

Autor
Wissenschaftler
Status
Innovativ
Kategorie
Verfahrensbeschreibung

CEREC meets GALILEOS

Neue Möglichkeiten in der 3D-Planung implantologischer Behandlungen

Dr. Lutz Ritter, Dr. Jörg Neugebauer, Dr. Jiri Cizek, Dr. Viktor E. Karapetian, PD Dr. Dr. Robert A. Mischkowski, PD Dr. Dr. Andreas Bindl, Dr. Dr. Joachim E. Zöller

Steigende Anforderungen an die prothetische Rehabilitation von dentalen Implantaten haben in den letzten Jahren maßgeblich zu der fortschreitenden Entwicklung von Systemen für die Planung implantologischer Behandlungen geführt. Basierend auf dreidimensionalen Daten aus der digitalen Volumentomografie (DVT) können heute Implantatpositionen präoperativ submillimetergenau festgelegt und mit Bohrschablonen umgesetzt werden^[1].

Grundlage für diese Planungen sind die anatomischen Verhältnisse des Knochenlagers sowie die angestrebte prothetische Versorgung, die durch Tragen einer Röntgenschablone während der dreidimensionalen Aufnahme gleichzeitig mit dem Knochenlager im DVT dargestellt wird.

Die arbeits- und kostenintensive Herstellung dieser Röntgenschablone durch Anfertigung eines Wax-Up sowie dessen Umsetzung in eine baryumsulfat-dotierte Röntgenschablone sind ein Nachteil der bisher verfügbaren Planungssysteme^[2]. Zudem folgt einem ersten diagnostischen Scan häufig ein weiterer Planungsscan mit der Röntgenschablone. Dies führt nicht nur zu einer erhöhten Strahlenexposition für den Patienten, sondern auch zu einem erhöhten Kosten- und Zeitaufwand. Dennoch ist die gemeinsame Darstellung der knöchernen Verhältnisse und der prothetischen Planung erforderlich, um im Sinne einer prothetisch basierten Planung unter Berücksichtigung beider Aspekte einen optimalen Kompromiss für die Implantatposition finden zu können.

Ziel der im Folgenden vorgestellten Technologie ist es, diesen Prozess zu vereinfachen. Hierzu werden ein mit CEREC (Sirona Dental Systems, D-Bensheim) digital erstelltes Oberflächenmodell der vorhandenen

Bezahnung sowie ein mit CEREC konstruierter prothetischer Vorschlag mit den Röntgendaten des Patienten überlagert. So wird die Möglichkeit für eine prothetikbasierte Planung ohne die Erstellung einer Röntgenschablone geschaffen.

Methoden

Es folgt die Vorstellung eines möglichen Arbeitsablaufs für die Planung von Dentalimplantaten auf Grundlage von dreidimensionalen Röntgendaten und Oberflächenmodellen, die mit CEREC erstellt wurden. Die einzelnen Prozessschritte werden ausführlich erläutert.

Digitale Volumentomografie

Die Röntgendatenerfassung erfolgt mit einem digitalen Volumentomografen (GALILEOS, Sirona Dental Systems), der für Aufnahmen im dentalen und maxillofazialen Bereich konstruiert wurde (Abb. 1). Das Gerät ist ähnlich kompakt wie ein digitales Panoramaröntgengerät und bietet ein Aufnahmavolumen von 15 × 15 × 15 cm. Die entsprechenden Voxelkantenlängen betragen 0,3 mm beziehungsweise 0,15 mm im hochauflösenden Rekonstruktionsmodus. Die Rekonstruktion der aufgenommenen Bilddaten zu einem dreidimensionalen Volumen dauert etwa 2,5



Abb. 1: DVT-System (Bildquelle: Sirona Dental Systems)

Minuten. Tabelle 1 zeigt die technischen Parameter des verwendeten DVT-Prototyps auf.

Detektor	Bildverstärker / CCD
Spannung des Röntgenstrahlers	85 kV
Strom des Röntgenstrahlers	7 mA
Aufnahmedauer	14 s
Anzahl Projektionen	200
Projektionsmatrix	1.024 × 1.024 Pixel, 12 Bit
Volumenmatrix	512 × 512 × 512 Pixel / 1.024 × 1.024 × 1.024 Pixel
Volumen	15 × 15 × 15 cm
Voxelkantenlänge	0,3 / 0,15 mm
Rekonstruktionsdauer	~ 2,5 min

Tabelle 1: Technische Daten des verwendeten DVT-Prototyps vom Modell GALILEOS.

Optische Abdruck

Die Datenerfassung zur Erstellung eines virtuellen Modells der intraoralen Situation erfolgt mittels eines optischen Abdrucks am Patienten (Abb. 2). Als Vorbereitung für den optischen Abdruck wird die Situation mit Titandioxid weiß mattiert, um eine optimale diffuse Streuung des während der Aufnahme eingesetzten Lichts an der Zahnoberfläche zu erzielen. Für die Versorgung von Zahnlücken werden mehrere optische Abdrücke benötigt, da nicht nur der Bereich der Lücke selbst, sondern auch die benachbarten Zähne erfasst werden müssen. Nach dem



Abb. 2: Optischer Abdruck mit der CEREC Bluecam.

von Prof. Dr. Werner Mörmann und Mitarbeitern^[3] entwickelten Konzept kann der Zahnarzt dabei die Intraoralkamera genauso wie ein Handstück führen. Hierdurch ist die Anwendung intuitiv und effizient umsetzbar. Da mit zunehmender Größe des zahnlosen Bereichs auch eine zunehmende Anzahl optischer Abdrücke erforderlich ist, wurde für CEREC mittlerweile eine Aufnahmeeinheit mit neuem Kamerasystem entwickelt. Die CEREC Bluecam ist insbesondere bei Mehrfachaufnahmen sehr einfach zu handhaben. Alternativ kann in diesen Fällen auch ein konventionelles Gipsmodell mit dem Scanner inEos (Sirona Dental Systems) digitalisiert werden.

Prothetische Planung mit CEREC

Nachdem das System die einzelnen optischen Abdrücke zusammengerechnet hat, liegt ein virtuelles Modell der Schleimhautoberfläche des Implantatsitus und der benachbarten Zähne vor. Mit der CEREC 3D-Software können nun auf diesem Modell die fehlenden Zähne in Form von Einzelkronen oder Brücken rekonstruiert werden. Das Emergenzprofil des Implantats wird durch Einzeichnen eines Kreises als virtueller Präparationsrand auf der Gingiva definiert (Abb. 3). Der voraussichtliche prothetische Durch-

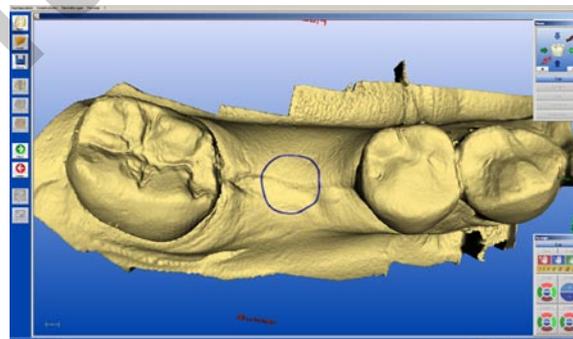


Abb. 3: CEREC-Modell der Lückensituation und angezeichnetes Austrittsprofil des Implantats.

messer des zu inserierenden Implantats wird an dieser Stelle bereits beachtet. Nach der Definition der Einschubachse dient der definierte Präparationsrand als Anhaltspunkt für die Rekonstruktion der fehlenden Zähne (Abb. 4 und 5). Zusätzlich kann der Antagonist bei der Gestaltung der fehlenden Zähne berücksichtigt werden, indem dieser vorab ebenfalls gescannt und bei der Planung eingeblendet wird. Nach abgeschlossener Konstruktion werden die Daten gespeichert und in die Software für die Planung der Implantation (Sirona

Implant, Sirona Dental Systems) exportiert, einschließlich der Daten der benachbarten Zähne.

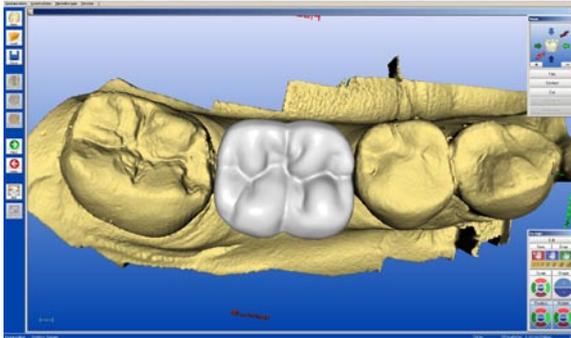


Abb. 4: CEREC-Modell der Lückensituation mit integriertem Prothetikvorschlag von okklusal.

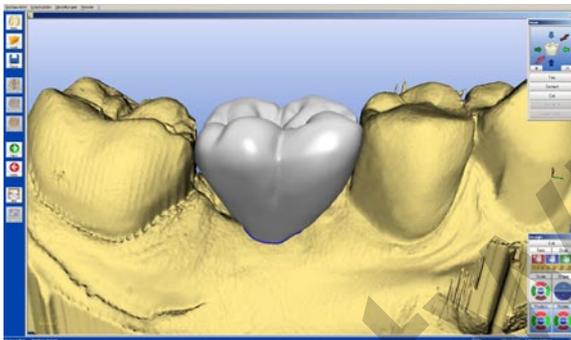


Abb. 5: CEREC-Modell der Lückensituation mit integriertem Prothetikvorschlag von vestibulär.

Integration von GALILEOS- und CEREC-Daten

Das virtuelle 3D-Modell der Zähne samt dem mit CEREC erstellten Prothetikvorschlag liefert nun die prothetische Grundlage für die implantologische Planung. Durch die Kombination dieser Daten mit der dreidimensionalen Röntgenaufnahme lässt sich ein erheblicher Informationsgewinn für die Planung erzielen, da sowohl prothetische wie auch anatomische Informationen gleichzeitig sichtbar sind. Bevor jedoch die Daten in integrierter Form weiterverwendet werden können, müssen beide Datensätze überlagert werden. Dieser Vorgang wird Registrierung genannt. Hierbei werden die Röntgenaufnahme und die CEREC-Daten in präziser räumlicher Relation zueinander positioniert, sodass einander entsprechende Strukturen exakt an derselben Position dargestellt werden. Grundlage für die halbautomatische Integration des virtuellen Modells samt Prothetikplanung in die DVT-Daten ist ein speziell hierfür neu entwickelter Algorithmus.

Der Anwender ruft zunächst die implantologische Planungssoftware auf und öffnet hierin die DVT- sowie die CEREC-Daten des Patienten. Beide Datensätze werden daraufhin am Bildschirm visualisiert. Im nächsten Schritt definiert der Anwender grob einander entsprechende Punkte der beiden Darstellungen. Vorzugsweise sollten hierzu die vestibulären Flächen der an die Zahnücke angrenzenden Zähne gewählt werden (Abb. 6). Der automatische Integrationsalgorithmus sucht anschließend ausgehend von den markierten Punkten iterativ nach einer optimalen Transformation der CEREC-Daten bis eine räumliche Korrelation der beiden Datensätze vorliegt. Der Erfolg dieser Berechnungen kann in den Schnittansichten kontrolliert werden, bei denen die Oberflächen aus dem CEREC-Datensatz auf die DVT-Daten projiziert sind.

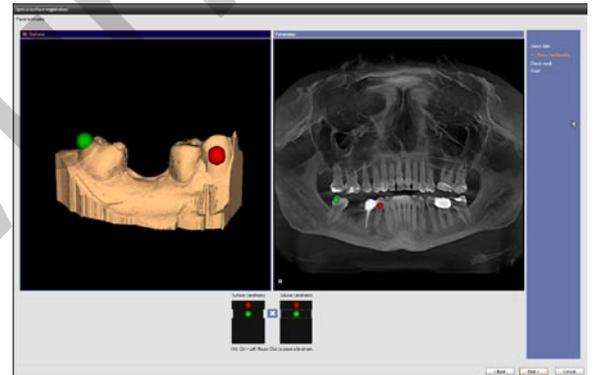


Abb. 6: User Interface zur Überlagerung (= Registrierung) der CEREC- und DVT-Daten.

Planung der Implantatart und -position

Nach der Integration der Daten kann die Planung der Implantation wie gewohnt durchgeführt werden. Hierbei wählt der Anwender entsprechend dem Knochenangebot die Implantate durch einfache Anwahl in der Implantatbibliothek aus. Diese Bibliothek enthält Implantate in dimensionstreuer Größe und Form. Das gewählte Implantat kann dann innerhalb des virtuellen Modells beliebig positioniert werden. Spezielle 2D- und 3D-Darstellungshilfen der Software erleichtern die Festlegung der optimalen Implantatposition (Abb. 7). Sind alle Implantate nach Art und Position definiert, können die Daten an eine CAD/CAM-Zentrale übermittelt werden, welche die Bohrschablone herstellt. Nach Erhalt der Schablone kann das Planungsmodell als Basis für die Herstellung einer provisorischen Versorgung und die Bohrschablone für die Insertion der Implantate genutzt werden.



Abb. 7: Die implantologische Planungssoftware von Sirona Dental Systems zeigt den virtuellen Zahnersatz sowie das Implantat. Auch die Verlängerung des Implantats in Richtung der okklusalen Ebene ist dargestellt, um das Emergenzprofil zu veranschaulichen. Messungen können ohne weitere Kalibrierung durchgeführt werden.

Fazit

Mit der Kombination aus virtuellen prothetischen Daten und dreidimensionalen DVT-Daten steht dem Zahnarzt ein völlig neues Hilfsmittel für die Planung implantologischer Behandlungen zur Verfügung, das ohne manuelle prothetische Modellation durch den Zahntechniker auskommt und so wesentlich schnellere Abläufe erlaubt. Konkret kann der Zahnarzt den Patienten bereits in der ersten Behandlungssitzung auf Grundlage einer individuellen prothetischen und chirurgischen Behandlungsplanung über die therapeutischen Möglichkeiten informieren.

Die Integration digitaler Daten aus unterschiedlichen Quellen ist in der Medizin ein bekanntes Konzept. Es lassen sich auf diese Weise unterschiedliche Aspekte komplexer Problemstellungen visualisieren, sodass dem Behandler für seine therapeutischen Entscheidungen alle erforderlichen Informationen auf einen Blick zur Verfügung stehen. Das hier beschriebene System wendet dieses Konzept erstmals auch auf die virtuelle Planung von Dentalimplantaten an. Alle Elemente der Planung lassen sich interaktiv verändern und können nach einem iterativen Prozess wiederum in die Planung eingehen.

Ziel weiterer Entwicklungen könnte sein, diesen Ansatz zu einer individuellen Simulation verschiedener Behandlungsmöglichkeiten und -ergebnisse auszubauen. Die DVT eröffnet hierbei für die implantologische 3D-Diagnostik eine umfangreiche radiologische Un-

tersuchung bei einer im Vergleich zur klassischen Computertomografie (CT) signifikant geringeren Strahlendosis. Trotz der geringeren Exposition ist die Präzision der DVT innerhalb der Gewebediagnostik dank der dynamischen Computerunterstützung vergleichbar mit der der CT^[4]. Da die Präsenz dieser Technik in den zahnärztlichen Praxen bereits heute hoch ist und weiter zunimmt, kann in vielen Fällen der Zahnarzt die Patientendaten unmittelbar nach der Aufnahme sichten. In Kombination mit virtuellen prothetischen Planungen, wie in diesem Beitrag beschrieben, könnte der Patient bereits in der ersten Sitzung konkrete Therapieansätze und auch schon eine erste grobe Kostenabschätzung erhalten.

Im Vergleich zu anderen derzeit auf dem Markt angebotenen Systemen bietet der gezeigte Ansatz den Vorteil rationellerer Abläufe ohne externe Beteiligung mit fehlerbehafteten Schnittstellen und eine mögliche dezentrale Herstellung von Schablonen und Zahnersatz. Andere Systeme erfordern zwei vollständige dreidimensionale Röntgenaufnahmen: einmal vom Patienten mit der Wachsmodellation und einmal von der Wachsmodellation selbst ohne Patient^[5]. ■

Das Literaturverzeichnis kann bei der Redaktion angefordert werden.

Dr. Lutz Ritter

■ 1997 bis 2003 Studium der Humanmedizin in München und Köln ■ seit 2003 Studium der Zahnmedizin in Bonn

■ 2000 bis 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Surgical Systems Laboratory (Dr. Keeve) am Forschungszentrum caesar ■ seit 2002 zuständig für das Requirement Engineering bei der Entwicklung des ersten GALILEOS-Prototypen ■ seit 2004 zuständig für die Betreuung der klinischen Studien zum Thema GALILEOS an der Universität zu Köln ■ Autor von über 30 nationalen und internationalen Publikationen



Kontakt: ???