

Mit **digitalem Workflow** präzise die Lücke schließen

Durch eine enge Kooperation zwischen Behandler und Zahntechniker können mit 3D-Druck, speziellen Modellanalogen und validierten Prozessen hochqualitative Implantatmodelle einfach und reproduzierbar hergestellt werden. Thomas Hack zeigt, wie diese Zusammenarbeit aussehen könnte.

Im Zuge der zunehmenden Verbreitung intraoraler Aufnahmeeinheiten in den Zahnarztpraxen, wie zum Beispiel Dentsply Sirona, 3Shape, iTero und ähnliche, besteht trotz der vielfach bereits „modelless“ durchgeführten Prozesse, also ohne Verwendung eines physischen Modells, der Wunsch nach präzisen zahntechnischen oder auch kieferorthopädischen Modellen. Diese helfen, die digital erfasste orale Patientensituation präzise in die „reale“ Welt zu übertragen, was in der Regel mit der additiven Herstellung von Dentalmodellen erfolgt.

Die digital unterstützte Fertigung von Implantatmodellen für passgenaue Implantat-Versorgungen erfordert dabei ein vergleichsweise deutlich höheres Maß an Präzision, da hier die Ausrichtung der finalen Implantatsituation entsprechend den Dimensionen auf der x-y-z-Achse zwingend gegeben sein muss, um den späteren Sitz der prothetischen Versorgung nicht zu beeinträchtigen. Hier bieten sich heutzutage eine Vielzahl an Umsetzungswegen, die für den bloßen Anwender einen zum Teil erheblichen Informationserhebungsaufwand bedeuten.

Gerade in diesem Teilbereich der digitalen Zahntechnik existieren aller-

dings gleichzeitig eine Vielzahl möglicher Systemschnittstellen, die eine enge Verzahnung zwischen dem System des Behandlers sowie dem des umsetzenden Labors erfordern. Diese Abstimmung bildet somit die Basis einer präzise zu fertigenden Implantatprothetik und ist daher unentbehrlich.

Will man präzise digitale Modelle herstellen, sind handelsübliche Analoge wegen ihrer zur Fixierung im Gipsmodell vorhandenen retentiven Geometrie grundsätzlich nicht für einen Einsatz geeignet. Hier hat Elos Medtech (Gørlose/Dänemark) mit dem Elos Accurate Analog for Printed Models (PMA) geeignete Modellanaloge speziell für digital konstruierte und additiv gefertigte Implantatmodelle (Abb. 1) entwickelt. Man fand einen geeigneten Kooperations-

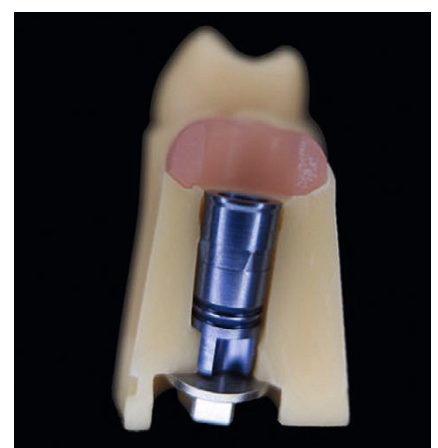


Autor

Thomas Hack

Infinident Solutions

Mail Thomas@infinidentsolutions.com



1 Elos Accurate Analog for Printed Models im gedruckten Querschnittsmodell mit flexibler Zahnfleischmaske

(Quelle: Infinident Solutions)

partner für die digitale Modellherstellung in Europa: den in Darmstadt ansässigen digitalen Fertigungsdienstleister Infinident Solutions. Das Unternehmen bietet bereits seit dem Jahr 2009 3D-gedruckte bzw. generativ gefertigte Dentalmodelle an. Diese Zusammenarbeit ermöglicht es dem Behandler-Labor-Team sowohl im Labor (Inhouse) als auch unter Einbeziehung eines externen Partners (Outhouse) hochpräzise Implantatmodelle sicher herzustellen bzw. herstellen zu lassen.

Für das Dentallabor bietet der Einsatz speziell für Industrieanwendungen entwickelter Hightech-3D-Drucksysteme sowie den auf die Prozesse abgestimmten Materialien (Acrylatharze) den Vorteil, hoch präzise Modelle unter Einhaltung aller funktionellen und ästhetischen Eigenschaften sozusagen „frei Haus“ geliefert zu bekommen. Im Falle des Elos Accurate Model bestehen diese aus dem gedrucktem Modell, den Modellanalogen und flexiblen Zahnfleischmasken. Durch die Zusammenarbeit von Elos Medtech und Infinident Solutions konnten zudem alle Arbeitsschritte optimal aufeinander abgestimmt werden. Herausgekommen ist ein hochoptimierter, digitaler sowie reproduzierbarer Workflow, bei dem Effizienz und Sicherheit an erster Stelle stehen. Dies wurde durch die finale Validierung durch Elos Medtech zusätzlich attestiert.

Welche Bausteine werden für einen sicheren digitalen Prozess benötigt?

Der vielleicht wichtigste Schritt vor der eigentlichen Herstellung des indizierten Implantataufbaus ist es, zu überlegen, welcher Fertigungsweg und insbesondere welche Software beim Behandler und/oder im Labor zur Konstruktion herangezogen wer-

den soll. Denn oftmals ist es nicht ungewöhnlich, dass sich das Labor fragt, wie mit dem vom Zahnarzt übersendeten Scanfile jetzt weiter verfahren werden soll.

Der Praxistest zeigt, dass gerade die Handhabung der von der Praxis ins Labor übermittelten Scandaten das größte Fehlerpotenzial innehat. Eine mögliche Fehlerquelle kann bereits in der Auswahl des zu verwendenden intraoralen Scanbodys durch den Behandler liegen. Aus dieser Entscheidung eröffnet sich dann das mögliche Spielfeld an konstruktiven Wegen bzw. dem unter Umständen zusätzlich erforderlichen Zubehör. So verfügen die CAD-Softwareangebote der gängigen offenen Hersteller, wie zum Beispiel bei exocad und 3Shape, über die Möglichkeit sogenannter Libraries („Implantatbibliotheken“) der verschiedensten Anbieter (OEM und Generika) zu importieren, um damit in jeder Situation sehr flexibel in der Planung zu bleiben. Hingegen sind die Softwareangebote von zum Beispiel Dentsply Sirona in der Regel auf die in der jeweiligen Version fest programmierten Implantatanbieter und -systeme limitiert.

Der „passende“ Scanbody

Wie sagt man so schön: „Präzision beginnt bereits vor dem ersten Schritt!“ Daher steht auch am Anfang des digitalen Workflows die Verwendung eines Scankörpers, der für die Übertragung der Informationen hinsichtlich der exakten Implantatposition unerlässlich ist.

Für die Herstellung von ästhetischem Zahnersatz im digitalen Zeitalter muss die Patientensituation zunächst mithilfe eines geeigneten Intraoral-scanners digitalisiert und die so generierten 3D-Daten in die verwendete CAD-Software übertragen werden. Zur Erfassung der korrekten Implan-

tatposition dient der Scanaufbau (so genannter Scanbody). Dieser ist in der Regel je nach Anbieter (vgl. gewählte Implantatbibliothek) ein aus verschiedensten Materialien gefertigter, geometrischer Körper, der im Mund des Patienten verschraubt wird.

Der Scanaufbau ist für den korrekten Sitz des späteren Implantataufbaus elementar. Insbesondere ist darauf zu achten, dass der Scanbody während des Scans spaltfrei aufliegt, das heißt, im Mund nicht durch Schleimhaut oder andere Verunreinigungen verfälscht wird. Wird intraoral abgeformt, ist ebenfalls darauf zu achten, dass der korrekte und dafür freigegebene Scankörper verwendet wird. Auch sollte durch den Behandler sichergestellt werden, dass alle für die spätere Weiterverarbeitung erforderlichen Bereiche digital erfasst werden. Es sollte sozusagen bereits „mit Köpfchen“ abgeformt werden, um spätere Probleme bei der Herstellung des Implantatmodells zu vermeiden (Abb. 2 und 3).

Der Weg zum Modell

Zur Herstellung eines Elos Accurate Model gibt es unterschiedliche Herangehensweisen, die je nach verwendeter Modellbuilder-Software einen anderen Scankörper erfordern. Für Nutzer der Dentsply Sirona Software (Cerec/inLab) kann für intraorale Abformungen der Sirona Scanpost (Abb. 5) genutzt werden. Im inLab Modelbuilder sind die erforderlichen Informationen zu den einzelnen Elos Accurate Analog for Printed Models ab der Version inLab 19 bereits fest hinterlegt.

Bei anderen Software-Anbietern, wie zum Beispiel exocad, Darmstadt (D) bzw. 3Shape, Kopenhagen (DK), sollte der von Elos angebotene Elos Accurate I/O Scanbody (Abb. 4) ver-

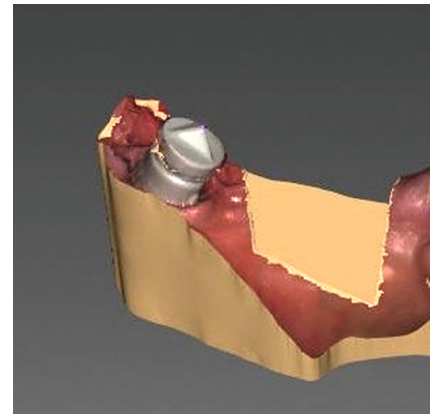
wendet werden. Dieser Scankörper ist durch sein biokompatibles Metallinterface aus Titan (TiAl6V4 ELI) exakt positionierbar. Der obere Anteil besteht wie auch bei vielen anderen Anbietern aus Polyetheretherketon (PEEK) und ist durch seine besonderen Materialeigenschaften und Oberflächengeometrien beim Scansvorgang sehr gut detektierbar. Zudem lässt er sich autoklavieren und durch die integrierte Schraube intraoral sehr gut einsetzen.

Zwischenzeitlich hat Elos Medtech auch eine Implantatbibliothek für ausgewählte IO FLO-Scankörper von Dentsply Sirona (Abb. 6) entwickelt, die bei der Herstellung einteiliger ATLANTIS Suprastrukturen Anwendung finden. Diese können zusammen mit der zugehörigen Bibliothek verwendet werden, um passende Implantatmodelle herzustellen.

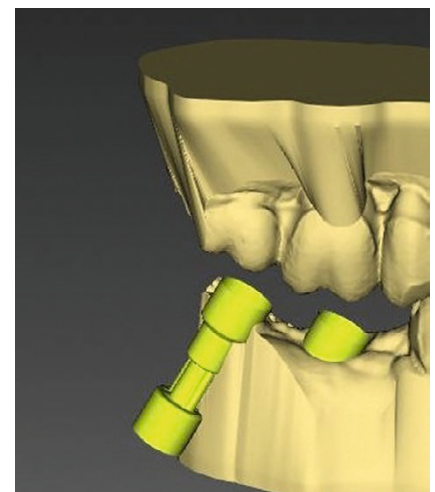
Unabhängig davon, welcher Weg bei der Umsetzung eingeschlagen wird, ist in jedem Fall im Vorfeld immer zu überlegen, ob der verwendete Scankörper später problemlos weiterverarbeitet werden kann. Zusätzlich ist der Behandler gefragt, bereits bei der digitalen Erfassung die korrekte Administration des Implantatanschlusses (Marke, Durchmesser) vorzunehmen. Ansonsten ergibt sich hieraus ein nur schwer zu detektierender Folgefehler, der getreu dem Motto „Shit in – Shit out“ zu mindestens unbefriedigenden Ergebnissen führen wird.

Das Printed Model Analog (PMA)

Das zweiteilige Printed Model Analog ist für die gängigsten Implantatsysteme und Durchmesser erhältlich. Es besteht jeweils aus einem oberen zylindrischen Teil mit integriertem Interface zur Aufnahme der prothetischen Komponenten (Abb. 7) sowie einem im unteren Teil befindlichen,



2 Vermeyntlich korrekte Abformung aus I/O Scan (Quelle: Infinident Solutions)



3 Fehlende Bildinformation verhindert korrekte Positionierung des Anlogs im Modell (Quelle: Infinident Solutions)



4 Elos Accurate IO Scanbody (Quelle: Elos Medtech)

5 Dentsply Sirona ScanPost (Quelle: Dentsply Sirona)

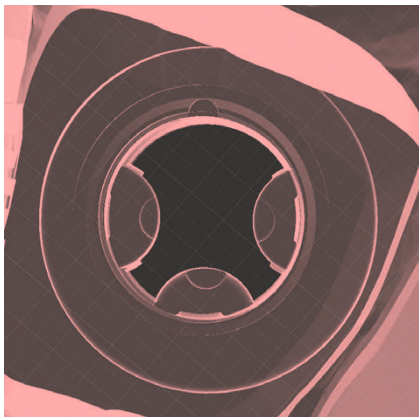




6 Atlantis IO FLO
(Quelle: Dentsply Sirona)



7 Elos Accurate Analog for Printed Models
(Quelle: Elos Medtech)



8 Verdrehschutz im Modell
(Quelle: Infinident Solutions)

9 Elos Accurate Analog Insertion Screw
(Quelle: Infinident Solutions)



speziell für die Sicherung im gedruckten Modell entwickelten Rotationschutz (Abb. 8). Der Rotationschutz ermöglicht die exakte Positionierung in der vorhandenen Aussparung im Modell. Der untere Teil besteht aus einer Fixierschraube (Abb. 9), die das Analog direkt im Modell fixiert. Hierdurch wird eine exakte Positionierung des Modellanalogs erreicht¹, sodass auf eine Befestigung mit Autopolymerisat oder ähnlichem verzichtet werden kann. Das bietet den Vorteil, dass eine Beeinflussung durch zugefügtes Fremdmaterial (Kontraktion, Expansion) vermieden und eine exakte Repositionierung ermöglicht wird. In einem durch Infinident gefertigten Elos Accurate Modell sind die passenden Modellanaloge bereits verbaut.

Verfügbare Implantatsysteme

Elos Accurate Analog for Printed Models sind für zahlreiche Implantatsysteme und Durchmesser erhältlich. Die Kompatibilität zu weiteren Systemen wird von Elos Medtech kontinuierlich ausgebaut. Zurzeit umfasst das Portfolio rund 59 Anschlussvarianten. Diese können über die Website von Elos Medtech aktuell eingesehen werden.

Die Implantat-/Konstruktionsbibliothek

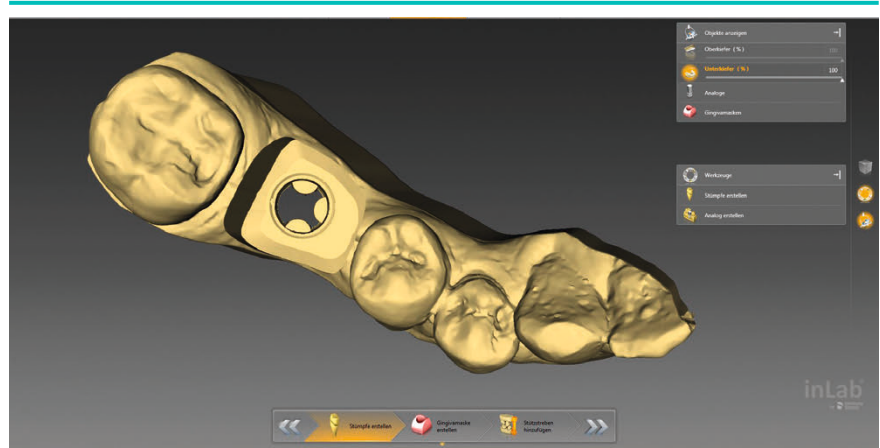
Die zugehörige kostenfreie Konstruktionsbibliothek kann von der Elos Medtech-Webseite in der jeweils aktuellsten Version kostenlos heruntergeladen werden und wird einfach in die vorhandene CAD-Software integriert. Durch eine exakte Ausrichtung des Implantats zum Scankörper wird im Rahmen der digitalen Modellherstellung ein Platzhalter (Aussparung) zur Aufnahme des Implantatanalogs im Modell generiert (Abb. 10).

Als Ergebnis wird eine Output-Datei als STL-Datensatz erzeugt, aus dem das physische Modell gefertigt werden kann (Abb. 11). Die Elos-Bibliothek steht momentan in den Konstruktionsmodulen von 3shape, exocad und Dental Wings zur Verfügung.

Das im 3D-Druck hergestellte Implantatmodell

Die Konstruktion des Implantatmodells ist mit den hier beschriebenen CAD-Programmen besonders einfach und sicher umzusetzen. Bei Bedarf kann die Erstellung der Modelldaten gegen eine geringe Gebühr an Infinident Solutions ausgelagert werden. Dies kann dann interessant sein, wenn zum Beispiel das Labor zwar über die

¹ Im Vergleich zu anderen Analogien wurde dem Elos Printed Model Analog eine höhere Präzision bescheinigt: „Effect of intraoral scanner, printer, and digital analog system on the accuracy of 3D printed models“, L. Auskalis, D. Jegelevičius, M. Akulauskas, A. Gedrimiene, T. Simonaitis, R. Jurgaityte, V. Rutkunas, 2019



10 Bearbeitetes Modell aus inLab Model (Quelle: Infinident Solutions)

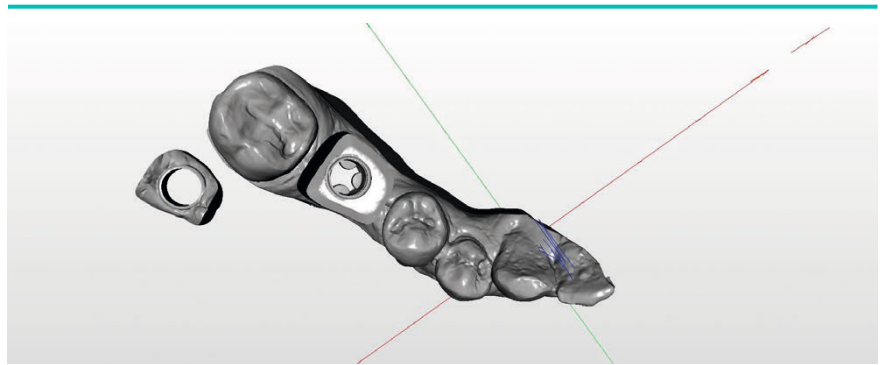
CAD-Software, nicht aber über die entsprechende Modellsoftware verfügt oder sich der erfahrene Zahntechniker gerade im Urlaub befindet. Das fertig konstruierte Modell kann dann schnell und bequem über das Bestellsystem von Infinident versendet werden. Innerhalb von rund zwei Tagen wird das 3D-gedruckte Implantatmodell dem Kunden zugestellt und kann als vollwertiges Arbeits- und Kontrollmodell eingesetzt werden.

Das massive Kunststoffmodell aus beige-opaken Acrylatharz ist formstabil, detailgetreu und bildet Modellkonturen durch den hohen Oberflächenkontrast deutlich ab. Der Kunststoff ist ausgesprochen abrasionsfest, so dass das Elos PMA positionsgenau in den Platzhalter eingegliedert werden kann. Im Vergleich zu gegossenen Gipsmodellen kann bei den 3D-gefertigten Implantatmodellen in Verbindung mit den dafür konzipierten Elos Modellanalogen das Analog einfach entnommen und wieder eingegliedert werden. Hierdurch wird mehr Flexibilität und Sicherheit bei der Restaurationsherstellung und -kontrolle erreicht.

Der Fall

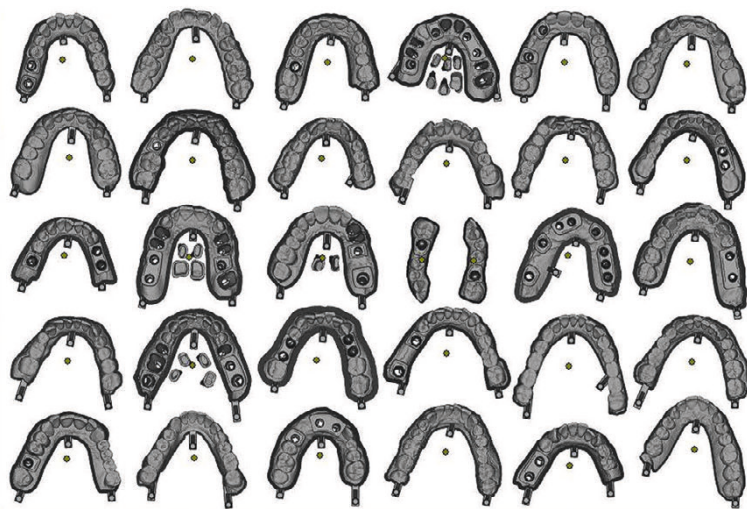
Dem Patienten wurde in regio 46 ein Implantat von Dentsply Sirona (Xive 4.5) inseriert. Nach der Einheilungsphase sollte das Implantat mittels Intraoralscanner abgebildet und das Modell digital erstellt werden. Hierbei kam mit der Cerec Primescan (Dentsply Sirona/Bensheim) ein Intraoralscanner der neuesten Generation zum Einsatz (Abb. 13). Vorteilhaft war besonders, dass diese gänzlich ohne Kontrastpuder auskommt, und die Software eine Vielzahl an Einzelzahnimplantaten bereits an Bord hat.

Da der Behandler zusammen mit seinem Dentallabor, einem langjährigen



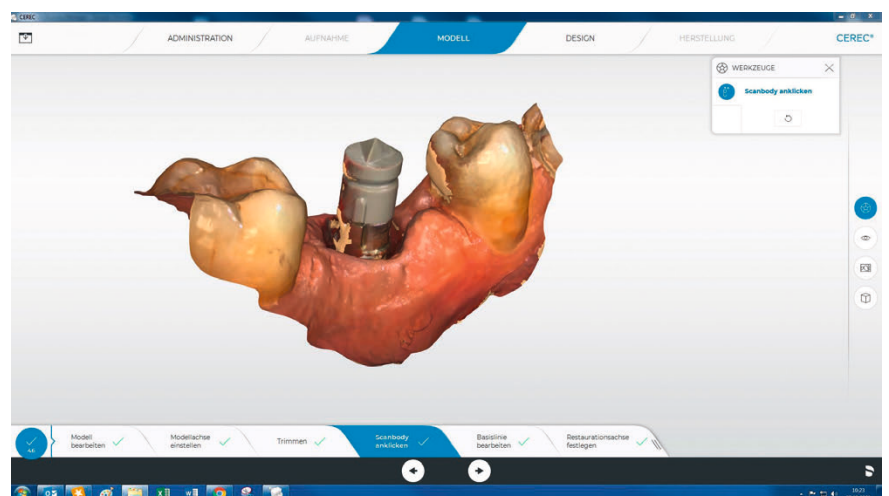
11 Export des Modells als druckbares STL-file mit Gingivamaske

(Quelle: Infinident Solutions)



12 Bauplattform für diverse Modelle, Druckvorstufe, nicht optimiert

(Quelle: Infinident Solutions)



13 Intraorale Abformung mit Dentsply Sirona ScanPost in CEREC 5.2

(Quelle: Infinident Solutions)

Anwender der exocad DentalCAD-Software, den Prozess zunächst testen wollte, wurde als Scankörper (intraoraler Abformpfosten) sowohl der systemeigene ScanPost (Dent-sply Sirona) als auch der speziell entwickelte Elos Accurate Scan Body (Elos Medtech) verwendet.

Beide eignen sich in ihrer Geometrie besonders gut, um eine hochpräzise Datenerfassung zu gewährleisten. Während der ScanPost aus einer Titanbasis in Verbindung mit einem Scanbody aus PEEK besteht, verfügt die Geometrie des IO Scan Body über abgeflachte Flächen, die das Matchen, sprich das Überlagern der Daten, deutlich vereinfachen und überprüfbar machen.

Oftmals kommt es an dieser Stelle zu leichten Missverständnissen, wie mit einem einmal gescannten Datensatz ein Modell erstellt werden kann. Dabei ist es wichtig, zu verstehen, dass die aus einer intraoralen Aufnahme in das STL-Format überführten Daten, ohne eine vorherige Bearbeitung in einer Modellsoftware, nicht für den 3D-Druck geeignet sind.

Hier spricht man von „offenen“, das heißt nicht geschlossenen STL-Daten (Abb. 14), während die in der Modellsoftware bearbeiteten Datensätze „geschlossene“ geometrische Körper umfassen (Abb. 15).

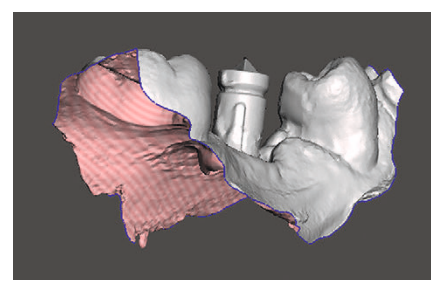
Die intraoral erfassten Daten wurden im Anschluss online von der Praxis in das zahntechnische Labor übertragen. Dort wurden sie in die entsprechende dentale CAD-Anwendung, im Fall des ScanPost zunächst in die inLab-Software (Zuschnitt, Ausrichtung, etc.) übergeben, um danach in der inLab Model als Modell bearbeitet zu werden. Die Scandaten des IO Scan Bodys wurden zur Weiterbearbeitung in die exocad DentalCAD (Plovdiv) geladen.

In beiden Varianten hat der Zahn-techniker zunächst die Möglichkeit, überschüssig gescannte Bereiche der Schleimhaut zu entfernen sowie virtuell das Gingivamanagement in Absprache mit dem behandelnden Zahnarzt vorzunehmen. Im jeweiligen Model Builder der CAD-Programme erstellt der Zahntechniker den Platzhalter für das Elos Accurate Printed Model Analog. Schritt für Schritt entsteht so das virtuelle Modell.

Die Umsetzung in der inLab Software und in der exocad DentalCAD:

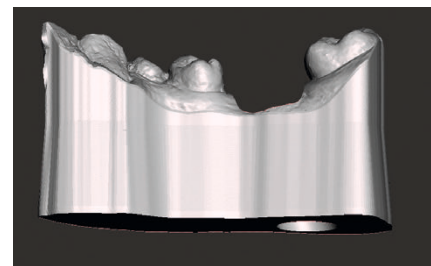
Im nächsten Arbeitsprozess konstruiert der Zahntechniker die prothetische Restauration. Da mit nur einem Datensatz sowohl das Modell als auch die prothetische Restauration konstruiert wird, kann eine hohe Maßhaltigkeit der zueinander gehörenden Komponenten sichergestellt werden. Zudem können parallel verschiedene Fertigungsverfahren (In-house/Outhouse) angesteuert und zeitunabhängig eingesetzt werden.

Während in unserem Fall die Daten der prothetischen Restauration durch das zahntechnische Labor In-house



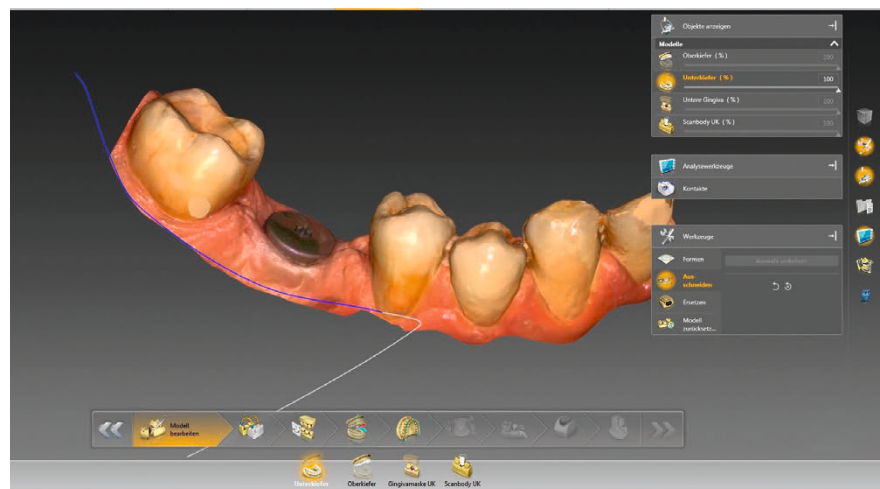
14 I/O Scan direkt als STL exportiert; nicht zu gebrauchen

(Quelle: Infinident Solutions)



15 Export nach Bearbeitung in Modellsoftware; bereit für den Druck

(Quelle: Infinident Solutions)



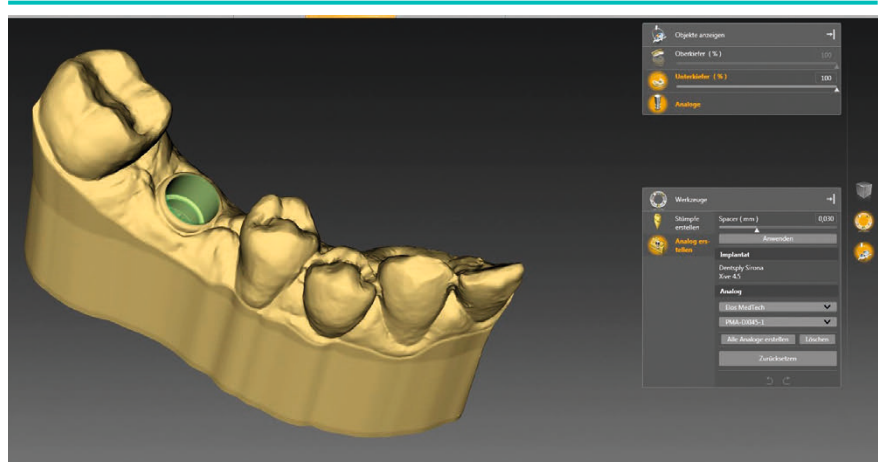
16 Trimmen der Abformdaten in inLab SW (Quelle: Infinident Solutions)

gefertigt wurden, erfolgt zur gleichen Zeit die Herstellung der Implantatmodelle durch Infinident. Nach etwa zwei Arbeitstagen erhält das Labor die bereits fertig zusammengebauten Implantatmodelle inklusive der in diesem Fall extrahierbaren, flexiblen Zahnfleischmaske und kann diese weiterverarbeiten. Selbstverständlich hat das Labor auch die Möglichkeit, separat erworbene Analoge in die vorhandenen Platzhalter bzw. Ausparungen eines gedruckten Modells passgenau einzugliedern. Die zweiseitigen Analoge werden von okkusal gesteckt und von basal mithilfe einer Elos Analog Insertion Screw fixiert.

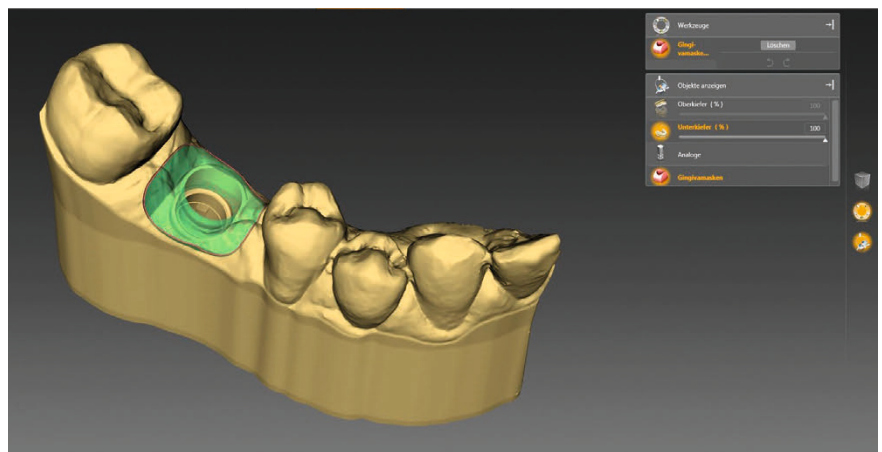
Die 3D-gedruckten Modelle mit den inserierten Elos Printed Model Analogen lassen sich in herkömmlichen Artikulatoren einstellen, ebenso kann ein Gesichtsbogen die patientenspezifische, lagerichtige Positionierung der Modelle sichern.

Beim anschließenden zahntechnischen Workflow gibt es keinen Unterschied zu herkömmlichen Modellmaterialien. Die digitalen Modelle sind detail- und dimensionsgetreu, kantenscharf und lassen sich gut isolieren. Die Passungsüberprüfung der prothetischen Restauration auf dem Modell wird so deutlich erleichtert.

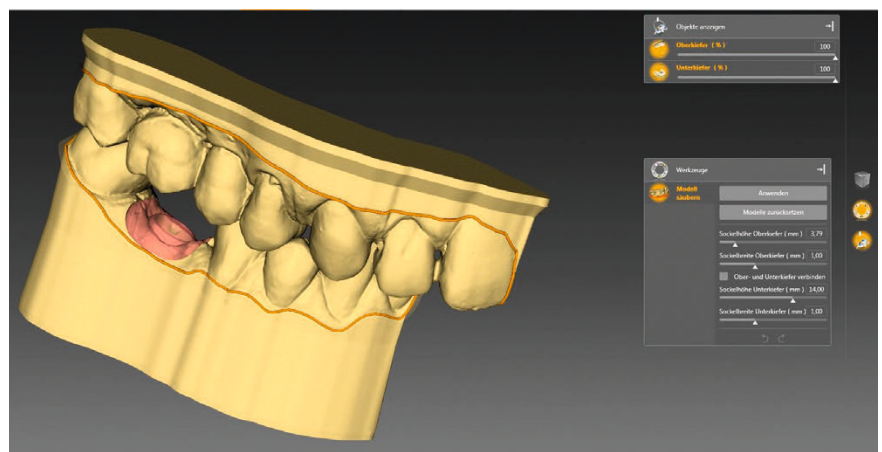
Die Präzision des intraoralen Abform- und digitalen Modellverfahrens in der Kombination der Produkte von Elos Medtech und Infinident Solutions erweitert den Einsatzbereich der intraoralen Scannertechnologie. Dank des präzisen und abgestimmten Workflows kann die Lücke im digitalen Workflow der implantologischen Versorgungen sicher und effizient geschlossen werden.



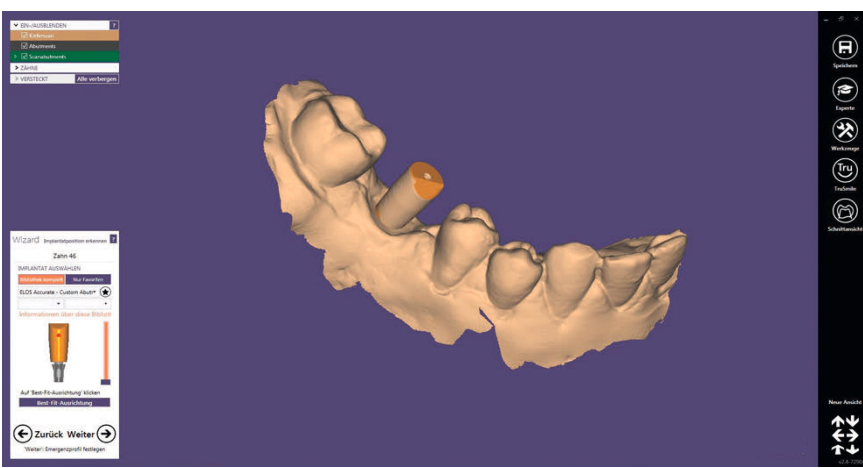
17 Erstellen des Analogetsitz in inLab Model (Quelle: Infinident Solutions)



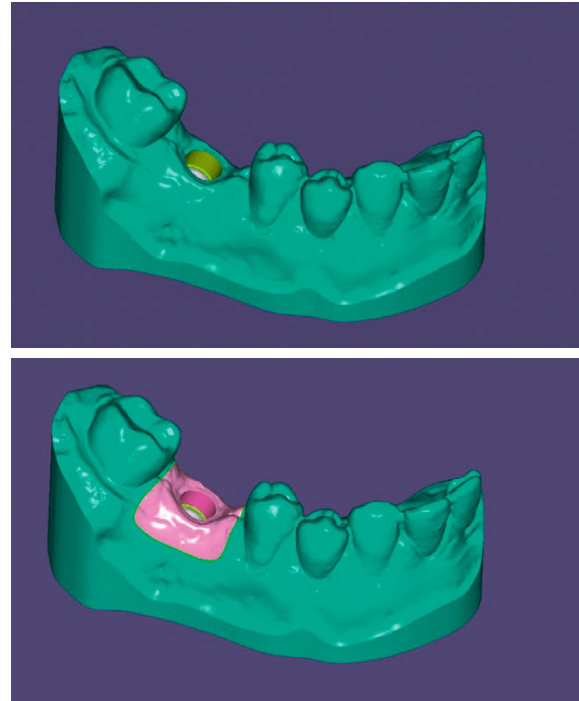
18 Erstellen der Gingivamaske in inLab Model (Quelle: Infinident Solutions)



19 Fast fertig bearbeitetes Modell (Quelle: Infinident Solutions)



20 Matching des Elos IO Scanbody in der exocad Software (Quelle: Infinident Solutions)



22 Erstellen der Gingivamaske in exocad DentalCAD (Quelle: Infinident Solutions)



21 Erfolgreiche Überlagerung Zahn 46 (Quelle: Infinident Solutions)

Fazit

Die digitale zahntechnische Umsetzung implantologischer Workflows ist im Laboralltag angekommen und hat sich in Verbindung mit konventionellen Fertigungsmethoden erfolgreich im zahntechnischen Labor etabliert. Dabei spielen systemoffene und kompatible Lösungen im Zusammenspiel von Behandler und Zahntechniker zukünftig bei der erfolgreichen Umsetzung des individuellen Patientenfalles eine immer größere Rolle. Es ist wichtig, bereits zu Beginn der Behandlung das Ende im Blick zu haben. ■



23 Fertiges Elos Accurate Modell (Quelle: Infinident Solutions)