3D-Scannen - und was dann?

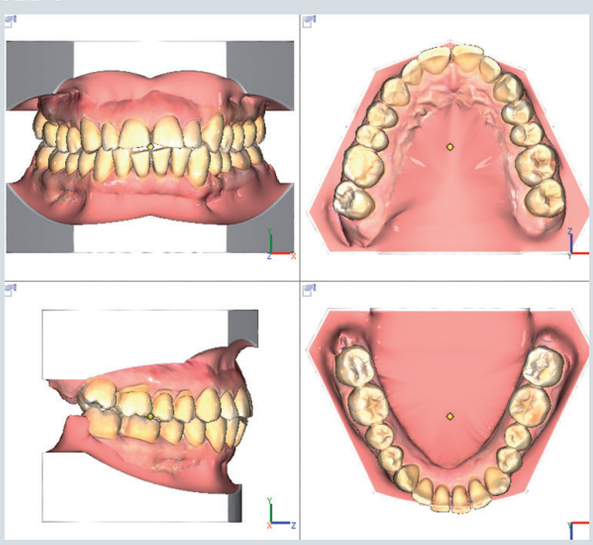
Dr. Rolf Kühnert, Image Instruments, Chemnitz

Aktuell sieht sich der interessierte Kieferorthopäde einem ständig breiter werdenden Angebot an Modell- und Intraoralscannern gegenüber, die unter technischem und preislichem Gesichtspunkt für die Verwendung in der Praxis durchaus geeignet sind. Die an die Einführung einer solchen Technologie und die damit verbundene Umstellung von Arbeitsabläufen geknüpften Erwartungen sind dabei recht vielfältig und fokussieren sich u.a. auf Effekte wie Einsparungen und Erleichterungen, aber auch auf eine Absicherung oder gar weitere Verbesserung von hochwertigen Behandlungsergebnissen.

Möglichkeiten der Umsetzung dieser Ziele finden sich in erster Linie in Tätigkeitsfeldern wie Modellarchivierung, Modellvermessung/Diagnostik, Behandlungsplanung, Herstellung von Behandlungsapparaturen, aber auch Patientenberatung, Falldokumentation, Kommunikation u.v.m.

Ein wichtiger Aspekt ist bereits die Wahl der Scantechnologie, denn auch wenn sich die Anwendungsmöglichkeiten von Modell- und Intraoralscannern in weiten Bereichen überschneiden, fällt doch mit der Entscheidung für eine der beiden oder auch beide Technologien eine gewisse Vorentscheidung über die konkreten Ausgestaltungsmöglichkeiten der digitalen Arbeitsweise. Häufig wünschen sich potenzielle Nutzer, alle hierbei erforderlichen virtuellen Bearbeitungsschritte möglichst innerhalb einer einheitlichen Softwareanwendung ausführen zu können, die sich im Bezug auf Schnittstellen zur Praxisverwaltung, zu bildgebenden Systemen und zur Weiterverarbeitung problemlos in die vorhandene Infrastruktur der Praxis einbetten lässt und auch die Arbeit mit sonstigen fallrelevanten Bildinformationen wie u.a. Röntgenbilder, Fotos und DVT abdeckt.

Abb. 1



Im Modul „Sockeln“ erstelltes digitales Archivmodell aus texturierter intraoraler Abformung (CEREC Omnicam) und OnyxCeph3™ Standardsockel EU klein.

Mit der aktuellen Version 3.2 der seit 1996 ständig weiterentwickelten kieferorthopädischen Bildverarbeitungssoftware OnyxCeph3™ stellt Image Instruments eine Lösung bereit, die diesem Wunsch entsprechen möchte. Technisch gesehen handelt es sich bei OnyxCeph3™ um eine auf Windows™-Betriebssystemen lauffähige Client-/Server-Netzwerkanwendung mit einer leistungsfähigen SQL-Datenbank NexusDB, die weitgehend alle aktuell nachgefragten Funktionen für die patientenbezogene Verwaltung und Arbeit mit 2D- und 3D-Bildvorlagen auf Grundlage einer einheitlichen Bedienoberfläche bereitstellt. Als Orientierungshilfe für diejenigen, die sich gern detaillierter über die prinzipiellen Möglichkeiten der Verwendung digitaler Modelle in der KFO-Praxis informieren möchten, werden die wesentlichen der hierfür in OnyxCeph3™ nutzbaren Werkzeuge nachfolgend kurz vorgestellt.

Modelle patientenbezogen scannen, importieren und archivieren

Im Modul „Bild hinzufügen“ werden die beiden in Okklusion vorausgerichteten Scandateien für Ober- und Unterkiefer per Drag&Drop in die hierfür zutreffende Sitzung gezogen und bezüglich Aufnahmedatum, Bildtyp und sonstiger Bildattribute klassifiziert. Im Modul „Bild ausrichten“ muss der Datensatz danach patientenbezogen ausgerichtet, und, wenn erforderlich, topologisch aufbereitet werden. Im Modul „Sockeln“ können Ober- und Unterkieferscan mittels Polygon oder Ebenen individuell beschnitten und im Anschluss in virtuelle Sockelschalen wählbarer Geometrie und Abmessungen eingebettet werden (Abb. 1). Alternativ lassen sich Hufeisensockel verwenden. Damit sind bereits alle Erfordernisse im Hinblick auf eine digitale Modellarchivierung erfüllt.

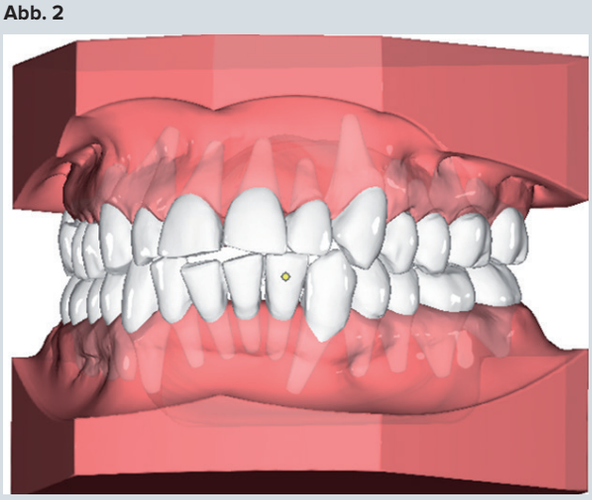
Modelle segmentieren, separieren, vervollständigen

Egal, ob der Datensatz danach für diagnostische, Beratungs- oder Planungszwecke benutzt werden soll, sind die Segmentierung der Einzelkronen und deren Vervollständigung zu sogenannten Hybridzähnen empfohlen. Hierbei können im Modul „Segmentieren“ nicht nur die gescannten Kronenoberflächen um die für nachfolgende Verarbeitungsschritte erforderlichen Zwischenkronenbereiche und virtuelle Wurzeln ergänzt, sondern jedem Einzelzahn auch ein Kronenkoordinatensystem und charakteristische Referenzpunkte zugeordnet werden (Abb. 2).

Modelle vermessen, analysieren, bewerten

Mit Hilfe dieser charakteristischen und einiger u.U. zusätzlich manuell zu setzender Referenzpunkte lassen sich je nach Modelltyp und Messverfahren im Modul „Auswertung“ alle in der Analysenbibliothek verfügbaren traditionellen Modellanalysen für Milch-, Wechsel- und bleibendes Gebiss gemäß Definition anwenden. Darüber hinaus wird mit der Onyx-Modellanalyse eine Platzdiskrepanzberechnung für Wechsel- und Permanentgebiss bereitgestellt, die Platzangebot und Platzbedarf der regulären Zielsituation auf Grundlage der bekannten geometrischen Parameter von Zahnbogen und Einzelzähnen unter Berücksichtigung der tatsächlichen (effektiven) Kronenkontakte ermittelt. Diese Methode erfordert lediglich die Vorgabe der im Ziel gewünschten Symmetrie- und Inklinationseinstellung (sowie eines Stützzonen-Approximationsverfahrens im Fall von Wechselgebissen) und liefert so eine schnelle Orientierung über erforderliche Behandlungsmaßnahmen (Abb. 3). Auf demselben Berechnungskonzept beruht die Möglichkeit der quantitativen Einschätzung von Zahnfehlstellung und Behandlungsnotwendigkeit durch Berechnung von Kennwerten wie IOTN- und PAR-Index (Abb. 4).

Abb. 2

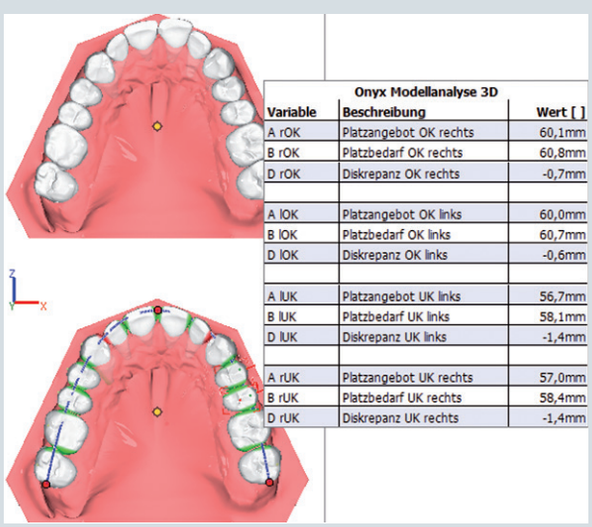


Im Modul „Segmentieren“ aufbereiteter Modelldatensatz.

Behandlungsziel planen

Für diagnostische und Planungsaufgaben kann es gewünscht sein, das angestrebte Behandlungsziel durch Umstellung der virtuellen Einzelzähne und Simulation der daraus resultierenden Zahnfleischveränderung zu visualisieren. OnyxCeph3™ stellt hierfür im Modul „V.T.O.3D“ unterschiedliche Werkzeuge bereit, welche automatische und manuelle Korrekturen von Zahnbogen und Zahnstellung auf Grundlage des für diesen

Abb. 3

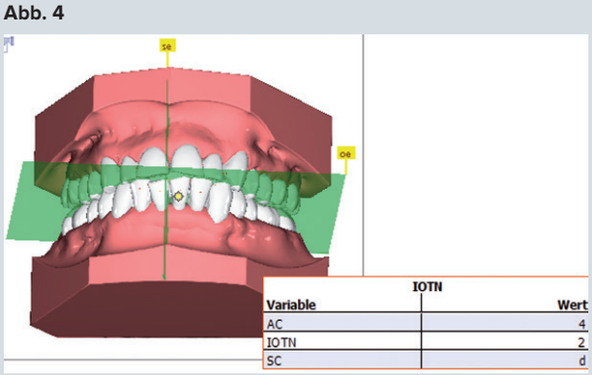


Onyx Modellanalyse 3D

Variable	Beschreibung	Wert [ ]
A rOK	Platzangebot OK rechts	60,1mm
B rOK	Platzbedarf OK rechts	60,8mm
D rOK	Diskrepanz OK rechts	-0,7mm
A lOK	Platzangebot OK links	60,0mm
B lOK	Platzbedarf OK links	60,7mm
D lOK	Diskrepanz OK links	-0,6mm
A lUK	Platzangebot UK links	56,7mm
B lUK	Platzbedarf UK links	58,1mm
D lUK	Diskrepanz UK links	-1,4mm
A rUK	Platzangebot UK rechts	57,0mm
B rUK	Platzbedarf UK rechts	58,4mm
D rUK	Diskrepanz UK rechts	-1,4mm

OnyxCeph3™ Platzdiskrepanzmessung auf Grundlage von Monsonkurve und effektiven Kronenkontakten.

Abb. 4



IOTN

Variable	Wert
AC	4
IOTN	2
SC	d

IOTN-Bestimmung am digitalen Modell in Modul „Auswertung“.

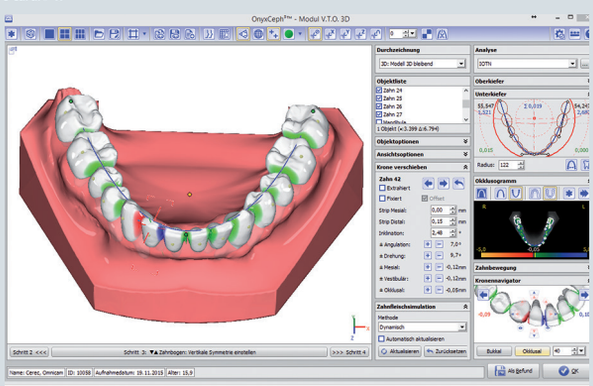
Zweck entwickelten Monson-Andrews-Konzeptes und unter Kontrolle von individuellen Grenzwerten der Zahnbewegung ermöglichen (Bild 5).

Alignerplanung

Um das virtuell geplante Behandlungsziel durch Schienentherapie zu erreichen, können im Modul „Aligner 3D“ inkrementelle Behandlungsschritte definiert werden. Dabei kann jeder Step individuell modifiziert, mit Attachments versehen und, wenn gewünscht, mittels Zwischenscan (Progress-Refinement) der aktuell erreichten Behandlungssituation unter Beibehaltung des ursprünglichen Zieles angepasst werden (Abb. 6).

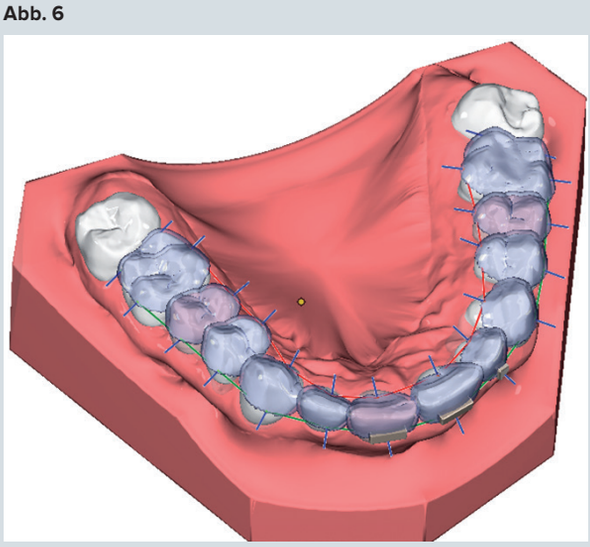
Die individuell geplanten Behandlungsinkremente können unter Nutzung der verfügbaren Exportprotokolle einzeln oder seriell beschnitten, beschriftet, nummeriert, ausgeblockt und in unterschiedlichen 3D-Formaten je nach Anforderung mit oder ohne Neuvernetzung als Datensatz gespeichert und anschließend gefertigt werden.

Abb. 5



Planung des Behandlungszieles in Modul „V.T.O.3D“.

Abb. 6



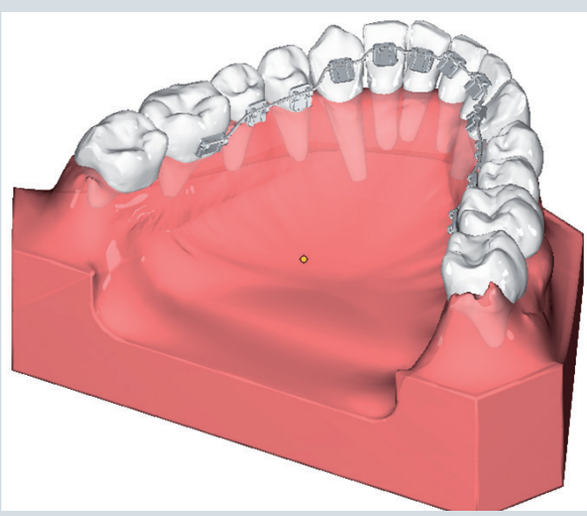
Inkrementelle Planung von Schienenbehandlungsschritten in Modul „Aligner 3D“.

Bracketpositionen planen und übertragen

Ist für die Umsetzung des virtuell geplanten Behandlungszieles eine Multibandbehandlung vorgesehen, kann die Berechnung der optimalen Bracketpositionen entweder im Modell „FA_Bonding“ oder im Modul „Wire_Bonding“ erfolgen. Während die virtuellen Brackets beim „FA_Bonding“ unter Verwendung empirischer Regeln und verschiedener visueller Ausrichthilfen am Malokklusionsmodell positioniert werden, erfolgt dies beim „Wire_Bonding“ durch Vorgabe der virtuellen Drahtbogengeometrie und Individualisierung von Zielbogen und Bracket-Klebebasis relativ zur Zielsituation mit anschließendem Rücksetzen zur Malokklusion. Diese Methodik kann bukkal wie lingual angewandt werden und der Zieldraht kann neben der klassischen Straight-Wire-Geometrie auch eine sphärische Krümmung aufweisen (Abb. 7).

Die direkte und indirekte Übertragung der virtuell geplanten Bracketpositionen auf den Patienten wird in OnyxCeph3™ in Form mehrerer jeweils in separaten Modulen umgesetzten Techniken unterstützt. Hier soll

Abb. 7



Planung optimaler Bracketpositionen in Modul Wire_Bonding am Beispiel einer lingualen Behandlung und der Verwendung eines sphärisch gekrümmten 3D-Zieldrahtes.

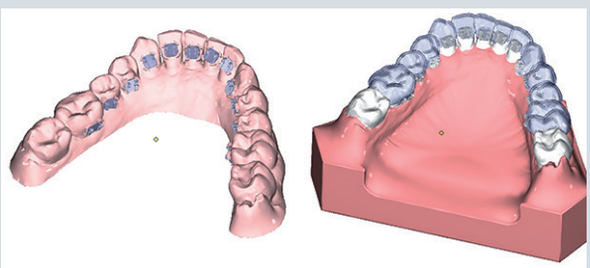
lediglich auf die Möglichkeit des indirekten Klebens mittels Modul „Kylix“ verwiesen werden, bei der Position und Ausrichtung des Brackets relativ zur jeweiligen Krone mit Hilfe eines Basisrahmens wählbaren Designs codiert wird. Das reale Bracket wird danach am ausgedruckten oder gefrästen Zahnkranz mit der vorgegebenen individuellen Basis versehen und mittels bewährter Tiefziehfolientechnik übertragen.

Im zweiten Bild ist mit der virtuellen Konstruktion direkter Übertragungsschienen im Modul „Bonding Trays“ eine Verfahrenstechnik illustriert, deren breite praktische Anwendung zur Zeit noch an Detailproblemen bezüglich der mechanischen Eigenschaften des für aufbauende Fertigungsverfahren verfügbaren Schienenmaterials scheitert (Abb. 8).

Retainer planen

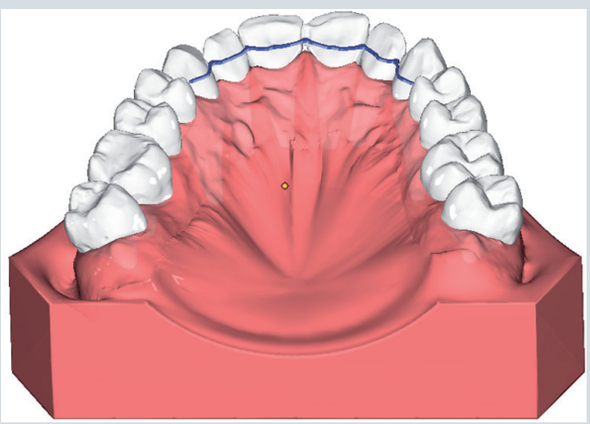
Das mit der Einführung einer digitalen Arbeitsweise verbundene Einsparungs- und Verbesserungspotenzial wird am Beispiel der vergleichsweise simpel anmutenden Aufgabe der Konstruktion und Fertigung von CAD/CAM-Retainern besonders deutlich. Im Modul „Retainer“ lassen sich virtuelle Retainer mit wenigen Mausklicks entsprechend vorgebbarer Parameter positionieren, designen und zur anschließenden Fertigung an Spezial-Dienstleister[1] versenden (Abb. 9).

Abb. 8



Bracket-Übertragungstechniken:
links Modul „Kylix“ | rechts: Modul „Bonding Trays“.

Abb. 9



Retainer-Design in Modul „Retainer 3D“.

Waefer planen

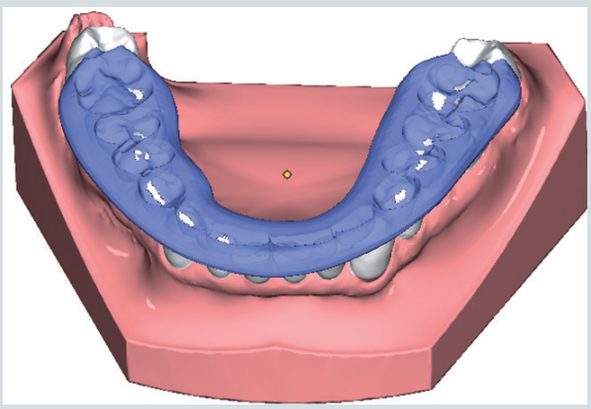
Im Modul Waefer Creation können Positioniersplinte für Zwischen- und Zielsituationen kieferchirurgischer Behandlungsmaßnahmen konstruiert und für die Fertigung als 3D-Datensatz exportiert bzw. versandt werden (Abb. 10). Die Einstellung der zu fixierenden Kieferrelationen kann auf der Grundlage digitaler Modelle z.B. im Modul „V.T.O.3D“ erfolgen.

Stehen zusätzlich Gesichts- oder Volumenscandaten zur Verfügung, lässt sich in Modul „Morph 3D“ eine auf kombinierten Datensätzen aufbauende Planung einschließlich Simulation der infolge der Zahn- und Kieferumstellung zu erwartenden Änderungen des visuellen Erscheinungsbildes vornehmen.

Beratung / Dokumentation

Zusätzlich stellt OnyxCeph3™ eine Vielzahl von Funktionen bereit, die digitalen Modelle oder die darauf aufgesetzten Auswertungen oder Planungen auch in Kombination mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen im Rahmen von Falldokumentation oder Patientenberatung einzusetzen (Abb. 11).

Abb. 10



Konstruktion von Positioniersplinten im Modul „Waefer Creation“ 3D.

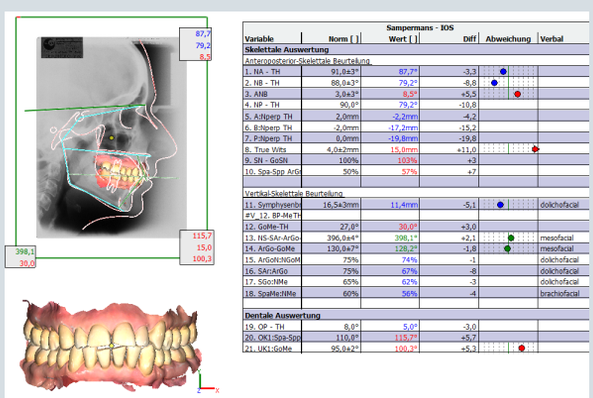
Kommunikation mit Partnern

Einer der wesentlichen Vorteile der digitalen Arbeitsweise besteht darin, dass behandlungsrelevante Daten schnell und vollständig online ausgetauscht werden können. Die von der Anwendung OnyxCeph3™ hierzu bereitgestellte sogenannte Container-Funktion erlaubt eine effektive und sichere Form der Kommunikation mit überweisenden und weiterbehandlenden Kollegen, Gutachtern, Dentallaboren und, wenn gewünscht, auch mit dem Patienten selbst.

Ausblick

Digitale Modelle, die aus Modellscans oder intraoralen Abformungen erstellt werden, bieten vielfältige Möglichkeiten, herkömmliche Arbeitsabläufe in der KFO-Praxis zu optimieren. Eine solche Umstellung ist zu Beginn allerdings nicht nur mit Investitionen in neue Hardware und Softwareerweiterungen verbunden, sondern auch mit einer durchaus intensiven Einarbeitungsphase. Die konkrete Herausforderung für Softwareanbieter besteht deshalb neben der im Artikel illustrierten Bereitstellung eines breiten und praxisnahen Funktionsumfangs in zunehmendem Maße auch in der Vermittlung der zugrundeliegenden methodischen Ansätze und Bedienkonzepte sowie der Unterstützung bei Einrichtung und Nutzung.

Abb. 11



Sampermans - IOS

Variable	Norm [ ]	Wert [ ]	Diff	Abweichung	Verbal
Skelettale Auswertung					
Anteroposterior-Skelettale Beurteilung					
1. NA - TH	91,0±3°	87,7°	-3,3		
2. NB - TH	88,0±3°	79,2°	-8,8		
3. ANB	3,0±3°	8,5°	+5,5		
4. NP - TH	90,0°	79,2°	-10,8		
5. A:Nperp TH	2,0mm	-2,2mm	-4,2		
6. B:Nperp TH	-2,0mm	-17,2mm	-15,2		
7. P:Nperp TH	0,0mm	-19,8mm	-19,8		
8. True Wits	4,0±2mm	15,0mm	+11,0		
9. SN - GoSN	100%	103%	+3		
10. Spa-Spp ArGo	50%	57%	+7		
Vertikal-Skelettale Beurteilung					
11. Symphysenbr	16,5±3mm	11,4mm	-5,1		dolichofacial
#V_12. BP-MeTH					
12. GoMe-TH	27,8°	30,0°	+3,0		
13. NS-SAr-ArGo	396,0±4°	398,1°	+2,1		mesofacial
14. ArGo-GoMe	130,0±7°	128,2°	-1,8		mesofacial
15. ArGoN:NGoM	75%	74%	-1		dolichofacial
16. SAr:ArGo	75%	67%	-8		dolichofacial
17. SGo:NMe	65%	62%	-3		dolichofacial
18. SpaMe:NMe	60%	56%	-4		brachiofacial
Dentale Auswertung					
19. OP - TH	8,0°	5,0°	-3,0		
20. OK1:Spa-Spp	110,0°	115,2°	+5,7		
21. UK1:GoMe	95,0±2°	100,3°	+5,3		

Präsentationstemplate als Beispiel der Dokumentationsmöglichkeiten

Fußnoten

1 Die Herstellung der mit Option Memotain® konstruierten Retainer kann inkl. Datenversand direkt aus OnyxCeph3™ heraus online bei der CA-Digital GmbH Mettmann beauftragt werden.

Abb. Autor:
Dr. Rolf Kühnert, Physiker;
Seit 2001 Geschäftsführer der Image Instrument GmbH, Chemnitz
Tel.: +49 371 9093140
Fax: +49 371 9093149
Mail: info@image-instruments.de
www.image-instruments.de