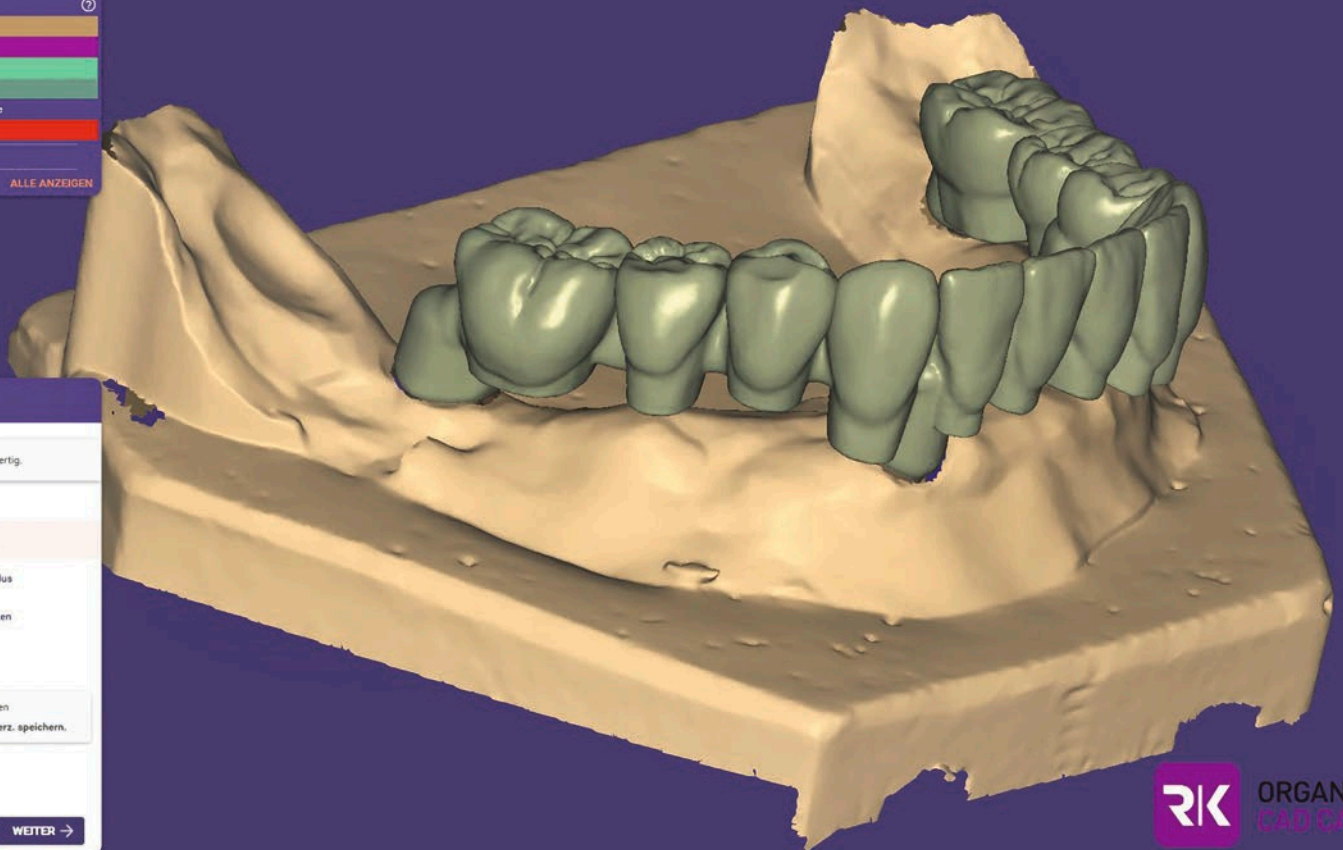
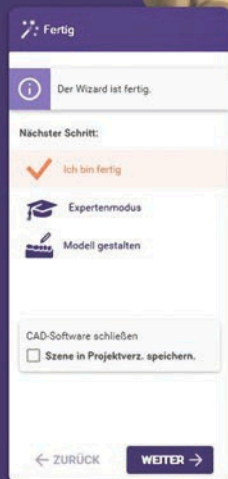


Volldigitale Fertigung in wenigen Schritten

Machbarkeitsstudie – optimierte Behandlung durch modernes Datenmanagement und Datenübertragung

ANDRÉ HUTSKY, DANIEL ELLMANN, ULF MAHLKE



Einleitung

Das zahntechnische Handwerk lebt von Innovationen, im Kleinen wie im Großen. Auf dem Weg zu perfekten Resultaten und simplifizierten Arbeitsmechanismen spielen die CAD/CAM-Fertigung und der Einsatz innovativer Werkstoffe sowie Werkstoffverbindungen eine immer bedeutsamere Rolle. Hierbei geht es nicht nur darum, Arbeitsabläufe laborseitig auf ein zeitliches und fachpersonelles Minimum zu reduzieren. Vielmehr sollen auch die praktizierenden Zahnärzte und ihre Patienten durch weniger, dafür aber hochspezialisierte Behandlungssitzungen entlastet werden. Bei einem derartigen Vorgehen profitieren also alle Leistungspartner gleichermaßen.

Im Rahmen einer Analyse aller vorhandenen Rahmenbedingungen – beispielsweise personeller und technischer Ressourcen – haben wir uns zum Ziel gesetzt, teleskopierenden Zahnersatz auf Implantaten möglichst effizient zu fertigen und dabei gleichzeitig ressourcenschonend sowie mit biokompatiblen, digitalen Werkstoffen zu arbeiten (Abb. 1).

Zielstellung im vorliegenden Fall ist, dass der komplette Kombinationszahnersatz inklusive Implantatplanung mithilfe eines modernen Datenmanagements und -transfers im Sinne eines Backward Planning umgesetzt wird und möglichst sämtliche Arbeitsschritte rein digital erfolgen sollen.

Fertigung des Zahnersatzes

Im Unterkiefer eines Patienten werden vier Implantate geplant und diese nach erfolgreicher Insertion mit einem Kombinationszahnersatz bestehend aus Implantatabutments (Primärteleskopen) sowie einer darüber liegenden herausnehmbaren Prothese mit einer Mesostuktur aus Sekundärteleskopen und verklebter Gerüststruktur versorgt. Zum Einsatz kommen dabei ein Intraoralscanner, ein Gesichtsscanner, ein DVT, mehrere dentale CAD-Softwares sowie eine sinnvolle Kombination aus 3-D-basierten, subtraktiven und additiven Fertigungsverfahren.

In der ersten Behandlungssitzung des Zahnarztes werden alle patientenre-

Zusammenfassung

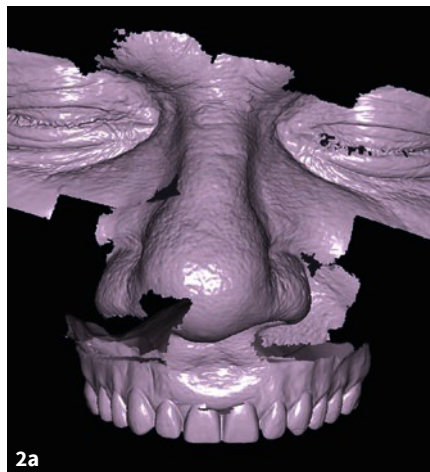
Der Beitrag zeigt die Herstellung eines teleskopierenden Zahnersatzes auf Implantaten mithilfe eines modernen Datenmanagements und -transfers im Sinne eines Backward Plannings. Alle Arbeitsschritte erfolgten zumeist rein digital, unter Einsatz innovativer Werkstoffe sowie Werkstoffverbindungen. Wichtig war dabei, Arbeitsabläufe laborseitig auf ein zeitliches und fachpersonelles Minimum zu reduzieren und den Zahnarzt und seinen Patienten durch weniger, dafür aber hochspezialisierte Behandlungssitzungen zu entlasten.

Indizes

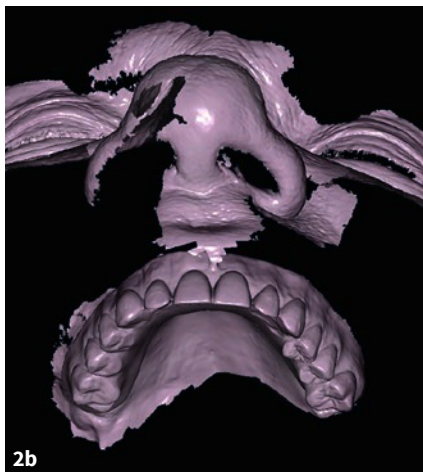
Implantatprothetik, Backward Planning, digitaler Workflow, Scan, digitales Modell



Abb. 1 Prozessoptimierte Behandlung für eine volldigitale Fertigung eines kombinierten Unterkieferzahnersatzes in wenigen Behandlungsschritten.



2a



2b



3



4

Abb. 2a und b Gesichtsscanaufnahme inklusive Oberkiefer mit dem Intraoral-scanner. **Abb. 3** Gesichtsscanaufnahme mit dem RayFace 200 Gesichtsscanner. **Abb. 4** Diagnostisches Wax-up für 3-D-Implantplanung in exocad.

levanten Informationen erhoben. Hierzu werden intraorale Scans vorgenommen, wobei die vorhandene Unterkieferprothese zuvor so unterfüttert wird, dass im späteren Verlauf über ein Datenmatching eine druckstellenfreie Prothesenbasis generiert werden kann. Zu diesem Zeitpunkt wird auch die korrekte Bisslage über den vorhandenen Zahnersatz eingestellt.

Die Gesichtsbogenübertragung selbst erfolgt über einen modifizierten Face-scan (Abb. 2a und b) und einen klassischen Gesichtsscan (Abb. 3), sowohl zur

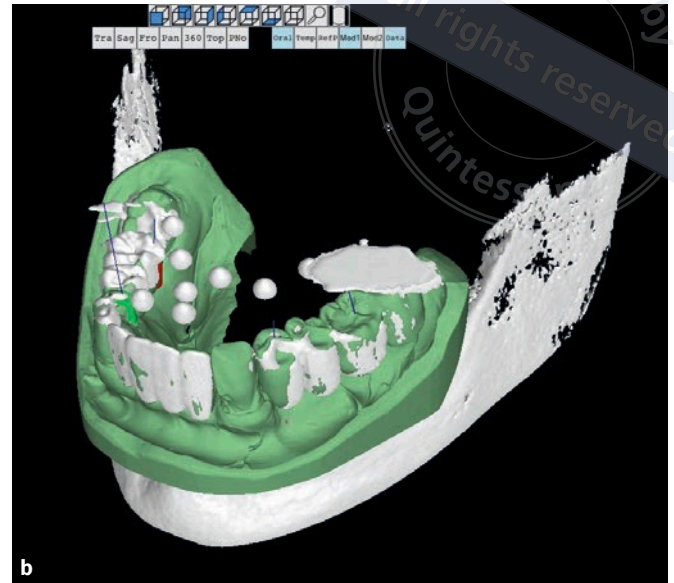
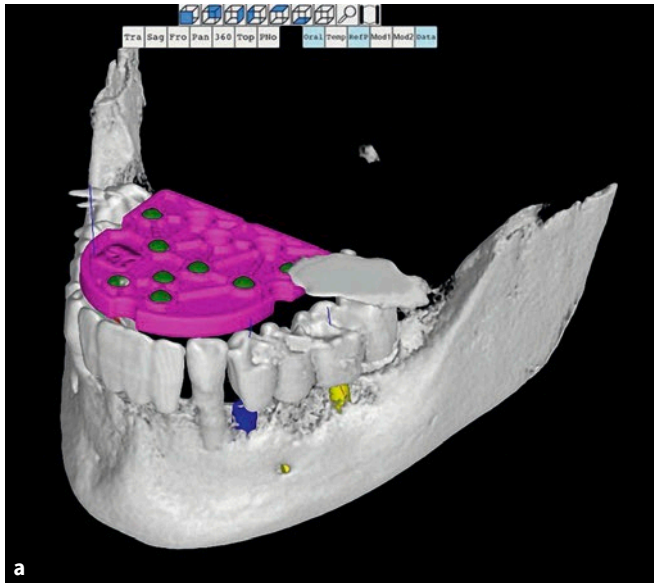
weiterführenden diagnostischen Analyse als auch, um ein diagnostisches Wax-up für die 3-D-basierte Implantatplanung zu erstellen. Der Clou: Mit dem hier verwendeten RayFace 200 Gesichtsscanner (Fa. Ray, Seongnam-si, Süd Korea) lassen sich unter anderem die Ala-Tragus-Ebene und die Bipupillarlinie vollautomatisiert ermitteln und die Oberkiefer- und die Gesichtsmitte können bei Bedarf virtuell aufeinander abgestimmt werden.

Die aufeinander ausgerichteten Intraoralscan- und Facescanaufnahmen werden anschließend in die Laborsoft-

ware der Fa. Exocad exportiert. Im Zuge der Erstellung des diagnostischen Wax-ups können nun das individuelle Lächeln des Patienten und die Lippenlinie mitberücksichtigt werden.

Auf Basis der intraoralen Abformung sowie der STL-Daten für das diagnostische Wax-up (Abb. 4) wird eine Röntgenschiene designt und anschließend gefertigt. Die zu ersetzenden Zähne werden hierzu aus bariumsulfathaltigen Rohlingen herausgefräst und in eine gedruckte (oder gefräste) Röntgenschiene eingeklebt. Um eine bestmögliche Adjustierung der zu erhebenden DVT-Bilddaten der röntgenologisch zu erfassenden Kiefer sowohl in Größe und Dimension zu erzielen, wird in die Röntgenschiene, die sogenannte Organical Dental Implant-Referenzplatte, integriert (Abb. 5a).

Nach der DVT-Aufnahme unter Berücksichtigung sämtlicher zuvor erstellter Planungsdaten, werden in der Organical Dental Implant Planungs- und Konstruktionssoftware gemeinsam mit dem Behandler alle Implantate geplant. Eine Neuentwicklung innerhalb der Software ermöglicht dies unter Berücksichtigung der Einhaltung der biologischen Breite (Abb. 5b bis d). Dies ist insbesondere ein Novum, da dem vorzeitigen Verlust von Implantaten infolge Nichtbeachtung des



Abstands von der Schulter des Implantats zum Zahnfleischsaum – hier unter Berücksichtigung des diagnostischen Wax-ups – effektiv entgegengewirkt werden kann.

Anschließend werden für das Design alle relevanten Daten zu implantatbezogenen Bohrhülsen und Bohrstopps sowie deren exakte, dreidimensionale Lage in der Bohrschablone überführt. Die 3-D-Implantatmodelle und die Bohrschablone werden gedruckt und im Labor finalisiert.

Im nächsten Behandlungsschritt des Zahnarztes erfolgt nunmehr die Implantation unter Zuhilfenahme der 3-D-generierten Bohrschablone. Die Implantatpositionen sowie das jeweilige Implantataustrittsprofil werden nach Einheilen der Implantate mithilfe des Intraoral-scanners und der intraoralen Scanbodies systematisch erfasst. Die so gewonnenen Datensätze werden im Dentallabor in exocad überführt (Abb. 6a bis h).

Parallel dazu stellt das Labor die finalen Implantatabutments im Sinne von Primärteleskopen, einen Übertragungssplint, gefräste Sekundärteleskope mit Friktionselementen für die spätere Me-

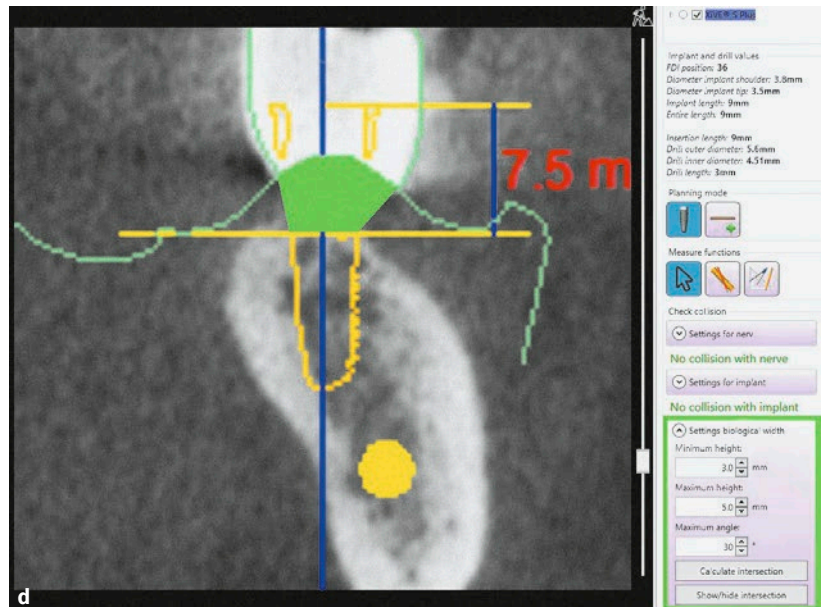
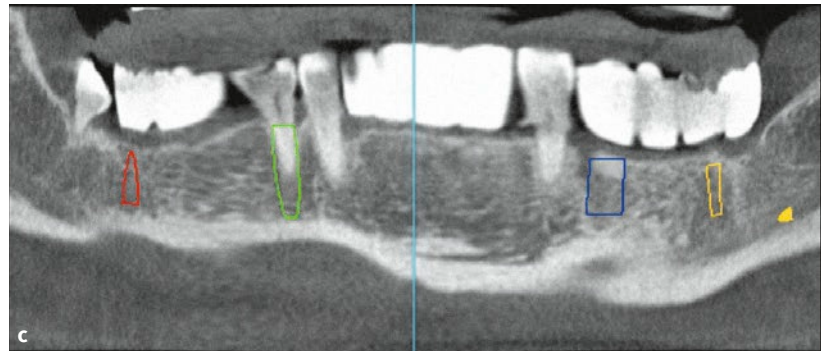


Abb. 5a bis d Zuordnung der Referenzebene zur Herstellung der 3-D-gedruckten Bohrschablone (a). DVT-Implantatplanung unter Berücksichtigung der finalen Restauration (b und c). Einberechnen der biologischen Breite, um implantatprothetische Komplikationen zu vermeiden (d).

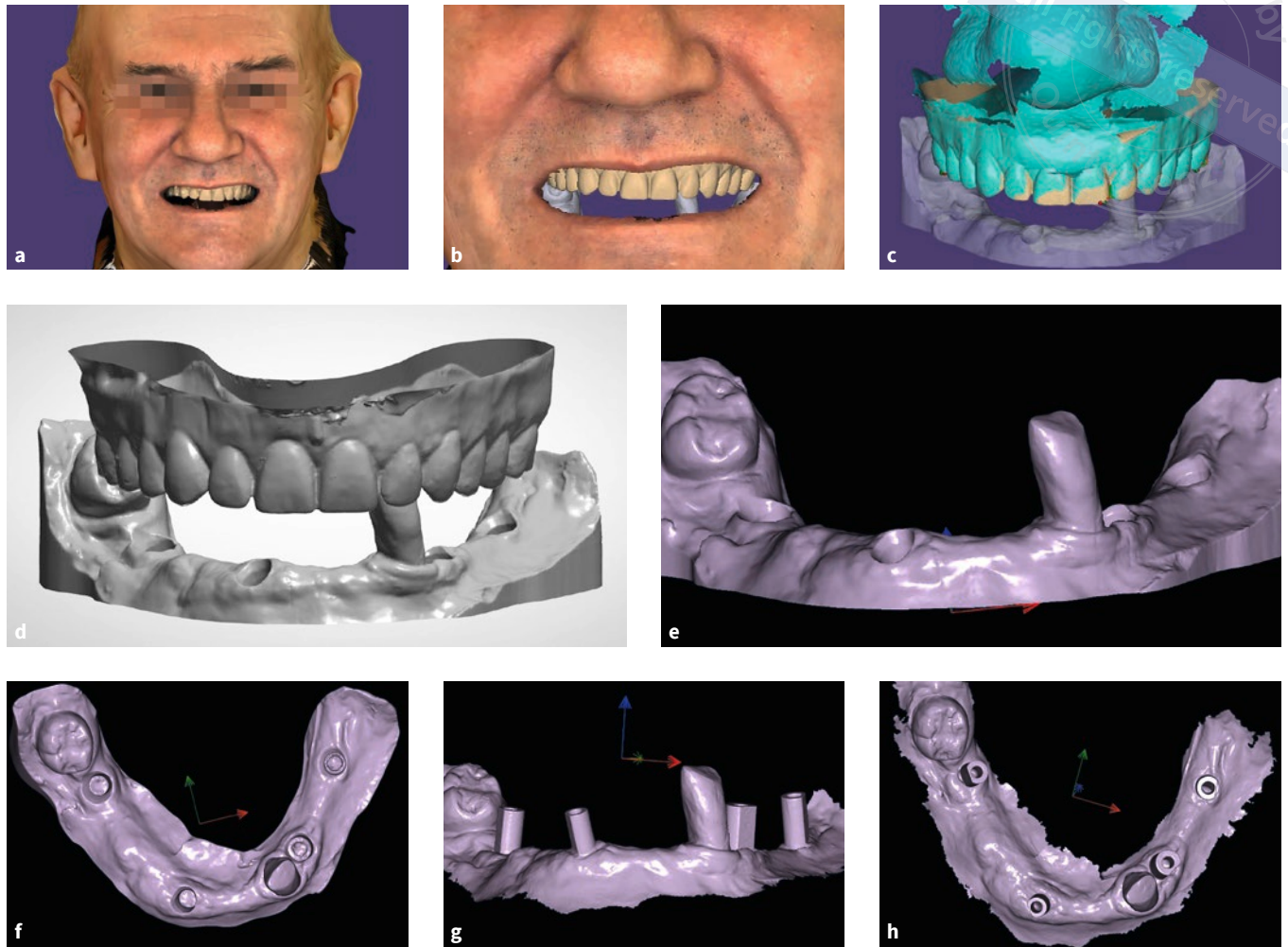


Abb. 6a bis h Erfassen der Implantatpositionen nach erfolgreicher Insertion der Implantate mithilfe eines Intraoralscanners und Übertragen der Datensätze in exocad. Überlagerung OK/UK mit Gesichtsscan (a bis c). OK/UK zueinander ausgerichtet (d). Gingivascan zur Visualisierung des Emergenzprofils (e und f). Abutmentscan (g und h).

sostruktur inklusive dem dazugehörigen Tertiärgerüst sowie den provisorischen Zahnersatz (Reiseprothese) 3-D-basiert her, der den späteren funktionellen und ästhetischen Kriterien entsprechen soll (Abb. 7 bis 13).

In der nächsten Behandlungssitzung des Zahnarztes werden die Implantatabutments definitiv befestigt. Nun werden die extraktionswürdigen Zähne 33 und 47 entfernt, die im Zuge der Implantation zur fixen Abstützung der Bohrschablone sowie der Verankerung des vorhandenen Zahnersatzes gedient haben. Anschließend wird der Übertragungs-

splint eingebracht, der die geplante korrekte Kieferrelation nach dem Weigl-Konzept bestätigen soll. Wie hier erforderlich, würde der Behandler in diesem Schritt eine Feinadjustierung in der funktionellen Okklusion vornehmen können (Abb. 14a) und den Übertragungssplint zurück zum Labor senden. In diesem Fall würde diese nachgescannt werden, um die neu ermittelte Kieferrelation in die finale Arbeit überführen zu können (Abb. 14b bis f).

Der Patient erhält seine Reiseprothese, die bereits dem ästhetischen Bild der finalen Überstruktur entspricht

(Abb. 15a bis j). Nach dem Abheilen der Extraktionswunden werden die Offset-Käppchen als Sekundärteleskope auf den Primärteleskopen (hier den Implantatabutments) positioniert und das Tertiärgerüst spannungsfrei auf diesen im Mund verklebt (Abb. 16a und b). Das so verklebte Gerüst wird zurück an das Labor versandt (Abb. 17a bis f).

Im Labor wird jetzt die Arbeit finalisiert (Abb. 18a bis h).

In der letzten Behandlungssitzung des Zahnarztes wird der teleskopierende Zahnersatz definitiv eingegliedert (Abb. 19 und 20).

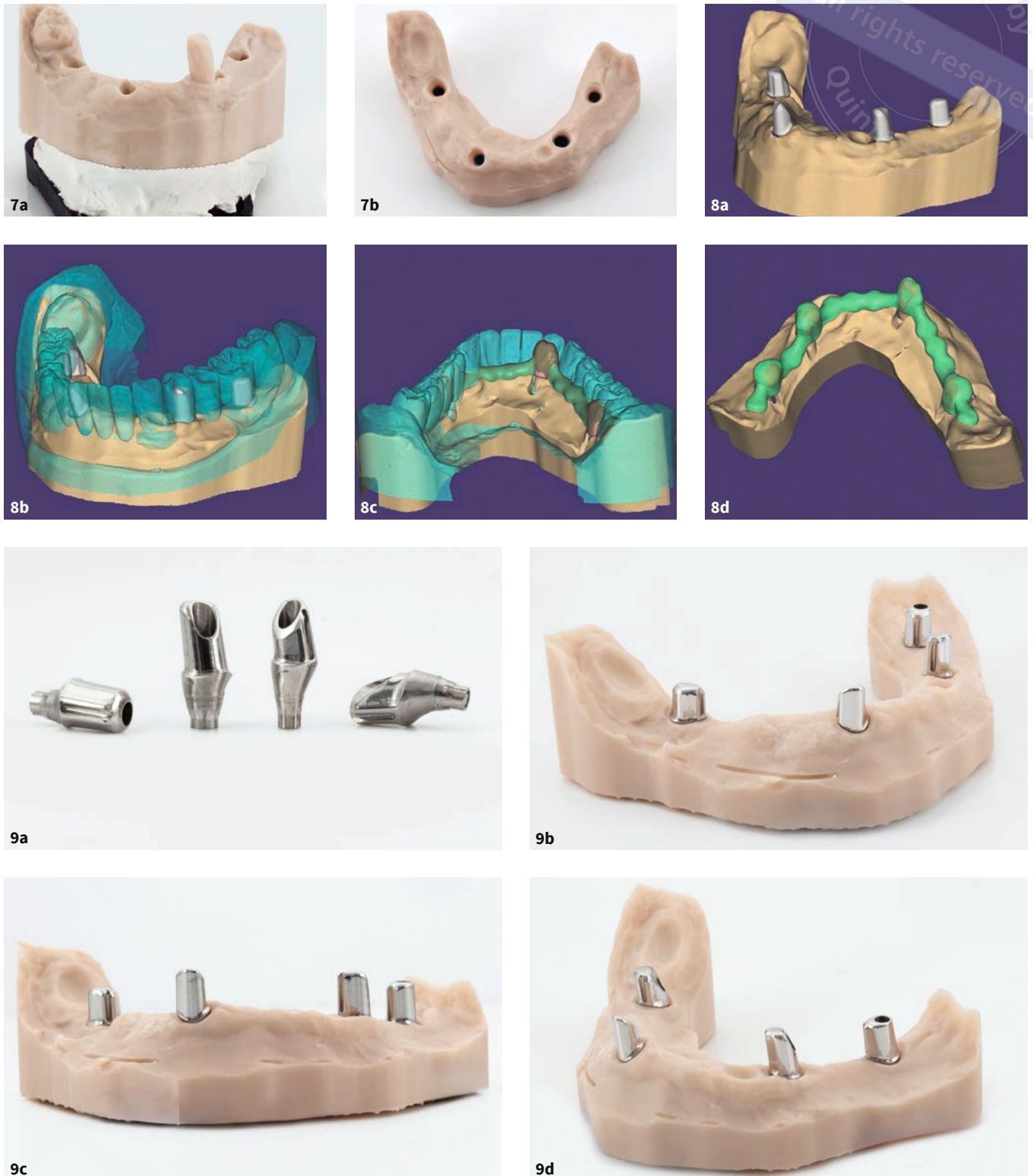


Abb. 7a und b 3-D-Druck-Implantatmodelle, auf Organical 3D Print X1N gedruckt. Noch mit den zu extrahierenden Zähnen 33 und 47 inklusive Platzhaltern für Implantat-Modellanaloge (a). Digitale Extraktion der nichterhaltungswürdigen Restbezahnung (b). **Abb. 8a bis d** Übertragen des diagnostischen Wax-ups auf die finale Implantatposition. Dieser Schritt erspart eine erneute Kieferrelationsbestimmung und Diagnostik. Alle Designschritte werden in exocad vorgenommen. Design der Implantatabutments (Primärteleskope) (a). Design der Sekundär- und Tertiärstruktur (b bis d). **Abb. 9a bis d** Implantatabutments, gefräst auf Organical Z-W4. Freigestellt (a). Befestigt auf Implantat-Modellanalogen auf dem 3-D-Druckmodell (b bis d).



Abb. 10a bis j CAD-Design des Übertragungssplints in exocad (a bis e). Aus Organic Polyurethan gefräster Übertragungssplint zur Verifizierung der korrekten Kieferrelation nach dem Weigl-Konzept. Freigestellt sowie platziert auf Implantatabutments (Primärteleskopen) auf dem 3-D-Implantatmodell (f bis j).

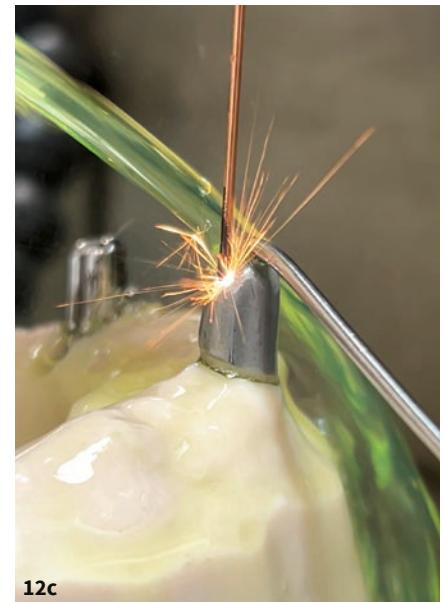
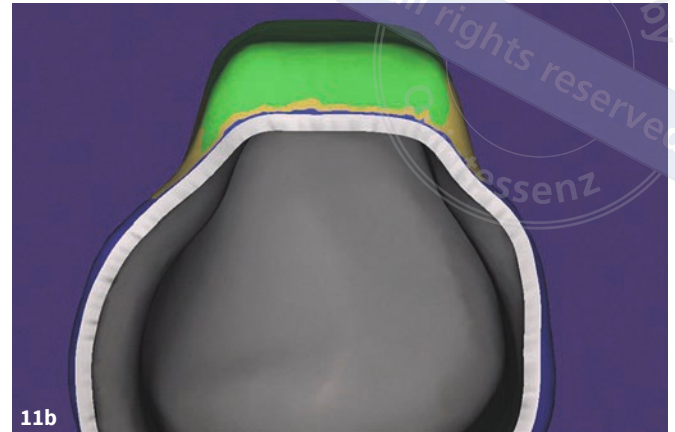
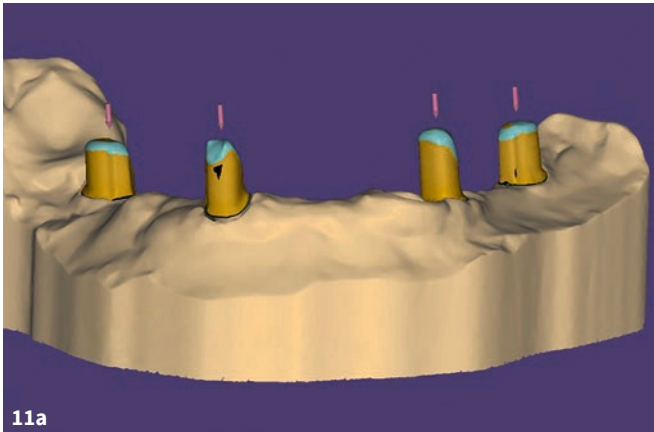


Abb. 11a und b 3-D-basierte Festlegung der gemeinsamen Einschubrichtung für die Mesostruktur über die Funktion „Offset-Käppchen“.
Abb. 12a bis e Einarbeitung der Friktionselemente in die gefrästen Offset-Käppchen (Mesostruktur/Sekundärteleskope) mithilfe von SAE-Funkenerosion.

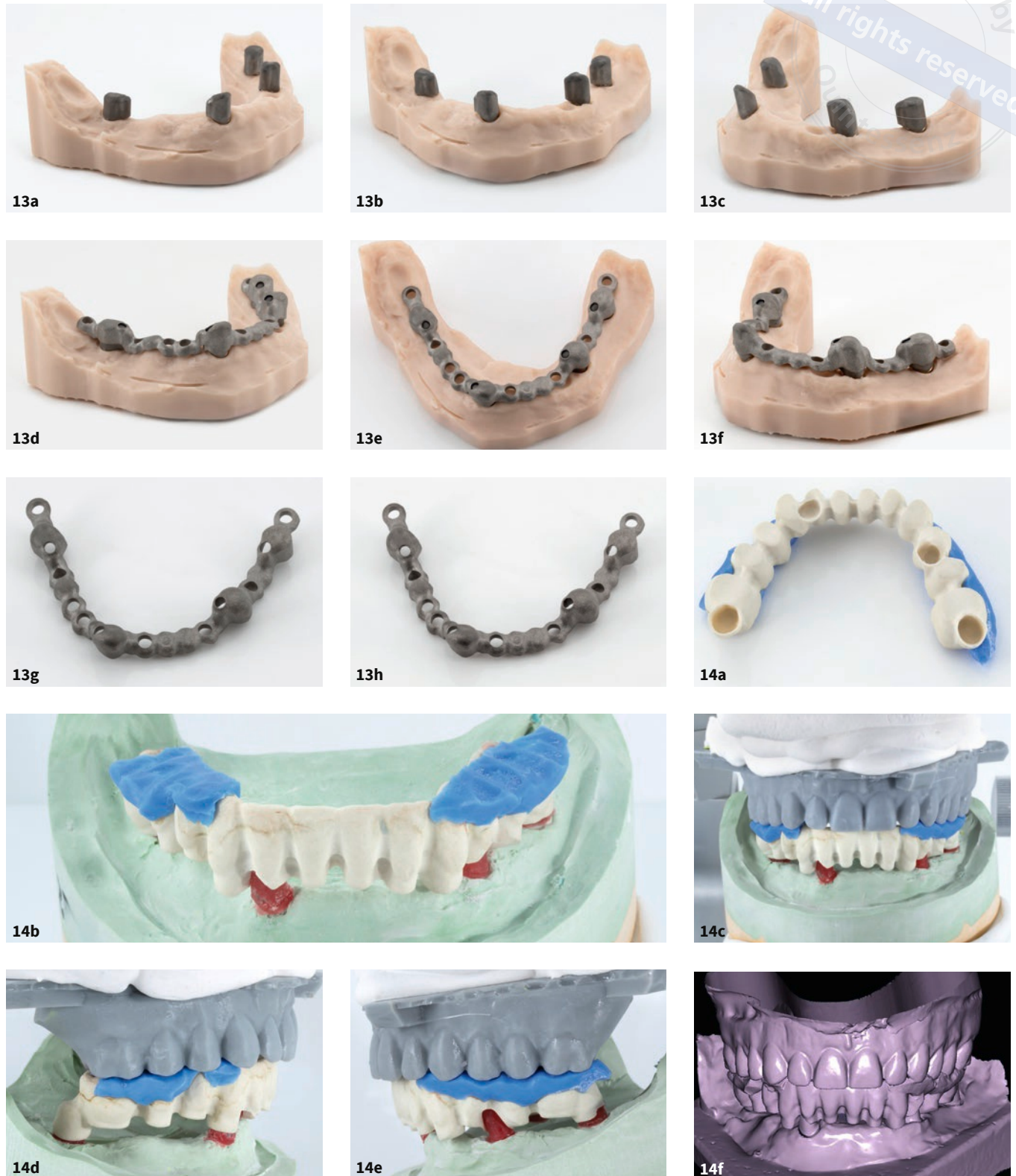


Abb. 13a bis h Meso-/Sekundär- und Tertiärstruktur, allesamt gefräst aus Organic CoCr auf Organical Desktop 9CS. Mesostruktur/Sekundärteleskope auf dem 3-D-Implantatmodell (a bis c). Tertiärgerüst auf Sekundärteleskopen auf dem 3-D-Implantatmodell im unpolierten Zustand (d bis f). Tertiärgerüst freigestellt, maschinengefräst versus konditioniert zum Verkleben im Mund (g und h). **Abb. 14a bis f** Übertragungssplint mit Bissregistrator zum Abgleich der korrekten Kieferrelation im Artikulator. Freigestellt (a). Auf Modell und im Artikulator (b bis e). Im digitalisierten Zustand (f).

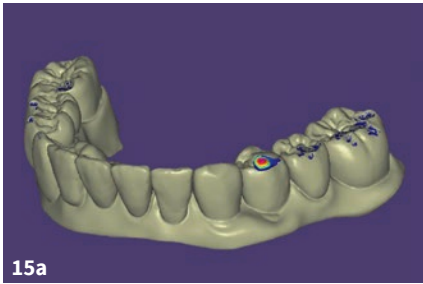


Abb. 15a bis j Reiseprothese. CAD-basierte Aufstellung in exocad (a). Freigestellt (b bis f). Auf dem 3-D-Implantatabutment-Modell und im Artikulator (g bis j). **Abb. 16a und b** Meso-/Sekundär- und Tertiärstruktur im Mund des Patienten mit Panavia V5 spannungsfrei verklebt.

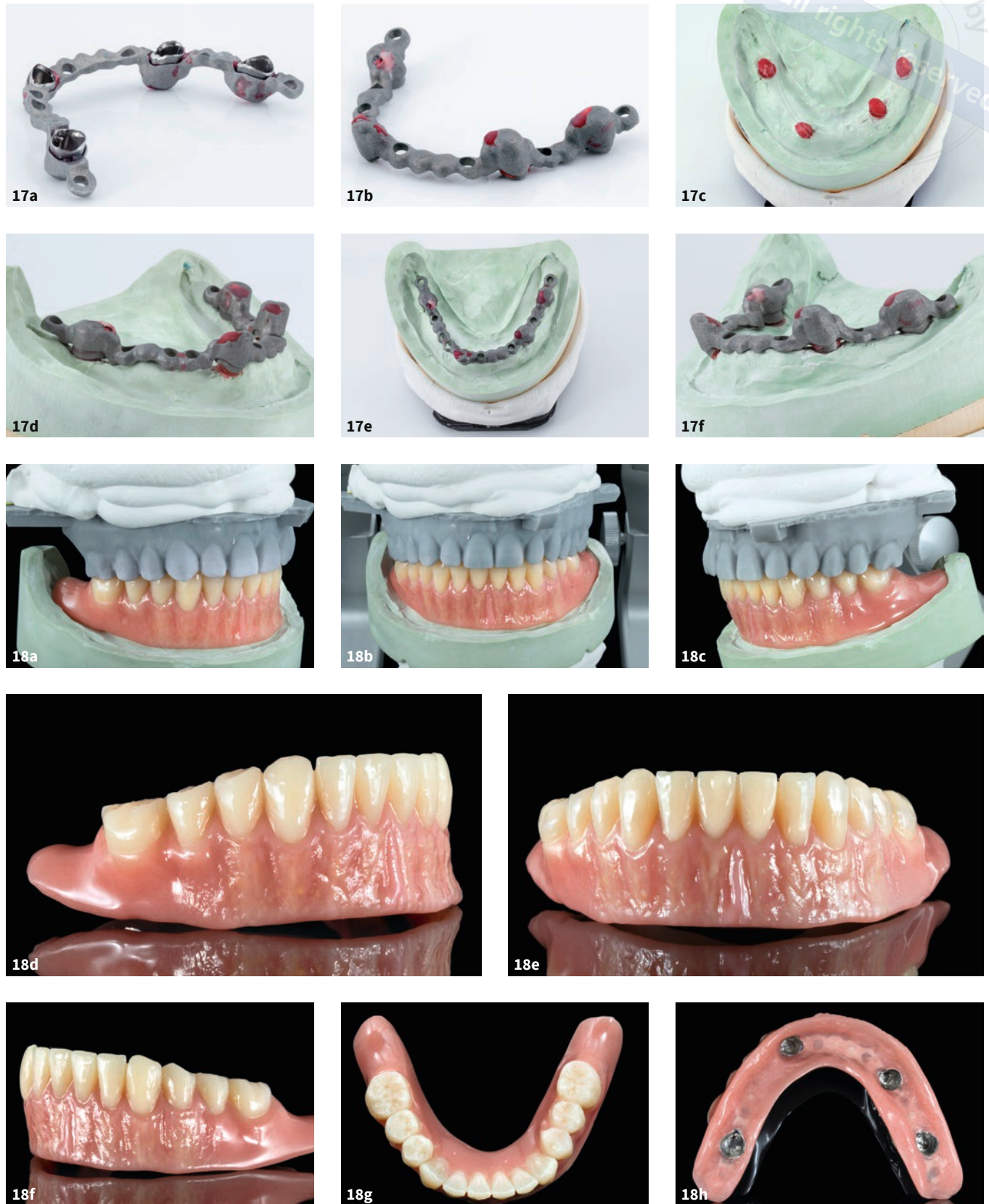


Abb. 17a bis f Meso-/Sekundär- und Tertiärstruktur, verklebt im Labor (a und b). Auf gesockeltem UK-Modell (c bis f). **Abb. 18a bis h** Finale Herstellung des implantatgetragenden, teleskopierenden Zahnersatzes im Labor.



Abb. 19a bis e Definitiver Zahnersatz in situ. **Abb. 20a und b** Gegenüberstellung: Vorher-nachher-Aufnahme mit dem RayFace 200 Gesichtsscanner. UK unversorgt (a), UK mit final inseriertem Zahnersatz (b).

Fazit

Der Einsatz 3-D-basierter Verfahrens- und Anwendungstechnologien in Verbindung mit einem modernen Datenmanagement eröffnet dem Team Zahnarzt/Zahntechniker völlig neue und vor allem sinnvoll verschlankte Arbeitsabläufe bei der Planung und der Herstellung von Zahnersatz. Die durchdachte Vorgehensweise bei dem dargestellten Patientenfall belegt, dass eine klar strukturierte Zusammenlegung

von Arbeitsschritten zu einem bestmöglichen Behandlungsabschluss für den Patienten führt. Dieses Vorgehen ist geprägt von präziser Vorhersage des Endergebnisses im Sinne des Backward Plannings, einer klaren Kommunikation zwischen Zahnarzt und Zahntechniker während des gesamten Prozesses und einer hohen Kosten- und Zeiteffizienz auf allen Seiten, bei gleichzeitiger Verwendung hochwertiger und weitestgehend rein 3-D-generierter Materialien.



André Hutsky

Dr.

Korrespondenzadresse:

Organical CAD/CAM

Ruwersteig 43

12681 Berlin

E-Mail: andre.hutsky@organical-cadcam.com

Daniel Ellmann

ZTM

Rübeling+Klar Dental Labor

Berlin

Ulf Mahlke

ZA

Berliner Str. 11

14542 Werder/Havel