

# Digitaler Workflow und menschliche Leistung

Der Drucker Carbon M3 in der täglichen Anwendung oder: Viel hilft viel

HANS-JÜRGEN JOIT



## Einleitung

Die Anforderungen an dentale Produktionsabläufe wurden und werden stetig verändert und angepasst, doch in den letzten Jahren ist die Entwicklung rasant. Was braucht man wirklich? Welche Gerätschaften erleichtern das Zahntechnikerleben und welche Gerätschaften helfen uns, unsere modernen Kunden zu bedienen? Welche Geräte leisten beides?

Vielfalt und flexible Einsatzgebiete sind Bereiche, in denen Technik punkten kann. Aus unternehmerischer Sicht geht es jedoch häufig um die pure Leistung. Leistung im Sinne von Produktionsmenge und -zeit, gepaart mit Prozesssicherheit und Qualität.

Der Carbon M3 der Fa. Carbon Technologies (Neu-Isenburg) ist eines der Herzstücke der Zahntechnik Düsseldorf, der aufgrund seiner industriellen Leistungsfähigkeit sämtliche Druckmodelle

und Aufbisschienen fertigt und dabei noch lange nicht an die Grenzen seiner Auslastung gerät.

2019 wurde der erste Carbon Printer, das Modell M2 (Abb. 1), in den Räumen der Zahntechnik Düsseldorf installiert. Im Vergleich zu den damals wie heute in Dentallaboren üblicherweise vertretenen Druckern, mutet er deutlich mehr wie eine industrielle Produktionsmaschine an, denn wie ein Spielzeug. Der im dentalen Vergleich relativ hochpreisige Carbon Printer wirft vor der Anschaffung natürlich die Frage auf: Lohnt sich das? Die Antwort lautet im Falle der Zahntechnik Düsseldorf: Nach Ablauf der Leasingzeit ist nun das Nachfolgemodell, der Carbon M3 installiert worden. Aus Sicht des Autors ist die äußerst zuverlässige Produktionsqualität, gepaart mit dem 24/7 Support, das schlagende Argument. In den Jahren seit der Erstinstallation sind schlicht keine Ausfälle zu verzeichnen.

### Zusammenfassung

Der 3-D-Druck ist längst in den zahn-technischen Labors angekommen, aber es gibt immer noch viel zu entdecken und zu verbessern, seine Möglichkeiten sind noch nicht ausgeschöpft. Der Beitrag zeigt den Umgang mit dem 3-D-Drucker Carbon M3 der Fa. Carbon Technologies (Neu-Isenburg) und stellt die Herstellung von temporären und definitiven Versorgungsmaterialien vor.

### Indizes

3-D-Druck, additive Fertigung, digitaler Workflow, Modellherstellung, temporäre Versorgung

**Abb. 1** Voller Stolz präsentiert: der Carbon M2 (Fa. Carbon Technologies, Neu-Isenburg) in seinen Anfängen bei der Zahntechnik Düsseldorf.



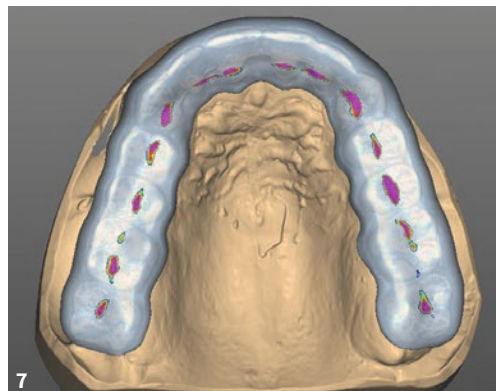
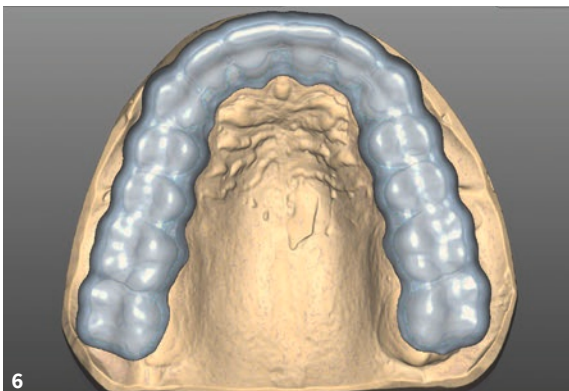
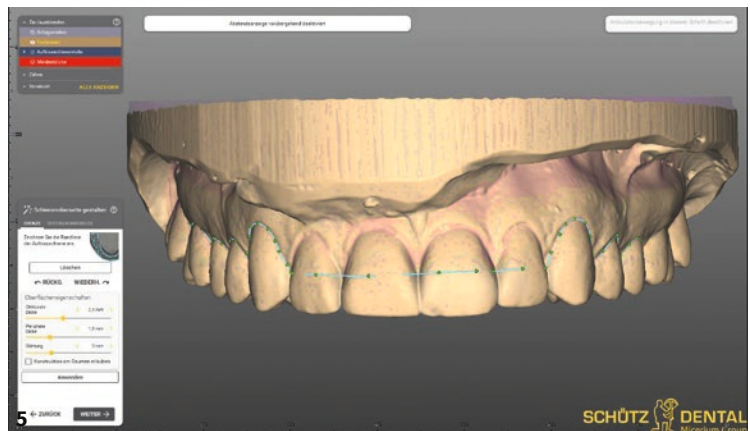
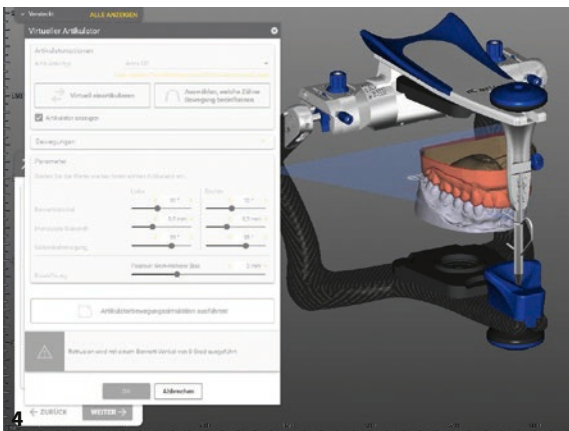
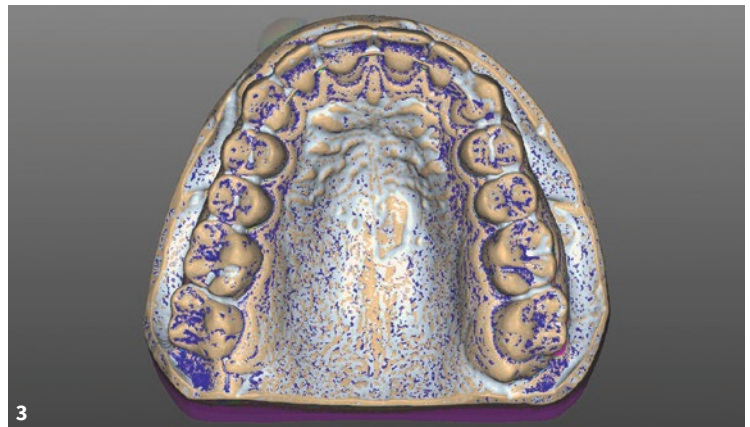


## Das erste Produkt: Aufbisschienen

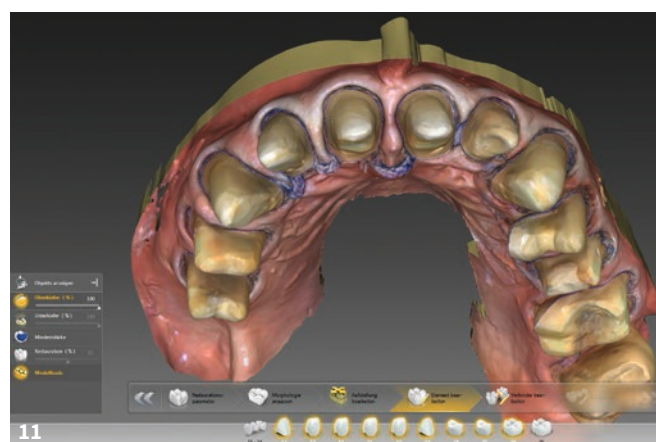
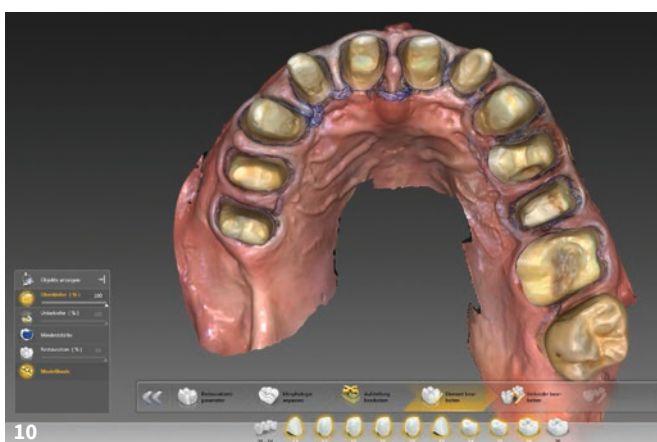
Das erste Einsatzgebiet des Carbon Printers war im Labor des Autors die Produktion von gedruckten Schienen aus KeySplint Soft (Fa. Keystone Industries, Singen), damals noch ein ausschließlich im M2 zu verarbeitendes lizenziertes Material.

Die besondere Eigenschaft der hiermit gefertigten Schienen: Der sehr geschmeidige Tragekomfort aufgrund der thermoplastischen Eigenschaften – die Schienen passen sich quasi während des Tragens an (Abb. 2). Weiterhin verzeihen die in KeySplint Soft gedruckten Schienen Abformfehler oder leichte Diskrepanzen und sind damit weitaus angenehmer in der Hand-

habung, auch für die Zahnmedizinerinnen und Zahnmediziner. Die Konstruktion der Schienen, in diesem Falle in Exocad (Fa. Exocad, Darmstadt) mit der Software der Fa. Schütz Dental (Rosbach), geschieht dann nach eigenen Vorgaben in gewohnter Weise. Das hervorzuhebende Merkmal auch dieses Workflow ist die Einfachheit, gepaart mit Zuverlässigkeit (Abb. 3 bis 7).



**Abb. 2** So hart und doch so flexibel: KeySplint Soft (Fa. Keystone Industries, Singen) passt sich an. **Abb. 3 bis 7** Einfachheit, gepaart mit Zuverlässigkeit: die Schienenkonstruktion über Exocad (Fa. Exocad, Darmstadt) in der Lizenz der Fa. Schütz Dental (Rosbach).



**Abb. 8 und 9** Präparation und erster Informationsfluss per Foto. **Abb. 10 und 11** Wenn alle Präparationsdetails im Scan zu erkennen sind, sind sie auch reproduzierbar.

Seit der Nutzung von KeySplint Soft in Kombination mit dem Carbon M2 konnte die Produktion von Aufbisssschienen von 422 im Jahr 2019 auf 1106 Schienen im Jahr 2023 gesteigert werden – das ist nahezu eine Verdreifachung. Und das, ohne deutlich mehr Personal einstellen zu müssen. Ein solches Ergebnis gibt dem Labor Sicherheit und die Möglichkeit, sich in Sachen Qualität zu engagieren.

### Intraoralscans als sichere Grundlage

Seit 2023 ist die Zahl der Anwendungen in Kombination mit Intraoralscans massiv angestiegen. Hier sind ebenfalls wie-

der Aufbisssschienen ins Feld zu führen, aber auch viele weitere Produkte, vom Inlay über Implantatkronen bis hin zu komplexen Arbeiten; es werden mehr oder weniger alle Bereiche der Zahn-technik abgedeckt. Beispielsweise können Modelle können auf Knopfdruck reproduziert werden, es gibt keine Blasen, wie manchmal im Gips zu sehen ist, und vieles weitere.

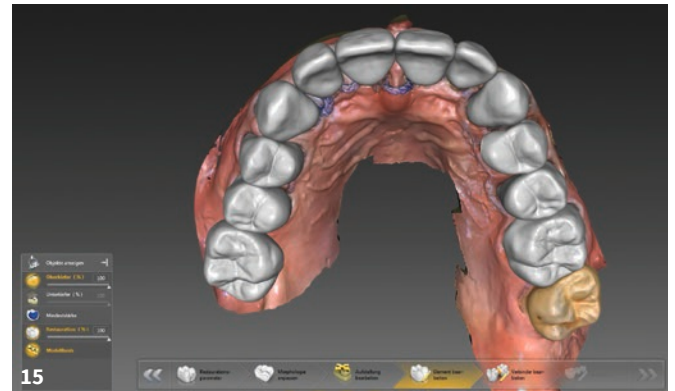
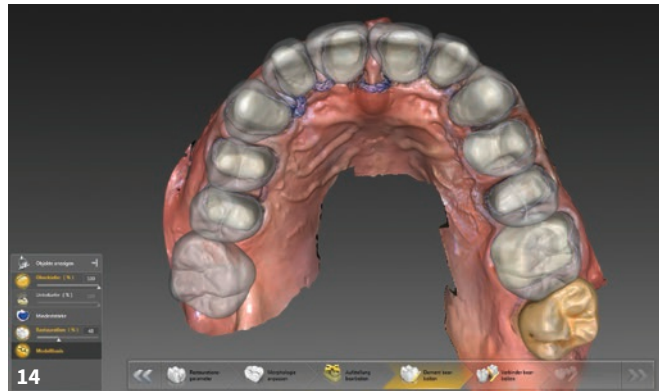
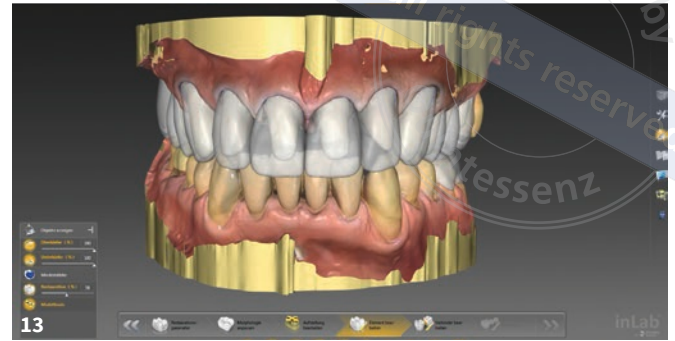
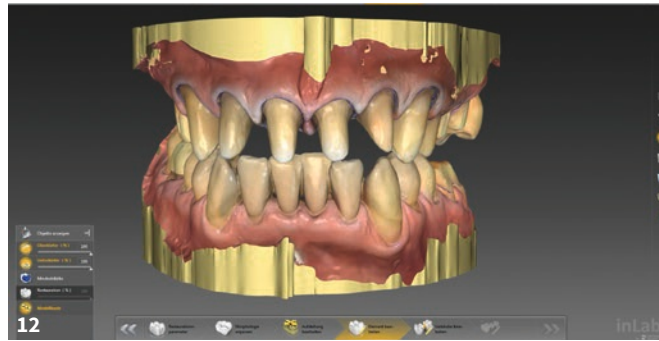
Erfahrene und vor allem disziplinierte Zahnärztinnen und Zahnärzte sind mit Intraoralscans in der Lage, perfekte Abformungen zu liefern. Der digitale Workflow bis zur tatsächlichen Einprobe funktioniert einwandfrei, auch über große Distanzen und selbst, wenn es um komplette Kiefer

geht: Die Carbon Printer liefern stets präzise, verzugsfreie Resultate. Wenn sich unsere zahnärztlichen Partner an die Workflows halten und sich selbst über den Scan kontrollieren, dann ist der digitale Weg stressfrei und direkt (Abb. 8 bis 19).

### Press- und Verblendtechnik

Ein im Labor des Autors häufig angewendete Technik ist die Anfertigung von vollkeramischen Verblendschalen. Hierbei gibt es zwei verschiedene Varianten: Die eine Variante ist die Anfertigung von Lithiumsilikat-Schalen, die in den meisten Fällen durch Verblendungen veredelt werden (Abb. 20).





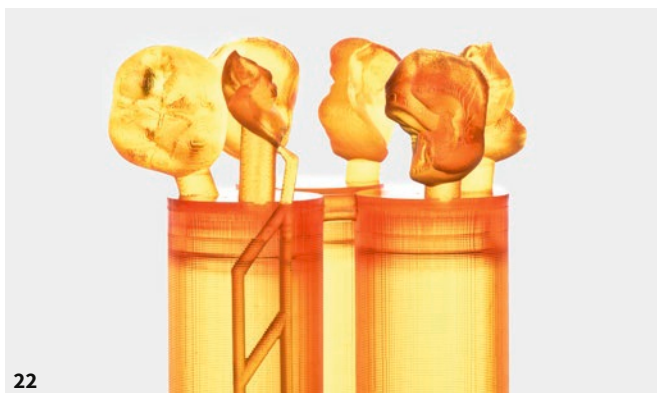
**Abb. 12 bis 15** Konstruktion der Zirkongerüste und eines Satzes Kunststoffdummies zur Kontrolle von Sitz, Ästhetik und Okklusion in der Einprobe vor Fertigung. **Abb. 18 und 19** Einprobe der Garnitur Zirkonkronen – alles sitzt perfekt, dem Patienten wird ein Gefühl von Professionalität vermittelt.



20



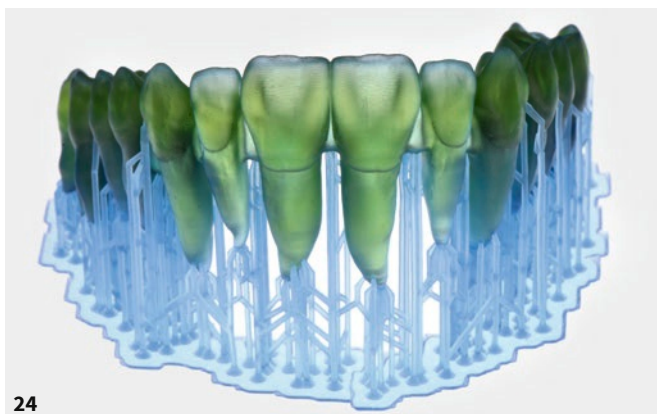
21



22



23



24



25

**Abb. 20** Celtra-Presskeramikveneers auf dem gedruckten Modell vor der Keramikverblendung. **Abb. 21 und 22** Durchtesten verschiedener Drucker- und Materialsysteme. **Abb. 23** Klarer Favorit der Testreihe: InovaPrint wax blue von der Fa. HPDent (Gottmadingen) hat sich als zuverlässiges, sehr präzises und gut zu verarbeitendes Material herauskristallisiert. **Abb. 24 und 25** Das Spiel mit der Technik und Morphologietraining – der Kreativität sind keine Grenzen gesetzt.

Dies ist der produktivste Workflow im Bereich Vollkeramik: Die digitale Konstruktion, gepaart mit Press- und Verblendtechnik, ist optisch herausragend und unkompliziert in der Fertigung. Nach diversen Versuchen mit unterschiedlichen Materialien für die Presstechnik (Abb. 21 und 22) hat sich InovaPrint wax blue der

Fa. HPent (Gottmadingen) als zuverlässiges, sehr präzises und gut zu verarbeitendes Material herauskristallisiert (Abb. 23).

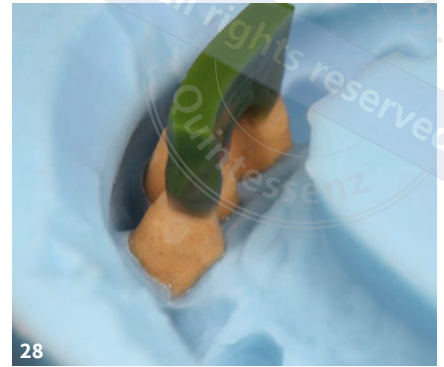
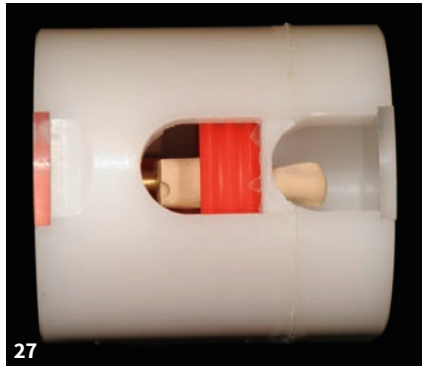
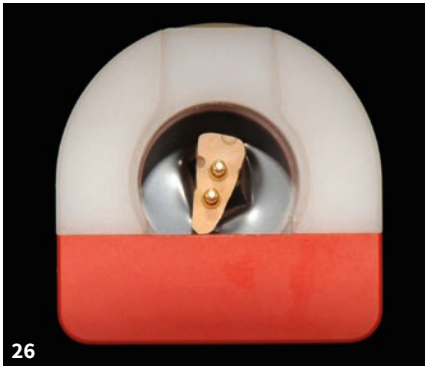
### Konstruktion von Modellen

Der Kreativität sind keine Grenzen gesetzt: Was immer druckbar ist, wird ge-

druckt, auch Übungsmodelle, die, in welcher Form auch immer, händisch weiterverarbeitet dem Morphologietraining dienen (Abb. 24 und 25).

Die zweite Variante zur Anfertigung hochästhetischer Veneers ist das Schichten auf feuerfesten Stümpfen. War das Anfertigen dieser Stümpfe in den Jahren





**Abb. 26 und 27** Vor der Digitalisierung war die Langner-Stumpfküvette das Mittel der Wahl für feuerfeste Stümpfe. **Abb. 28 bis 31** Ausgezeichnete Ästhetik mit viel Vorbereitungsaufwand: analoge Geller-Modelle.

vor der Digitalisierung hochkompliziert, beispielsweise mit Nutzung des Langner-Würfels (Abb. 26 und 27), oder – noch aufwendiger – wenn ein Alveolen- oder Geller-Modell gewünscht war, über Dublierungen und wiederholtes Ausgießen (Abb. 28 bis 31), ist es heute mithilfe der Shera- Modellkonstruktions-Software

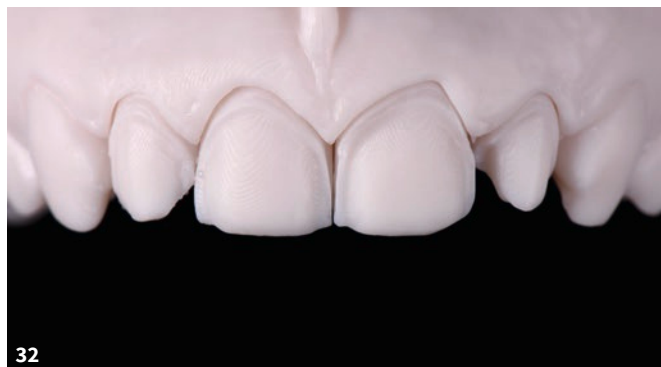
(Fa. Shera, Lemförde) ein vergleichsweise reines Vergnügen, insbesondere in Hinblick auf die Präzision des Endresultates (Abb. 32 bis 34).

In Zusammenhang mit der digitalen Farbmessung oder, weil man es einfach schön findet, können Modelle auch zahn- und zahnfleischfarben geprintet werden

(Abb. 35 und 36); so lässt sich leichter eine eLAB-Farbmessung darstellen, mit der man eine digitale Einprobe durchführen kann.

### Erweiterung mit digitalem Gesichtsbogen

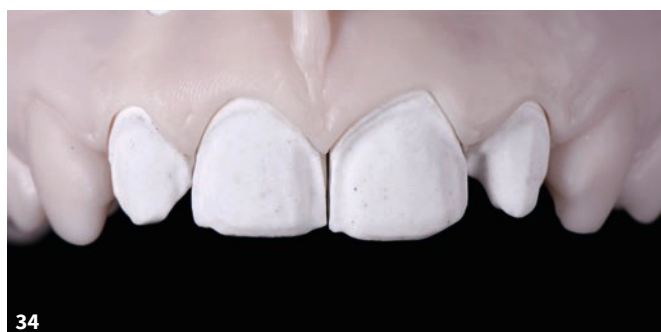
Eine zusätzliche Erweiterung des digitalen Workflow kann mit Axiopräsa (Fa. SAM Präzisionstechnik, Gauting), dem digitalen Gesichtsbogen, erreicht werden: Hierbei werden die Modelle nach intraoralem Scan des Gesichtsbogens direkt mit einem Sockel geprintet, der über AxioSnapMount (Fa. SAM Präzisionstechnik), genormte Kunststoffplatten, direkt in den SAM-Artikulator eingeklickt wird (Abb. 37). Ein sauberes, präzises System, das ein aufgeräumtes, modernes Gefühl vermittelt.



32



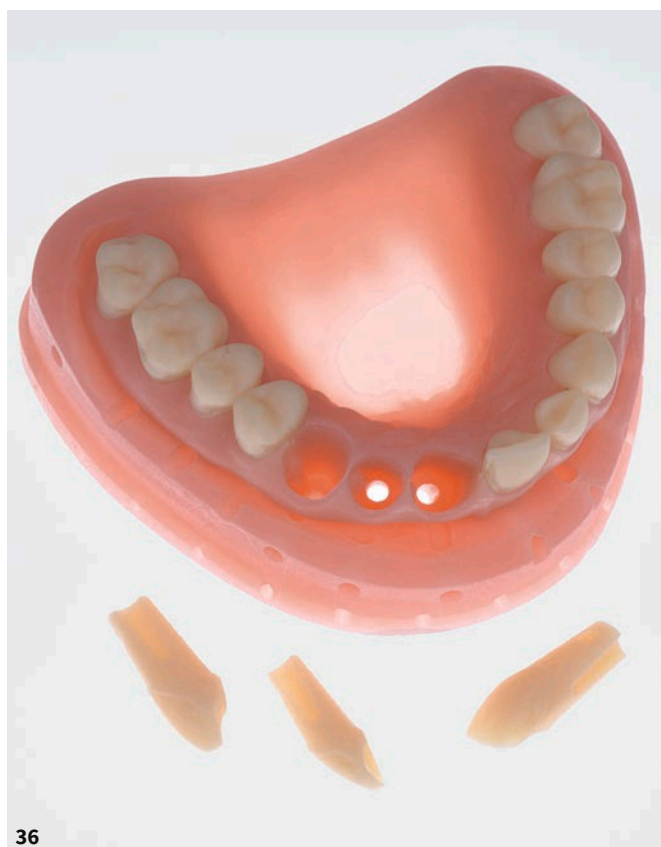
33



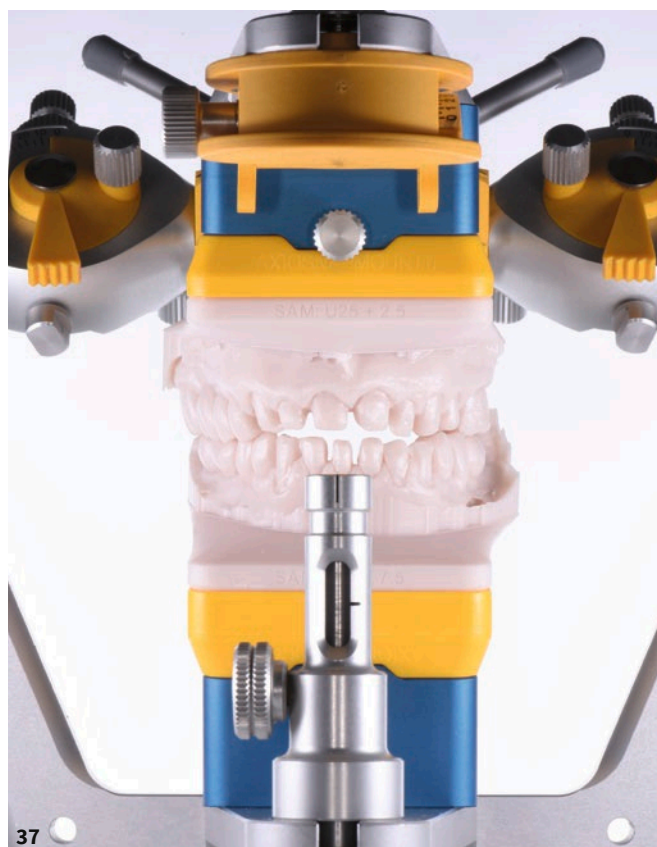
34



35



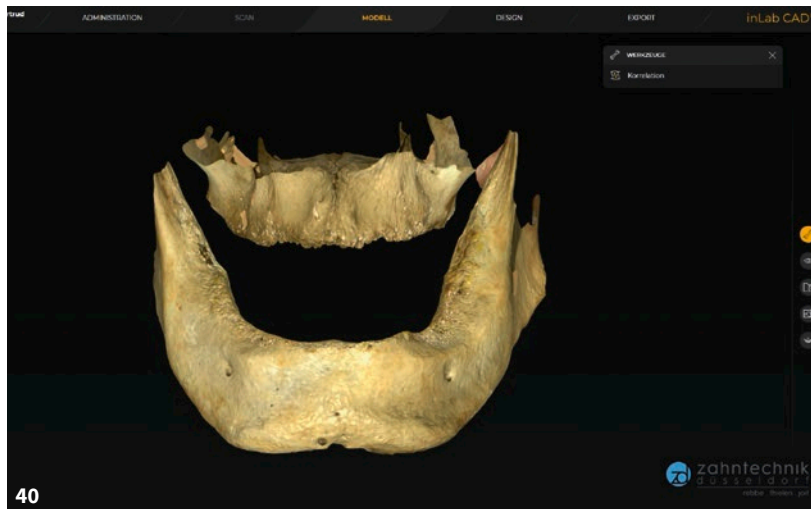
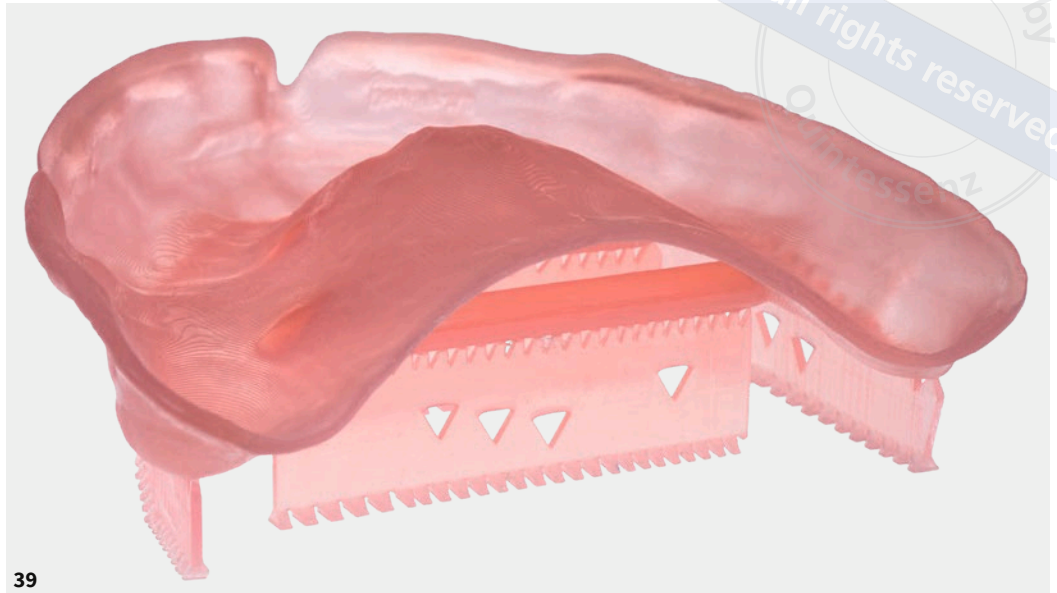
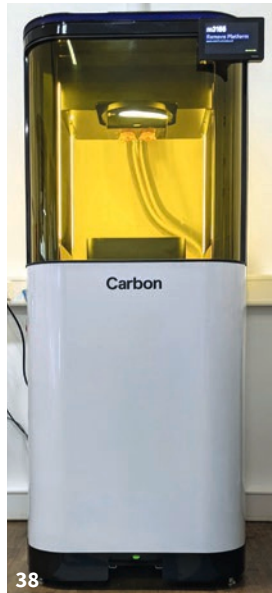
36



37

**Abb. 32 bis 34** Mithilfe der Modellkonstruktions-Software der Fa. Shera (Lemförde) vergleichsweise ein reines Vergnügen, insbesondere in Hinblick auf die Präzision des Endresultate: die Vorbereitung für feuerfeste Stümpfe im Alveolenmodell Carbon printed. **Abb. 35 und 36** Zahnfarbene und gingivafarbene Modelle können bei der eLAB-Farbmessung zu genauen Ergebnissen führen. **Abb. 37** Sauber, präzise, modern und aufgeräumt: Axioprisa-Modelle im Artikulator.





**Abb. 38** Der Neue bei Zahntechnik Düsseldorf: der Carbon M3. **Abb. 39** Stable Base – eine gedruckte Prothesenbasis nach druckloser Abformung mit dem Intraoralscanner. **Abb. 40** Mit Primescan sehr präzise abgeformte zahnlose Kiefer.

### Neue Ära: Carbon M3

Ein Inbegriff der Wertigkeit: Nach Ablauf des Vertrages für den Carbon M2 wurde sein Nachfolger, der Carbon M3, in den Räumen der Zahntechnik Düsseldorf installiert (Abb. 38). Die Kapazität des Druckers ist jedoch bei Weitem noch nicht ausgereizt.

Nach den bereits beschriebenen Anwendungen stellen sich natürlich noch

weitere Fragen bezüglich der Entwicklung digitaler Techniken. So könnte zum Beispiel ein drucklos abgeformter zahnloser Gaumen per Stable-Base-Technik versorgt werden. Diese Technik soll den präzisen und damit sicheren Sitz einer Vollprothese darstellen. Der Autor arbeitet hierzu an einem praxistauglichen Workflow unter der Anwendung von Lucitone Digital Print (Fa. Dentsply Sirona), einem äußerst präzisen und sta-

bilen zahnfarbenen und selbstverständlich lichthärtenden Material (Abb. 39). Die rein digital gefertigten Vollprothesen sind äußerst präzise, der Arbeitsablauf ausgesprochen angenehm.

### Patientenfall Nr. 1

Der Autor bat einen seiner zahnärztlichen Kunden, Dr. Stephanus Steuer aus Düsseldorf, die zahnlosen Kiefer einer verstorbenen Person mithilfe des Primescan (Fa. Dentsply Sirona, Bensheim) zu scannen, um die Präzision und Abbildungstreue des Systems zu testen (Abb. 40).

Die dreidimensional gescannten Daten wurden in der InLab-Software (Fa. Dentsply Sirona) mit dem zweidimensionalen Foto des Schädels verknüpft, woraus sich eine semi-dreidimensionale Ansicht ergibt (Abb. 41 und 42).

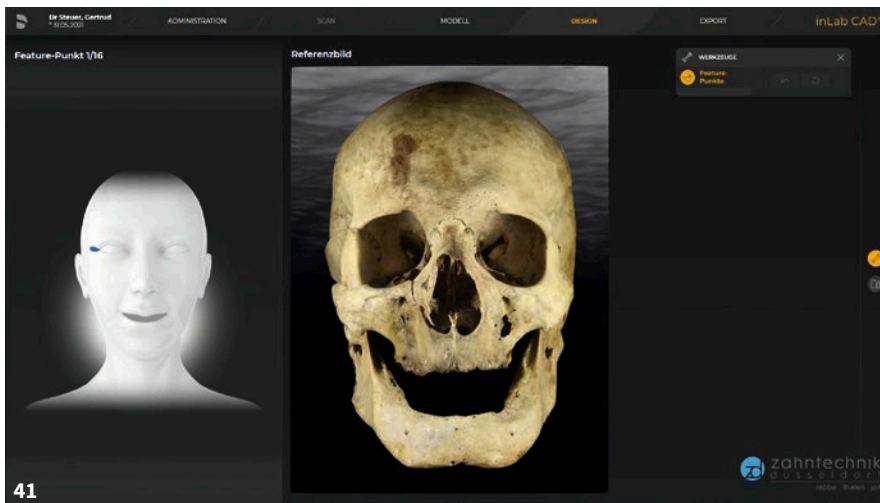
Zähne und Gingiva wurden aufeinander abgestimmt (Abb. 43 und 44) und die Einzelteile produziert und verfügt. An dieser Stelle ein Tipp des Autors: Zum Verfügen kann man das gleiche Material wie für die Basis verwenden: Lucitone Digital Print (Fa. Dentsply Sirona), dann sind

nach dem Aushärten keinerlei Übergänge sichtbar. Passung und Detailtreue des Scans sind unglaublich (Abb. 45 bis 47). Aufgrund der molekularen Flexibilität des Basismaterials ist der Sitz außerordentlich gut, ähnlich wie bei den Schienen aus KeySplint Soft. Allerdings lässt die Ästhe-

tik der rein digital gefertigten Komponenten noch etwas Luft nach oben.

Diese Kombination aus perfekter Passung und hoher Stabilität, gepaart mit eher minderwertiger Ästhetik, wirft natürlich Fragen für die tägliche Anwendung auf.

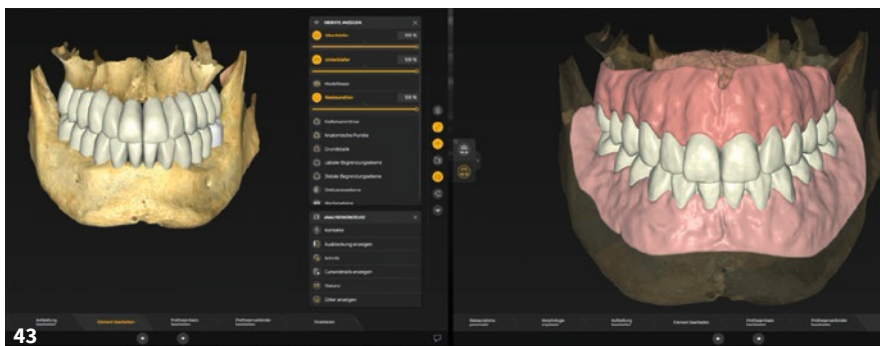
Da im Labor des Autors große Mengen implantatgetragener Teleskoparbeiten ähnlich dem Weigl-Konzept gefertigt werden, also mit intraoraler Verklebung einer Tertiärstruktur, wobei die Implantatpfosten bei der Verklebung definitiv eingeschraubt werden, stellt sich natürlich auch



41



42



43



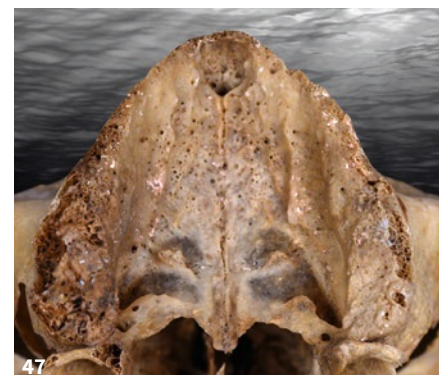
44



45



46



47

**Abb. 41 bis 47** Die Testreihe für die digitale Präzisionsprothese auf der zahnlosen, allerdings auch zahnfleischlosen Originalsituation.



die Frage nach einem geeigneten Weg, stabile und einfach zu fertigenden Zwischen- oder Reiseprothesen für die Zeit bis zur finalen Versorgung herzustellen.

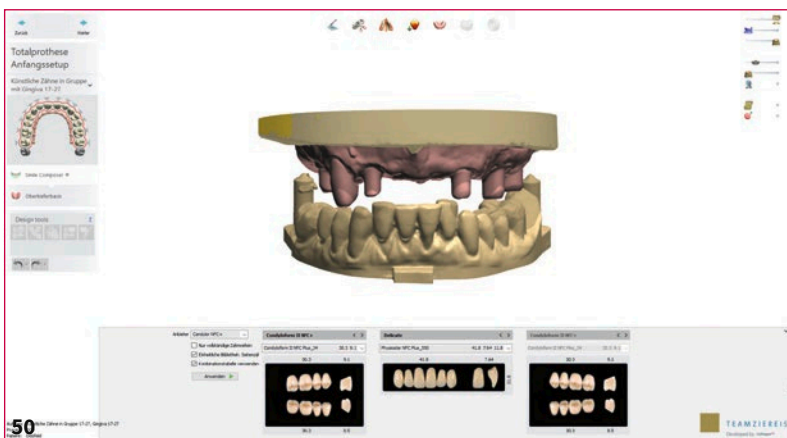
Nach der Vorstellung des Autors ist hierfür die präzise Fertigung, gepaart mit der hohen Stabilität und dem angenehmen Sitz der Basis aus Lucitone Digital Print ein idealer Zwischenschritt. Hierbei ist die reduzierte Ästhetik zu vernachlässigen, da es sich um eine eher preiswerte Erstversorgung handelt, mit der einerseits die Aufteilung des Raums und die Okklusion einen Probelauf erfährt und die Patienten andererseits schon früh mit „festen Zähnen“ entlassen werden können.

## Patientenfall Nr. 2

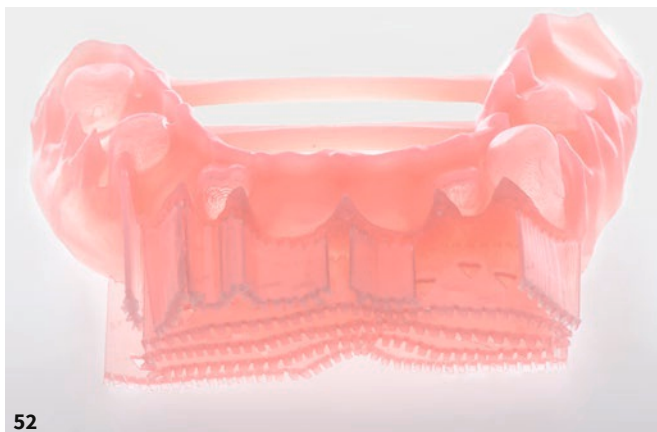
Die Patientin hatte noch einen natürlichen Zahn und fünf Implantate. Geplant war eine Teleskopversorgung mit intraoraler Verklebung und einer Erstversorgung mit einem ästhetischen Prototypen. Zur räumlichen Kontrolle und Ausrichtung der Innenteleskopkonstruktion wurde ein erstes Set-up mit Creopal-Komposit Zähnen (Fa. Creation Willi Geller, Meiningen, Österreich) anprobiert und angepasst (Abb. 48 und 49).

Nachdem das Setup befriedigend verlaufen war, wurden die Innenteleskope in die Aufstellung hineinkonstruiert. Nach der Fertigung der Innenteleskope wur-

den diese gescannt und eine der Aufstellung entsprechende Außenstruktur digital erstellt (Abb. 50 und 51). Die Arbeit wurde ausgehärtet (Abb. 52), aufgrund der präzisen Passung konnte die Gingivabasis einfach auf die Primärteleskope gesetzt und mit den einfarbig gedruckten Zähnen verfügt werden (Abb. 53 und 54). Das Ergebnis waren eine einfache Ästhetik, aber ein ausgezeichneter Tragekomfort und eine stabile Basis (Abb. 55). Weit aufwendiger stellte sich die individuelle Schichtung auf verklebter Metallstruktur in Creation VC Komposit (Fa. Creation Willi Geller) dar, allerdings auch zwanzig Mal so teuer wie die gedruckte Erstversorgung (Abb. 56).



**Abb. 48 und 49** Der Auftakt für die primären, sekundären und tertiären Konstruktionselemente: folienbasierte Aufstellung mit Creopal Zähnen zur Anprobe und Anpassung im Labor. **Abb. 50 und 51** Digitale Konstruktion der zu printenden Reiseprothese.



52



53



54



55



56

**Abb. 52** Die äußerst stabile Lucitone-Basis nach dem Aushärten. **Abb. 53** Ein leichtes Gefühl von Flexibilität bei großer Präzision beim Reponieren auf die Goldinnenteile. **Abb. 54** Rot und Weiß, schicht aufeinander gesetzt und später verfügt mit Lucitone Print, um sicheren Halt ohne merkliche Übergänge zu erzielen. **Abb. 55** Die gedruckte Prothese nach dem definitiven Einsetzen der Innenteile: geringer Preis und geringe Ästhetik bei hoher Stabilität und sehr gutem Sitz als Übergangslösung. **Abb. 56** Zwanzig Mal so teuer, dafür individuell geschichtet: die Finalisierung der metallgetragenen Sekundär-/Tertiärstruktur mit Creation VC (Fa. Creation Willi Geller, Meiningen, Österreich).

## Fazit

Die Patientin war trotz der, von ihr kaum als wichtig empfundenen Ästhetik sehr angetan vom Tragekomfort der Temporärversorgung war, obschon beide Arbeiten sehr präzise saßen. Jedoch empfand sie die anschmiegsame, leicht flexibel gedruckte Basis als außerordentlich bequem (Abb. 57 und 58).

Nach Ansicht des Autors sollten mit neuen Materialien und angepassten Techniken so in der Zukunft stabile, gut sitzende und ästhetisch hochwertige Restaurationen im digitalen Workflow machbar sein.





**Abb. 57 und 58** Mit einigem Aufwand händisch vollendet: das finale Werkstück in situ.



**Hans-Jürgen Joit**  
ZTM  
Delabo Group  
Korrespondenzadresse:  
Marc-Chagall-Str. 2  
40477 Düsseldorf  
E-Mail: [info@delabo.group](mailto:info@delabo.group)