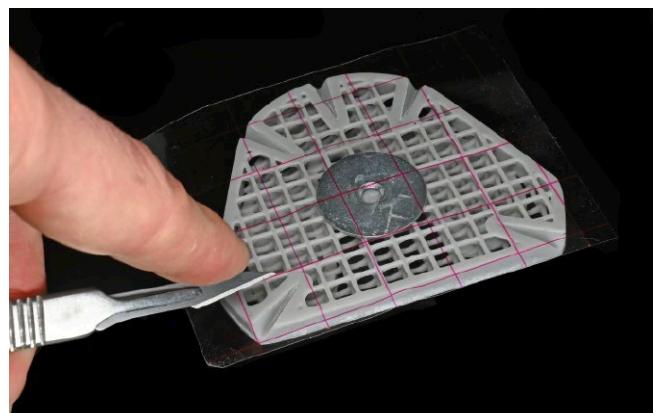
16 Als STL-Daten werden die Modelle, die Arbeitsstümpfe und die reduzierte Gingiva erstellt



17 Die Wabenstruktur reduziert Verzüge und den benötigten Materialeinsatz



18 Auflegen der Klebefolie



19 Freischneiden der Split-Cast Retentionen



20 Trennen der Konterplatte aus Gips



21 Verschlüsseln der Bisslage mit präzise gefertigten Fixierstiften aus Metall



22 Die Modellherstellung bleibt ein essenzieller Bestandteil der zahntechnischen Fertigung

Zum Fixieren der Okklusion werden nun die Passstifte aus Metall in der entsprechenden Länge in die Haltegeometrien eingeschoben. So erfolgt eine präzise Verschlüsselung (Abb. **21**). Die Justage im Artikulator mit Artikulationsgips ist der letzte analoge Arbeitsschritt.

Zusammenfassung

Trotz der fortschreitenden Digitalisierung werden Meistermodelle noch geraume Zeit unseren Alltag prägen. Sie sind wichtiges Kontroll- und Kommunikationsmittel innerhalb des Labors aber auch zur Zahnarztpraxis. Ein digitales Modellsystem sollte neben der digitalen CAD-Umsetzung auch die eingesetzte Herstellungstechnik wie zum Beispiel den 3D-Druck und dessen Limitationen berücksichtigen. Denn nur das, was auch verlässlich, präzise hergestellt werden kann, macht im täglichen Einsatz Sinn. Hierbei müssen technologiebedingte Fehlerquellen umgangen werden. Ebenso müssen benötigte analoge Arbeitsschritte bestmöglich unterstützt werden um manuelle Arbeitszeiten zu reduzieren (Abb. **22**). Die Arbeitsvorbereitung ist keine computerfreie Zone mehr. Somit sollten digitale Modellkonzepte auch dieser Entwicklung Rechnung tragen und einen variablen Einsatz direkt in dieser Abteilung mit dem dort angestellten Personal ermöglichen. ■