

Vernetzte Fertigungswege

Zeitgemäße Implantatplanung, Teil 1

Die Vorteile von „Guided Surgery“ und dem prothetisch orientierten Konzept des „Backward-Planning“ liegen auf der Hand: Die präzise präoperative Planung und Insertion der Implantate in einem Konsens aus den chirurgischen und prothetischen Anforderungen ermöglichen eine unproblematische zahntechnische Versorgung der Implantate. Ztm. Sebastian Schuldes, MSc, und PD Dr. Dr. Klaus-Kristian Würzler veranschaulichen exemplarisch das computergestützte Vorgehen mit CoDiagnostiX, einem Programm zur exakten dreidimensionalen Planung dentaler Implantate. Teil 1 des Beitrags stellt die Schritte bis zur Anfertigung der Bohrschablone und der Implantatinsertion in der Praxis dar.

Autor:

Ztm. Sebastian Schuldes, MSc, Eisenach, und PD Dr. Dr. Klaus-Kristian Würzler, Würzburg

Indizes:

Navigierte Implantologie
Guided Surgery
Backward-Planning
digitale Planung
computergestützte Implantation
3D-gestützte Implantologie

Eine Vorgehensweise im Sinne des „Backward-Planning“, also einer prothetisch orientierten „Rückwärtsplanung“, beantwortet bereits vor der Implantatinsertion wichtige prothetisch orientierte Fragestellungen, die Patient und Zahnarzt diskutieren, zum Beispiel: Kann der Patient festsitzend versorgt werden oder ist aufgrund starker atrophischer Prozesse eine herausnehmbare oder bedingt herausnehmbare Versorgungsform zum Ersatz der verloren gegangenen Hart- und Weichgewebe geeigneter? Kann bei der prothetischen Umsetzung mit Standard-Abutments gearbeitet werden oder sind individuelle Abutments sinnvoll oder nötig? Die Einbindung in die präoperative Planung und die Interaktion mit dem Chirurgen, dem Prothetiker und dem Patienten ermöglicht dem Zahntechniker, seinen Blickwinkel in die geplante implantatprothetische Arbeit einfließen zu lassen. So können langfristig funktionelle Fehlbelastungen vermieden werden, und die Frakturgefahr im Bereich der Verblendungen wird deutlich gesenkt.

Fallbeispiel Herstellung der Scanschablone

Abbildung 1 zeigt die Ausgangssituation im zahnlosen Oberkiefer. Der behandelnde Zahnarzt (ZA Achim Neudecker, Würzburg) hat den vorhandenen Oberkiefer-Zahnersatz im Hinblick auf Funktion und Ästhetik optimiert. Das umfasste eine Neuaufstellung der Zähne sowie eine Unterfütterung. Diese modifizierte Oberkiefer-Totalprothese stellte die zukünftige prothetische Wunsch-situation dar und diente als Basis für die computergestützte Planung mit der coDiagnostiX-Planungssoftware (Straumann). Das Oberkiefer-Modell wurde dupliert und die Aufstellung in röntgenopaken Kunststoff (Acryline X-rax, anaxdent) überführt (Abb. 2 und 3). Anschließend erfolgte die Komplettierung zur Scanschablone mit templiX-Referenzplatte und den drei Titan-Referenzstiften mittels glasklarem Kunststoff (Orthocryl, Dentaurum). Innerhalb des coDiagnostiX-Systems, das wir seit 2007 einsetzen, wird die Scanschablone mit Modell über die



Abb. 2



Abb. 1



Abb. 3

templiX-Referenzplatte, welche die drei Titan-Referenzstifte enthält, im gonyX-Koordinatentisch positioniert und über einen Gipssockel fixiert. Dieses Vorgehen stellt die Verbindung der digitalen Implantatplanung mit der Bohrschablonenherstellung sicher. Die Scanschablone enthält wichtige Informationen über das gewünschte prothetische Ergebnis in Form des röntgenopaken Materials (Bariumsulfat versetztes Acrylat). Die röntgenopaken Zähne werden in der prothetischen Zahnachse mit einer zentralen Bohrung versehen. Diese ist im CT- oder DVT-Scan sichtbar und kann so mit der Implantat-achse in Einklang gebracht werden. Ein separater Scan von der Scanschablone ist nicht notwendig (Abb. 4 bis 6).

CT- oder DVT-Scan

Mit eingesetzter Scanschablone wird die radiologische Aufnahme durchgeführt. Das Scanverfahren kann mit allen im Handel erhältlichen CT- und DVT-Geräten durchgeführt werden, die Bildgebungsinformationen gemäß dem allgemein anerkannten DICOM-Standard liefern, einzige Voraussetzung ist ein ausreichend großes Aufnahme-feld – field of view (FOV). DICOM steht für Digital Imaging and Communication in Medicine und gilt als Standardformat für das Speichern, Verarbeiten und Übermitteln digitaler Röntgenbilder in der (Zahn-)Medizin. Im vorliegenden Fallbeispiel erfolgte eine DVT-Aufnahme (NewTom) beim Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen,

▲ Abb. 1 Modell des zahnlosen Oberkiefers

▲ Abb. 2 Dublierung des Oberkiefer-Modells. Überführung der Aufstellung in röntgenopaken Kunststoff (Acryline X-rax, anaxdent).

▲ Abb. 3 Aufstellung in röntgenopaken Kunststoff auf Modell

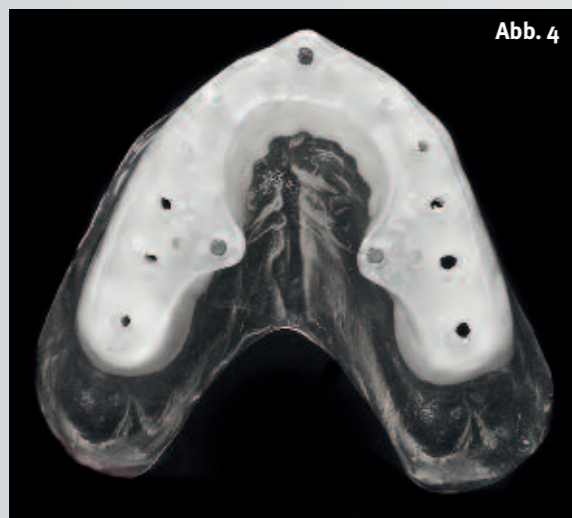


Abb. 4

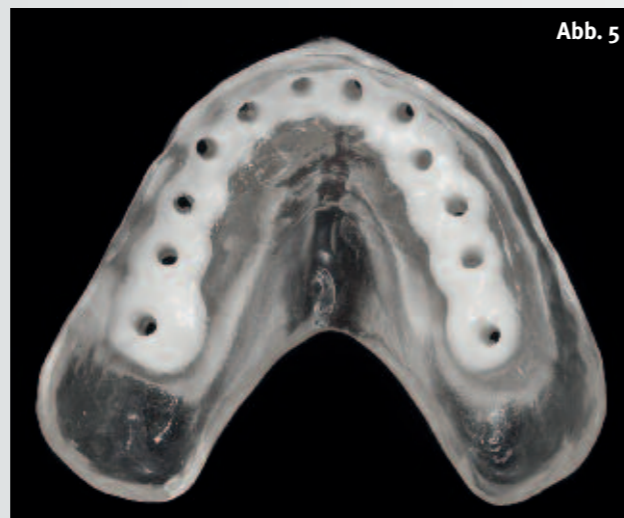


Abb. 5

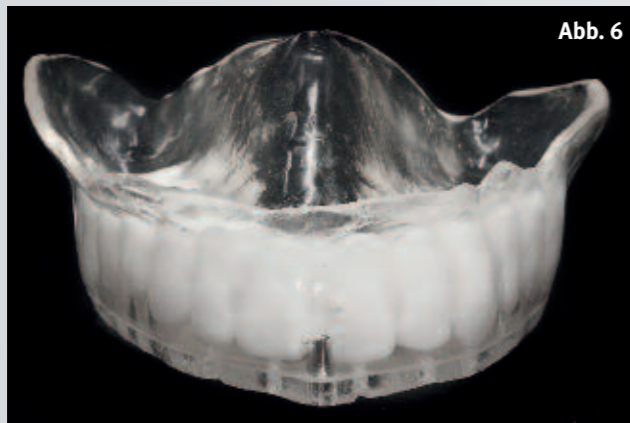


Abb. 6

▲ Abb. 4 Scanschablone mit templIX-Referenzplatte, die die drei Titanreferenzstifte enthält

▲ Abb. 5 Zentrale Bohrung in der prothetischen Zahnachse

▲ Abb. 6 Fertiggestellte Scanschablone

▶ Abb. 7 Kennung der Titanreferenzpins in der coDiagnostiX-Planungssoftware und Abgleich der (realen) Patientenkoordinaten mit den (virtuellen) Softwarekoordinaten

der die 3D-Implantatplanung und Implantation durchführen sollte (PD Dr. Klaus-Kristian Würzler, Würzburg).

Dann wurden die so gewonnenen DICOM-Daten in die Planungssoftware CoDiagnostiX (Straumann) eingelesen. Daraufhin führt man im coDiagnostiX-System eine Kennung der Titanreferenzpins durch; dabei werden die drei Titanpins im Datensatz aufgesucht und exakt mit drei virtuellen Pins überlagert, was zum Abgleich der (realen) Patientenkoordinaten mit den (virtuellen) Softwarekoordinaten führt (Abb. 7). Die laborseitige Umsetzung der Planungsdaten aus der Software in die Bohrschablone hat nach unserer mehrjährigen Erfahrung mit coDiagnostiX eine ganze Reihe von Vorteilen:

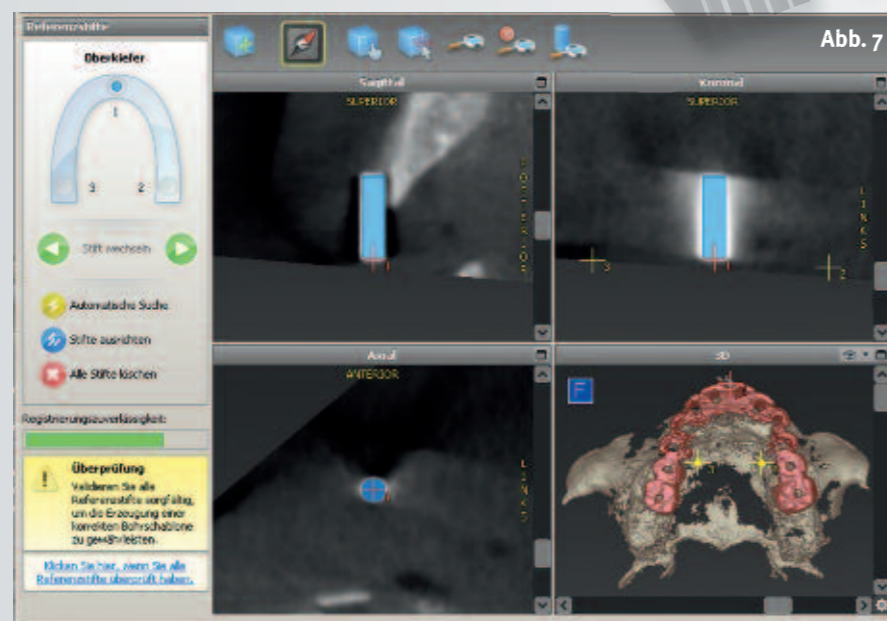


Abb. 7

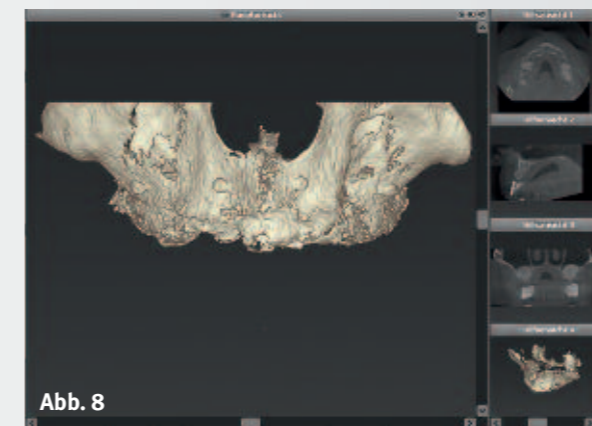


Abb. 8

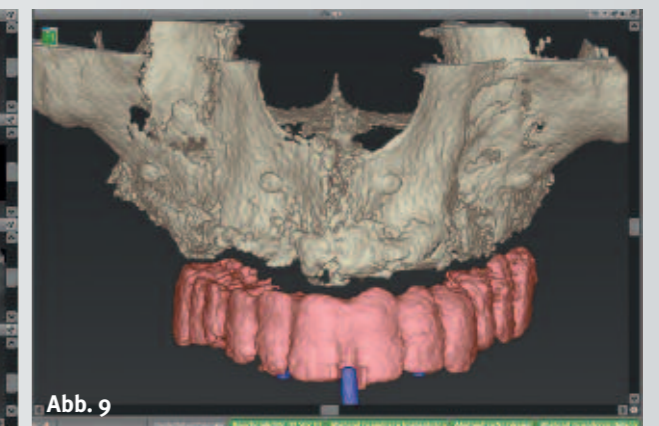


Abb. 9

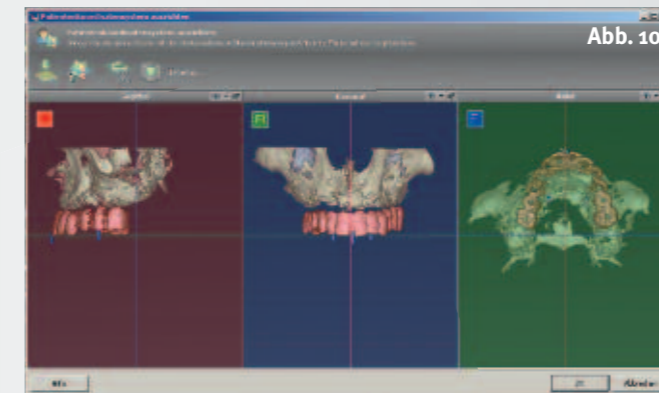


Abb. 10

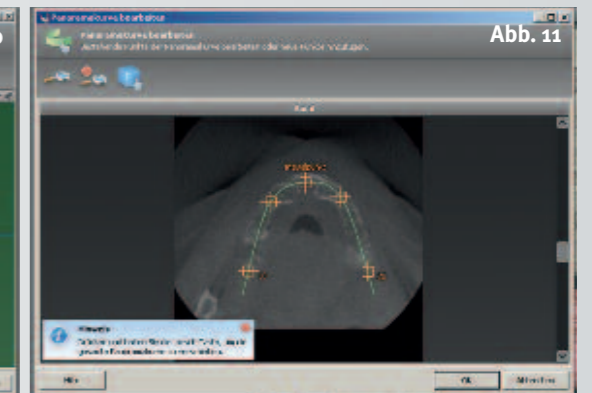


Abb. 11

1. Frühe Kenntnis über den intraoralen Schablonensitz, da die Scanschablone zur Bohrschablone umgewandelt wird (im Gegensatz zur externen Fertigung der Bohrschablone, zum Beispiel durch Stereolithographie);
2. Nachträgliche Änderungen können kurzfristig in die Schablone einfließen;
3. Umsetzung eines individuellen, kundenspezifischen Bohrschablone-Designs;
4. Genaue Kontrolle der Bohrschabloneherstellung über verschiedene Prüfprotokolle.

Ein weiterer Vorteil der coDiagnostiX-Planungssoftware liegt darin, als offenes System bei der Planung Implantate verschiedener Hersteller (Implantatdatenbank mit knapp 2 000 Implantattypen aller namhaften Hersteller) verwenden zu können. So halten wir coDiagnostiX für eines der anwenderfreundlichsten und ausgereiftesten Planungssysteme, das sich durch eine logische und intuitive Menüführung auszeichnet. Im nächsten Schritt wurde das 3-D-Knochenmodell erstellt. Die Segmentierung

▲ Abb. 8 Erstellung des 3-D-Knochenmodells. Die Segmentierung des Datensatzes erfolgte mittels Grauschwellenwertregler.

des Datensatzes erfolgte mittels Grauschwellenwertregler. Da hierbei Informationen aus dem Datensatz herausgerechnet werden, ist dieses 3-D-Bild weder für die Diagnostik noch für eine Implantatplanung geeignet. Es dient lediglich dem Abgleich der Implantatposition mit der zukünftigen Prothetik sowie der anschaulichen Patientenberatung und Aufklärung (Abb. 8). Die Abbildung 9 zeigt das fertig segmentierte 3-D-Knochenmodell. Dieser Datensatz wird anschließend in das Patientenkoordinatensystem eingestellt (Abb. 10) und die Panoramakurve festgelegt. Entlang dieser wird das Panoramabild sowie die Querschnitts- und Tangentialansicht errechnet (Abb. 11). Die Abbildungen 7 bis 11 veranschaulichen vorbereitende Maßnahmen zur Diagnostik und Implantatplanung. Diese Schritte können nach Absprache und

▲ Abb. 9 Fertig segmentiertes 3-D-Knochenmodell

▲ Abb. 10 Einstellung des Datensatzes in das Patientenkoordinatensystem

▲ Abb. 11 Festlegung der Panoramakurve; an ihr werden das Panoramabild sowie die Querschnitts- und Tangentialansicht errechnet.

► Abb. 12 Auswahl des Implantates aus der Implantatdatenbank. Vorpositionierung über das Zahnschema im Datensatz.

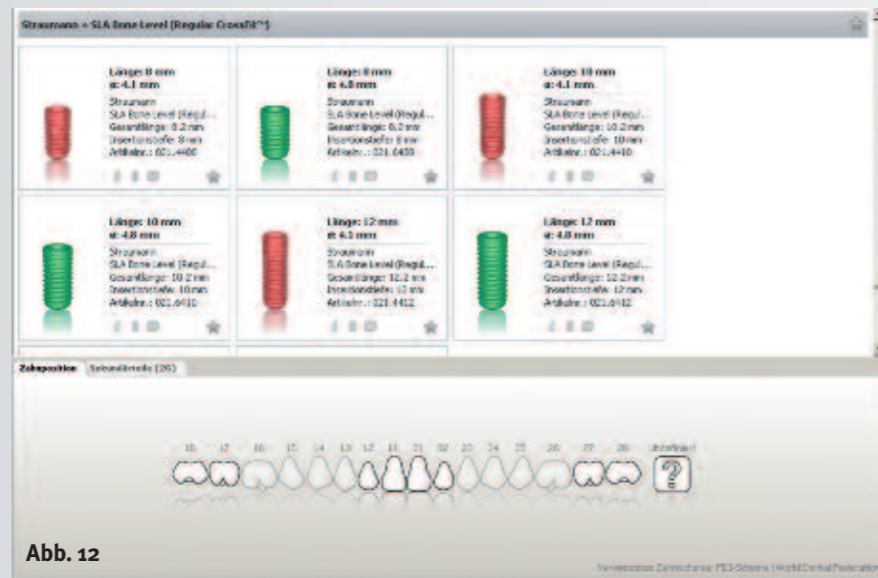


Abb. 12

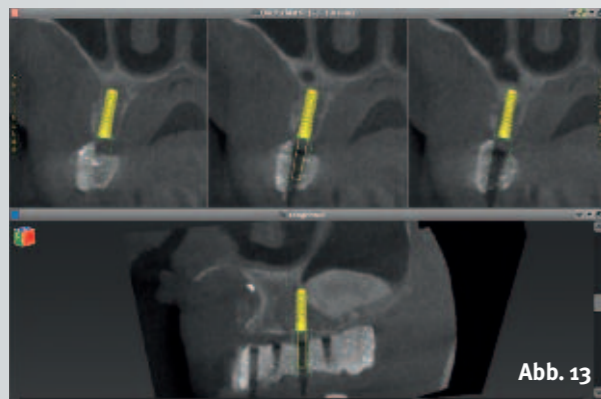


Abb. 13

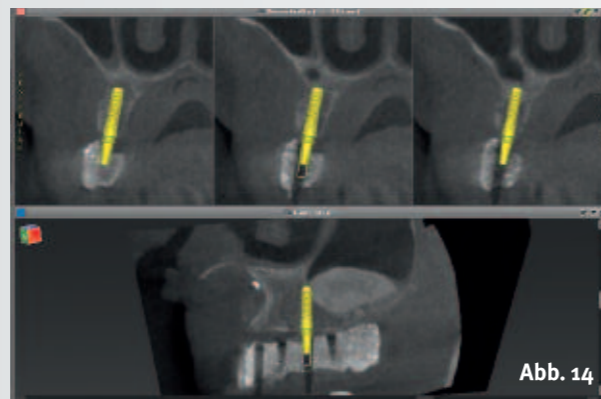


Abb. 14

▲ Abb. 13 Die Feinausrichtung der Implantate geschieht im Konsens mit den chirurgischen und prothetischen Anforderungen in den Schnittbildansichten

▲ Abb. 14 Planung der Abutments – Verifizierung der prothetischen Umsetzbarkeit

► Abb. 15 Abschließende Kontrolle der Implantatpositionen zur zukünftigen prothetischen Arbeit

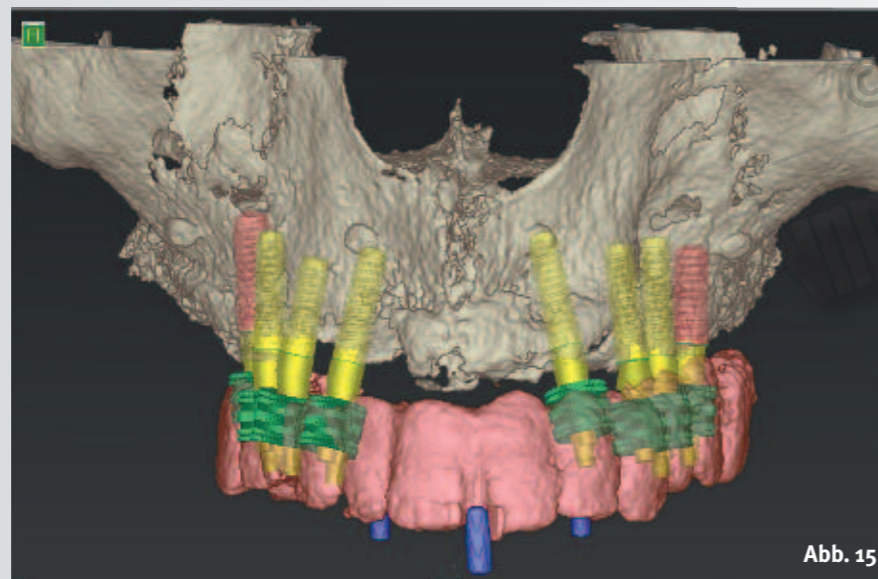


Abb. 15

in enger Zusammenarbeit auch durch einen Planungsdienstleister erbracht werden.

Herstellung der Bohrschablone

Im nächsten Schritt fand die virtuelle Planung der Implantate nach anatomischen und prothetischen Gesichtspunkten

statt. Bei diesem Fall wurden acht Straumann Bone Level-Implantate geplant. Wie erwähnt enthält die Implantatdatenbank alle etablierten Implantatsysteme, so dass das gewünschte Implantat ausgewählt und über das Zahnschema im Datensatz vorpositioniert wird (Abb. 12). Die Feinausrichtung der Implantate geschieht im Konsens mit den

<p>coDiagnostiX™ Version: 8.5 Lizenziert für: Sebastian Schuldes, Dentalab...</p>	<p>Patientendaten Name: Straumann Geburtsdatum: 194903122 Patienten-ID:</p>	<p>straumann</p>	<p>implantat TEAMWORK IMPLANTOLOGIE</p>
<p>gonyX™-Schablonenplan FDI-Schema (World Dental Federation)</p>			
<p>Plan: Straumann fertig Position: 16</p>		<p>D: 14.2° 30° 0°</p>	
<p>Hülse Straumann Guided Surgery Artikelnummer: 034.050V4 Hülslenlänge: 5.0 mm Durchmesser: 5.0 mm</p>		<p>C: 9.3° 20° 10° 0°</p>	
<p>Tiefenumsetzung Positionierer mit Kugelkopf: 13.7 mm Stufenbohrer: 19.8 mm Prüfwert (Hülsoberkante): 10.9 mm Verifizierungsstift: 15.9 mm</p>		<p>B: 229.5° 240° 210°</p>	
<p>Implantat Straumann SLA Bone Level (Regular CrossFit™) Artikelnummer: 021.4412 Länge: 12.0 mm Durchmesser 1: 4.1 mm Durchmesser 2: 4.1 mm</p>		<p>A: 5.0° 30° 0°</p>	
<p>Chirurgisches Protokoll Hülseposition: H4 (4 mm) Bohrerlänge: extra lang Bohrhülse: ●●● +3 mm Planfräser: 3.5 mm</p>		<p>Positionierer mit Kugelkopf: 13.7 mm Stufenbohrer: 19.8 mm</p>	
<p>Referenzkoordinaten X: -21.2mm; Y: -34.5mm; Alpha: 14.2°; Beta: 9.3°</p>		<p>Bearbeitet: <input type="checkbox"/> Überprüft: <input type="checkbox"/> Bearbeiter: _____</p>	

Abb. 16

chirurgischen und prothetischen Anforderungen in den Schnittbildansichten (Abb. 13). Nach der exakten Positionierung der Implantate im Datensatz können spezifische Abutments geplant und so die prothetische Umsetzbarkeit überprüft werden (Abb. 14). Abbildung 15 visualisiert die abschließende Kontrolle der Implantatpositionen zur zukünftigen prothetischen Arbeit. Zur Herstellung der Bohrschablone wird der auf die coDiagnostiX-Software abgestimmte gonyX-Koordinatentisch eingesetzt. Der in der Software generierte Schablonenplan dient als Grundlage für die Bohrschablonenherstellung. Der Schablonenplan enthält vier Parameter für die räumliche Position jedes Implantats und die Tiefeninformationen für die Platzierung der Bohrhülse. Darüber hinaus liefert die coDiagnostiX-Software einen Ausdruck für die Verifizierung der Parametereinstellungen sowie einen weiteren Kontrollausdruck zur Kontrolle der Bohrschablone. In dem vorliegenden Fallbeispiel ist die virtuelle Planung mit Hilfe des implantatspezifischen Koordinatenausdruckes in den gonyX-Koordinatentisch übertragen worden (Abb. 16). Die Einstellung erfolgte entsprechend der Implantatkoordinaten. Abbildung 17 veranschaulicht,

dass vor der Bohrung die Einstellung mit Hilfe des Kontrollausdruckes und dem Nullebenentisch auf Korrektheit überprüft wurde. Anschließend konnten der Bohrstollen zur Aufnahme der Bohrhülse aufbereitet (Abb. 18) und die vertikale Position der Bohrhülsen eingestellt werden (Abb. 19 und 20). Dann wurden die Straumann Guided Surgery-Bohrhülsen mit Autopolymerisat (Pattern Resin, GC) eingeklebt (Abb. 21). Abbildung 22 zeigt die fertiggestellte Bohrschablone. Für jedes Implantat konnte eine Bohrhülse (Durchmesser 5 mm) eingearbeitet werden, welche die Achsneigung der Implantate festgelegt hat. Mit Hilfe der CoDiagnostiX-Software wird das chirurgische Protokoll erstellt, das angibt, welche Straumann Guided Surgery-Instrumente benötigt werden (Abb. 23). Anhand des Prüfprotokollausdruckes (Abb. 24 und 25) lässt sich die korrekte Position der Bohrhülsen verifizieren. Das chirurgische Protokoll (Abb. 26) dient als Basis für die Operation. Nachdem die Bohrschablone im Mund des Patienten fixiert wurde, konnte das Implantatbett mit den geführten Instrumenten präpariert werden (Abb. 27). Anschließend erfolgte die geführte Implantatinsertion der acht Bone Level-Implantate (Abb. 28 und 29). Darauf

▲ Abb. 16 Übertrag der virtuellen Planung mit Hilfe des implantatspezifischen Koordinatenausdruckes in den gonyX-Koordinatentisch



Abb. 17

▲ Abb. 17 Kontrolle der Einstellung vor der Bohrung mit Hilfe des Kontrollausdruckes und dem Nullebenentisch

▲ Abb. 18 Vorbereitung des Bohrstollens zur Aufnahme der Bohrhülsen



Abb. 18



Abb. 19

▲ Abb. 19 Bestimmung der Nullebenenposition als Referenz für die vertikale Positionierung der Bohrhülse

▲ Abb. 20 Einstellung der vertikalen Position der Bohrhülse und damit Umsetzung des Tiefenanschlages für die Bohrer



Abb. 20

▲ Abb. 21 Einkleben der Straumann GuidedSurgery-Bohrhülsen mit Autopolymerisat (Pattern Resin, GC)

▲ Abb. 22 Fertiggestellte Bohrschablone



Abb. 21

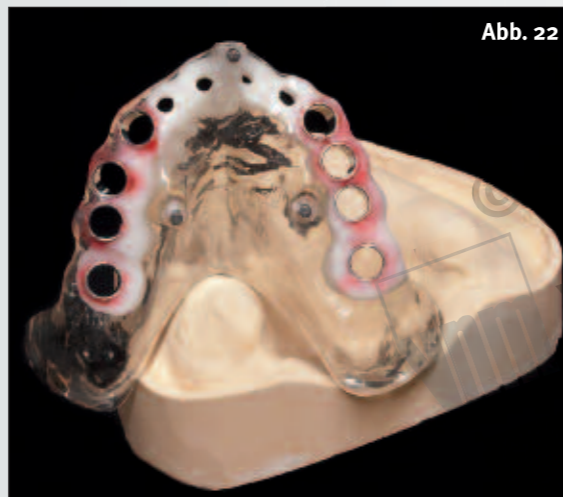


Abb. 22

coDiagnostiX™ Patientendaten
 Version 8.5 Name: Straumann
 Lizenziert für: Sebastian Schuldes, Dentalab... Geburtsdatum: 19400122
 Patienten-ID:

straumann **implantat**
 TEAMWORK IMPLANTOLOGIE

Materialliste FDI-Schema (World Dental Federation)

Straumann fertig - Implantate

Artikelnr.	Position	Hersteller	Modell	Länge	ø 1	ø 2
021.4412	16	Straumann	SLA Bone Level (Regular CrossFit™)	12 mm	4.1 mm	4.1 mm
021.2412	15	Straumann	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™)	12 mm	3.3 mm	3.3 mm
021.2410	14	Straumann	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™)	10 mm	3.3 mm	3.3 mm
021.2412	13	Straumann	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™)	12 mm	3.3 mm	3.3 mm
021.2412	23	Straumann	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™)	12 mm	3.3 mm	3.3 mm
021.2212	24	Straumann	Roxolid™ SLActive Bone Level (Narrow CrossFit™)	12 mm	3.3 mm	3.3 mm
021.2412	25	Straumann	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™)	12 mm	3.3 mm	3.3 mm
021.4410	26	Straumann	SLA Bone Level (Regular CrossFit™)	10 mm	4.1 mm	4.1 mm

Straumann fertig - Hülsen

Artikelnr.	Position	Hersteller	Modell	Länge	Durchmesser
034.050V4	16	Straumann	Guided Surgery	5 mm	5 mm
034.050V4	15	Straumann	Guided Surgery	5 mm	5 mm
034.050V4	14	Straumann	Guided Surgery	5 mm	5 mm
034.050V4	13	Straumann	Guided Surgery	5 mm	5 mm
034.050V4	23	Straumann	Guided Surgery	5 mm	5 mm

Abb. 23

coDiagnostiX™ Patientendaten
 Version 8.5 Name: Straumann
 Lizenziert für: Sebastian Schuldes, Dentalab... Geburtsdatum: 19400122
 Patienten-ID:

straumann **implantat**
 TEAMWORK IMPLANTOLOGIE

gonyX™-Verifizierung FDI-Schema (World Dental Federation)

Plan: Straumann fertig

STIFT	A	B	C	D
⊙	0.0°	210.0°	2.2°	120.0°
⊙	37.3°	126.3°	0.8°	303.6°
⊙	36.7°	44.5°	1.6°	208.5°

Vorsicht: Dieses Protokoll sollte direkt von coDiagnostiX™ auf einem kalibrierten Drucker ausgedruckt werden.

Abb. 24

sollte eine abnehmbare teleskopierende Brücke angefertigt werden. In der März-Ausgabe des dental labor folgt Teil 2 des Fachbeitrags. Darin geht es um die Anfertigung der Suprakonstruktion.

▲ Abb. 23 Mit Hilfe der CoDiagnostiX-Planungssoftware wird die Materialliste für die zu verwendenden Bohrhülsen und Implantate erstellt

▲ Abb. 24 Prüfprotokollausdruck

► **Abb. 25**
Anhand des Prüfprotokollausdrucks lässt sich die korrekte Position der Bohrhülsen verifizieren

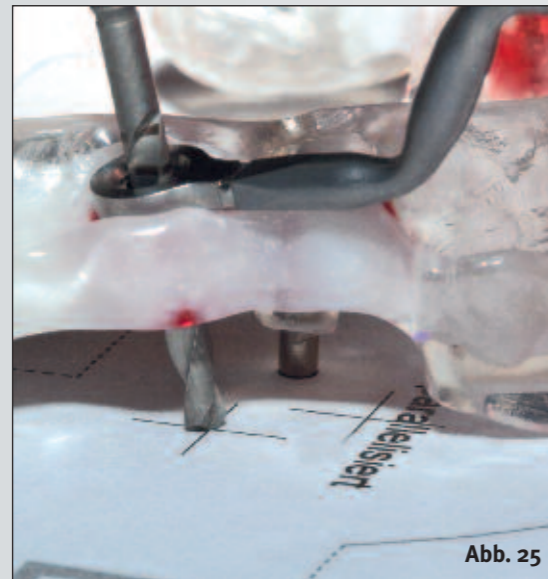


Abb. 25

und stellt so für alle Beteiligten einen Gewinn dar. Eine exakte Planung führt zu einer erhöhten Vorhersagbarkeit der prothetischen Ergebnisse und ist Basis für eine dauerhaft sichere implantatprothetische Rehabilitation. Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung im Alltag ist es, sich in das Thema der 3-D-Planung einzuarbeiten. Dazu gehört eine nicht zu unterschätzende intensive theoretische Aus- und Fortbildung, um das praktische Know-how zu erlernen.

Die Planungssoftware coDiagnostiX in Verbindung mit dem gonyX-Koordinatentisch zur Herstellung der Scan- und Bohrschablonen ermöglicht eine präzise dreidimensionale Planung dentaler Implantate und überzeugt durch eine logische sowie intuitive Menüführung bei präziser Auswertungsmöglichkeit. Die Handhabung des Koordinatentisches ist ebenso einfach wie sicher und stellt für einen versierten Zahntechniker keine Herausforderung dar. Darüber hinaus ist es ein offenes System, das alle etablierten Implantatsysteme in einer integrierten Datenbank hinterlegt hat.

Fazit

Die Investition sowie Anwendung einer computergestützten 3-D-Implantatplanung ermöglichen dem Zahntechniker den Erfahrungsaustausch und die Diskussion der Planung im „Team Approach“ mit Chirurgen, Prothetikern und Patienten

▼ **Abb. 26** Das chirurgische Protokoll dient als Basis für die Operation

Farbkodierung	Position	Implantat-Art.-Nr.	Implantat	Hülse	Hülseposition	Geführter Bohrer	Bohröffel	Planfräser
[Red]	16	021.4412	SLA Bone Level (Regular CrossFit™) Ø 4.1 mm 12 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	extra lang	●●● +2 mm	3.5 mm
[Blue]	15	021.2412	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™) Ø 3.3 mm 12 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	extra lang	●●● +3 mm	2.8 mm
[Blue]	14	021.2410	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™) Ø 3.3 mm 10 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	lang	● +1 mm	2.8 mm
[Blue]	13	021.2412	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™) Ø 3.3 mm 12 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	extra lang	●●● +3 mm	2.8 mm
[Blue]	23	021.2412	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™) Ø 3.3 mm 12 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	extra lang	●●● +3 mm	2.8 mm
[Blue]	24	021.2212	Roxolid™ 5i Active Bone Level (Narrow CrossFit™) Ø 3.3 mm 12 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	extra lang	●●● +3 mm	2.8 mm
[Blue]	25	021.2412	SLA Bone Level (Narrow CrossFit™) Ø 3.3 mm 12 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	extra lang	●●● +3 mm	2.8 mm
[Red]	26	021.4410	SLA Bone Level (Regular CrossFit™) Ø 4.1 mm 12 mm	H: 5 mm Ø: 5 mm	H4	lang	● +1 mm	3.5 mm

Abb. 26



Abb. 27



Abb. 28

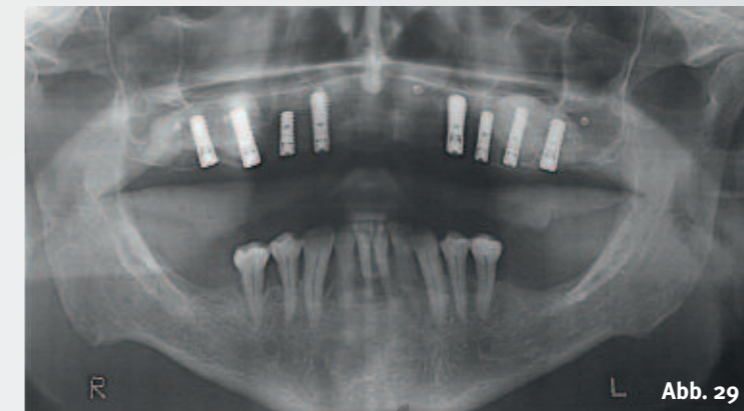


Abb. 29

▲ **Abb. 27** Nachdem die Bohrschablone im Mund des Patienten fixiert wurde, konnte das Implantatbett mit den geführten Instrumenten präpariert werden

▲ **Abb. 28** Acht Bone Level-Implantate nach geführter Implantatinserterion

◀ **Abb. 29** Postoperatives Orthopantomogramm

Vor dem Einstieg in die „navigierte Implantologie“ ist es sinnvoll, seine individuellen Kenntnisse innerhalb dieser Thematik einzuschätzen und eine persönliche Lernkurve mit der gewünschten Planungssoftware zu entwickeln. Darüber hinaus empfehlen sich intensive Gespräche mit Implantologen und nicht zuletzt Hospitationen bei der chirurgischen Umsetzung.

Lenzadresse:



Ztm. Sebastian Schuldes, MSc
Dentallabor Schuldes
Johann-Sebastian-Bach-Straße 2
99817 Eisenach
www.zahn-neu.de

Nähere Angaben zum Autor finden Sie unter www.dlonline.de/autoren



<http://bit.ly/SDHFsB>

Literatur:

- [1] Kühl S, Zürcher S, Mahid T, Müller-Gerbl M, Filippi A, Cattin P.: Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery. Clin Oral Implants Res. 2012 May 3. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02484.x. [Epub ahead of print];
- [2] Kühl S, Lambrecht, Th: Image guided surgery: Das coDiagnostiX-System. Dental Tribune Swiss Edition 2010.3: 17–19.
- [3] Clauß Th: Quintessenz Zahntechnik 2010;36(12):1618
- [4] Dental Kompakt – Das Jahrbuch 2012. Spitta Verlag GmbH & Co KG, Balingen.