

Technologischer Wandel in der implantologischen Diagnostik

Vom Zahnfilm zur digitalen Radiologie

Priv.-Doz. Dr. Jörg Neugebauer^{1,2}, Dr. Frank Kistler¹, Dr. Steffen Kistler¹, Priv.-Doz. Dr. Dr. Martin Scheer³

In den vergangenen 25 Jahren hat sich die Implantattherapie von einer von wenigen Spezialisten durchgeführten Behandlungsoption zu einer Routinetherapie entwickelt, die viele Zahnärzte ihren Patienten anbieten. Für den Therapieentscheid und die damit eventuell verbundenen augmentativen Maßnahmen ist eine detaillierte radiologische Diagnostik notwendig, die in Abhängigkeit der untersuchten Körperregionen der Fragestellung und den anatomischen Gegebenheiten ausgewählt werden muss. Standen zu Beginn der modernen Implantologie routinemäßig lediglich die Orthopantomogramm-Übersichtsaufnahme (OPG) und der Zahnfilm in der klassischen Filmtechnik mit einer damals entsprechend hohen Dosis zur Verfügung, wird heute die Anwendung der digitalen 3D-Diagnostik trotz relativ niedriger Strahlenbelastung aufgrund einer flächendeckenden Verfügbarkeit aus strahlenhygienischen Gründen kritisch beurteilt [19]. Daher sollte je nach klinischen Befunden und geplanter Therapie die Röntgentechnik mit der jeweils besten Aussagekraft und der geringsten Strahlenbelastung ausgewählt werden [1]. Die Digitalisierung der zahnärztlichen Radiologie ermöglicht die sofortige Verfügbarkeit aller Röntgendaten überall in der Praxis. Zudem eröffnen sich auch Möglichkeiten des effektiven Datenaustausches mit Überweisern bis hin zur gemeinsamen Falldiskussion mit Spezialisten über das Internet.

Rechtfertigende Indikation

Prinzipiell gilt, dass für das Anfertigen einer Röntgenaufnahme eine rechtfertigende Indikation vorliegen muss, die den Anforderungen der aktuell gültigen Leitlinien entspricht und für den Patienten einen größeren Nutzen zeigt, als die mögliche Schädigung durch die ionisierende Strahlung [1]. Für die Zahnheilkunde existieren zurzeit nur zwei Leitlinien, die der radiologischen Diagnostik zugeordnet sind [7, 16]. Obwohl diese die dreidimensionale Diagnostik und die Anwendung der navigationsgestützten Implantologie zum Thema haben, sind dort Grundsätze für die konventionelle radiologische Diagnostik zu entnehmen.

Da eine DVT in der Regel eine etwa zwei- bis fünffach höhere Strahlenbelastung für

den Patienten bedeutet, als eine konventionelle zahnärztliche Röntgenaufnahme, ist eine Vorbefundung, zum Beispiel durch vorhandene Aufnahmen und/oder eine klinische Untersuchung erforderlich, um die explizite Notwendigkeit einer DVT-Aufnahme abklären zu können. Wenn durch eine klassische zweidimensionale Aufnahme eine ausreichende Information für den jeweiligen Befund erreicht werden kann, ist diese anzuwenden. Dementsprechend ist bei einem gut ausgeprägten Kieferkamm ohne erkennbare notwendige Augmentation eine DVT-Aufnahme routinemäßig nicht indiziert.

Bilderfassungstechnologie

Neben der klassischen Filmtechnik mit der Notwendigkeit einer nasschemi-

schen Entwicklung haben sich heute in der Zahnarztpraxis zwei digitale Verfahren etabliert: zum einen sind dies die Speicherfolien und die direkten digitalen Sensoren [2]. Bei den indirekt digitalen Speicherfolien werden, ähnlich wie beim klassischen Film, dünne Blättchen verwendet, die auch bei engen anatomischen Verhältnissen dem reduzierten Platzangebot angepasst werden können. Der Nachteil dieser Speicherfolien zeigt sich zum einen in der mechanischen Belastung durch Kratzer und Knicke, sodass die Speicherfolien nach einer entsprechenden Anwendungsdauer ausgetauscht werden müssen, da die diagnostische Aussagekraft reduziert ist [4] (Abb. 1). Zum anderen erfordert die Aufnahme weitere, je nach Praxisstruktur zeitintensive Bearbeitungsschritte für die elektronische Entwicklung, bis diese digital auf dem Bildschirm für den Behandler verfügbar ist.

Neuere Generationen der intraoralen Sensortypen zeigen eine reale Auflösung entsprechend 16 oder sogar 28 Linienpaaren pro Millimeter. Mit diesen modernen Intraoralsensoren wird

¹ Zahnärztliche Gemeinschaftspraxis Dres. Bayer, Kistler, Elbertzhagen und Kollegen
Von-Kühlmann-Str. 1 · 86899 Landsberg am Lech · Tel: 08191 947666-0 · Fax: 08191 947666-95
neugebauer@implantate-landsberg.de

² Interdisziplinäre Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Universität zu Köln
Direktor: Univ.-Professor Dr. Dr. J. E. Zöller · Kerpener Str. 32 · 50931 Köln

³ Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie · Mühlenkreiskliniken · Johannes Wesling Klinikum Minden
Hans-Nolte-Straße 1 · 32429 Minden

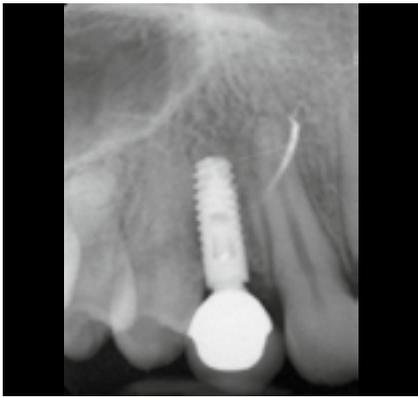


Abb.1 Verlaufskontrolle einer Implantatversorgung mit deutlichen Artefakten durch Gebrauchsspuren auf der Sensorfolie des Scanners (Digora, Soredex, Tuusula/Finnland)

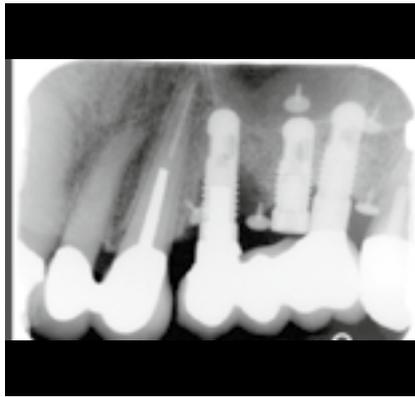


Abb.2 Klassischer Zahnfilm mit feinstrukturierter Darstellung der Knochen trabekel bei ausgeprägtem vertikalen Knochen defekt an Implantat 24

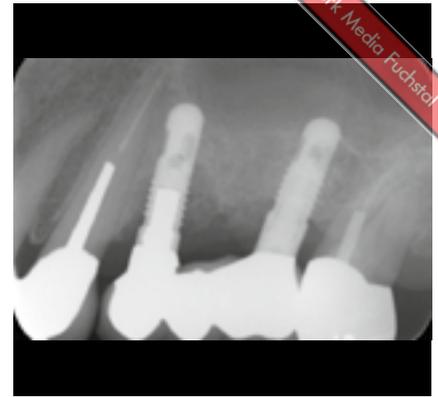


Abb.3 Postoperative Kontrolle nach rekonstruktiver Periimplantitistherapie mit autologen Knochen spänen und verwaschener Darstellung des ortsständigen Knochens (Speicherfolie, Soredex, Tuusula/Finnland)



Abb.4 Verlaufskontrolle nach drei Monaten mit feinstrukturierter Darstellung der Knochen trabekel und der Sekundärkaries am wurzelkanalbehandelten Zahn 27 (Xios XG Supreme, Sirona/Bensheim).



Abb.5 Digitale Einzelaufnahme mit Wifi-Sensor (Xios XG Supreme Sensor mit Wifi, Sirona/Bensheim)

eine Bildqualität erreicht, die der gewohnten Qualität von Filmaufnahmen entspricht. Diese hohe Auflösung, die die der Speicherfolien bei Weitem übertrifft, ergibt sich durch das verwendete Szintillatormaterial auf Basis von Cäsium-Jodid, durch dessen kristalline Struktur die Röntgenstrahlung weniger gestreut wird und gleichzeitig für eine höhere Quantenausbeute sorgt [3]. Somit kann besonders bei Fragestellungen mit einer notwendigen hohen Detaildarstellung, wie beispielsweise periimplantäre Diagnostik, Beurteilung einer Sekundärkaries, endodontische oder parodontologische Fragestellungen mit hochauflösenden Intraoralsensoren eine einfachere und

damit auch sichere Beurteilung erreicht werden (Abb.2 bis 4).

Bei den Sensoren ist eine direkte Verfügbarkeit ohne Zeitverzug möglich, zum Beispiel auch während einer Operation, da die Aufnahme sofort digitalisiert auf dem Bildschirm erscheint. Als Nachteil zeigt sich hier die direkte Anbindung an einen Computer, die je nach Einrichtung des Operationsraumes eine besondere technische Ausstattung erfordert. Die Röntgenaufnahme erfolgt in der Regel mit einem kabelgebundenen Sensor über Netzwerk- oder USB-Anschluss. Einen neuen, sehr komfortablen Ansatz stellt die Datenübertragung mittels eines

WiFi-Moduls dar, da so die direkte Kabelanbindung im sterilen Bereich entfällt. Das kurze Sensorkabel vereinfacht auch die Anwendung beim routinemäßigen zahnärztlichen Gebrauch. Es erleichtert die Handhabung bei der Positionierung, da man nicht mehr am Kabel hängenbleiben kann oder drübersteigen muss (Abb.5). Der einmal eingestellte Sensor bleibt an Ort und Stelle, sodass nichts mehr verrutschen kann und eventuell zusätzliche Aufnahmen vermieden werden. Auch ist es dadurch überflüssig geworden, in jedem Behandlungszimmer Netzwerkabel zu verlegen, was die Integration eines digitalisierten Röntgens erleichtert. Durch die digitale Verfügbar-



Abb. 6 Verlaufskontrolle der über verschiedene Jahre erfolgten implantatprothetischen Versorgung mit unklarer Darstellung des Knochenniveaus in der Oberkieferfront



Abb. 7 Detailaufnahme mit Darstellung des periimplantären Knochenabbaus

keit können kleine Tablettts mit speziellen Apps, die auf die Datenbank mit den Röntgenbildern zugreifen können, für die Patientenaufklärung verwendet werden.

Intraorale Aufnahmen

Bei den intraoralen Aufnahmen wird die Röntgenstrahlung kurzzeitig erzeugt und die Schwächung der Strahlen auf einem Film oder Sensor im Sinne einer Summationsaufnahme aufgezeichnet. Das aufgenommene Areal hat je nach gewähltem Detektor eine Größe von 2 x 3 cm oder 3 x 4 cm. Somit kann auch nach erfolgter Augmentierung, zum Beispiel bei einer Einzelzahnlücke, das Knochenangebot mit einem Zahnfilm beurteilt werden. Der Zahnfilm eignet sich auch gut zur postoperativen Kontrolle von Einzelimplantaten, besonders in der Oberkiefer- und Unterkieferfront, da sich hier keine Überlagerungen der Wirbelsäule wie beim OPG zeigen und somit eine genaue Darstellung des krestalen Knochens ermöglicht wird (Abb. 6 und 7).

Bei der Anwendung des klassischen Zahnfilms kann die diagnostische Aussagekraft durch zwei Faktoren reduziert sein, die in der Regel durch die nicht korrekte Positionierung von Film und Röntgenröhre am Patienten bedingt sind. Das alleinige Halten des Filmes durch den Patienten zum Beispiel bei der Halb-

winkeltechnik zeigt einen relativ großen Fehler, da dieser bei der Aufnahme leicht verrutscht. Eine andere diagnostische Fehlerquelle bei Film oder Speicherfolie stellt die starke Verformbarkeit dar, gerade im Oberkieferzahnbereich. Dieser vermeintliche Vorteil der Anpassung an die anatomischen Gegebenheiten stellt sich bei der Diagnose schnell als Nachteil heraus, vor allem, wenn Zahnkronen oder Wurzeln verzerrt dargestellt werden. Auch erfordert die Halbwinkeltechnik sehr viel Erfahrung, um unverzerrte Aufnahmen zu erhalten. Hier zeigt sich die Paralleltechnik metrisch genauer als die Halbwinkeltechnik [17]. Durch die Anwendung eines Haltersystems für die Paralleltechnik ist eine sichere Positionierung möglich, sodass eine dimensions- und abbildungsgetreue Aufnahme möglich ist. Trotz aller Vorsicht, kann es immer zu Abweichungen oder Verzerrungen kommen. Daher sollte für eine genaue Längenbestimmung bei der Implantatplanung diese durch eine früher erstellte OPG-Aufnahme oder ein DVT abgesichert werden.

Generell gilt festzuhalten, dass jede der drei Technologien eine Anwendungsschulung benötigt, damit nicht unnötig Aufnahmen wiederholt werden müssen oder die Patienten durch eine nicht adäquate Positionierung des Bildempfängers Schmerzen erleiden [20].

Bei der Implantattherapie handelt es sich um eine Langzeittherapie, die entsprechende Verlaufskontrollen zur Beurteilung des individuellen Periimplantitisrisikos benötigt. Daher sind neben der Ausgangsdiagnostik zur Planung des chirurgischen Eingriffs auch die Befunddokumentationen zum Abschluss der prothetischen Versorgung wichtig und sollten zwingend im weiteren Verlauf der Behandlung zur Verfügung stehen. Besonders für die Beurteilung des krestalen Knochenniveaus der einzelnen Implantate zeigen Zahnfilme nach wie vor die höchste Informationsdichte. Die digitale Archivierung erlaubt einen Vergleich mehrerer Aufnahmen auf einem Bildschirm, um zum Beispiel die Entwicklung des periimplantären Knochenniveaus zu beurteilen (Abb. 8).

Orthopantomografie

Beim OPG wird eine Panoramaschichtaufnahme erzeugt, bei der das Röntgengerät eine spezifische parabolide Bahn mit einer Umlaufzeit von in der Regel neun bis 14 Sekunden beschreibt. Dadurch wird eine Schichtdicke von zirka 2 cm über den Bogen des Unterkiefers dargestellt. So erhält man die Darstellung der relevanten Strukturen des gesamten Kiefers und kann Implantate genauer und unkomplizierter planen. Fehler bei der Aufnahme eines OPGs zeigen sich seltener, da die korrekte ▶



Abb. 8 Vergleichende Darstellung der Zahnfilme von der Implantatinsertion bis zur prothetischen Versorgung (Sidexis, Sirona/Bensheim)



Abb. 9 Kontroll-OPG mit Einblendung der Aufnahme auf den rechten Unterkiefer zur Reduktion der Strahlenbelastung (Orthophos XG3D, Sirona/Bensheim)



Abb. 10 Unzureichend regenerierter Kieferkamm zwölf Wochen nach der Extraktion

Positionierung im Röntgengerät mit der Einblendung entsprechender Orientierungslinien sicher zu erreichen ist. Jedoch sind auch hier individuelle Schwankungen des Vergrößerungsfaktors zu berücksichtigen, die durch die Kalibrierung mit einer Röntgenkugel kompensiert werden können. So wird eine metrisch genaue Analyse durch das Umrechnen des Vergrößerungsfaktors möglich und eine für die Implantatinsertion ausreichend genaue metrische Analyse in vertikaler Dimension kann erfolgen. Durch die digitale Ansteuerung kann auch beim OPG die Größe des Aufnahme Fensters modifiziert werden. Das bedeutet, dass gerade bei der Implantattherapie ein halbes oder ein viertel OPG

angefertigt werden kann, um so die Strahlenbelastung gering zu halten (Abb.9). Bei schwierigen Ausgangssituationen mit unter sich gehenden Arealen im Unterkiefer, einer reduzierten apikalen Basis im Oberkiefer, unzureichend regenerierten Extraktionsalveolen und damit verbundener Atrophie, diffusen Strukturen im Bereich des Kieferhöhlenbodens oder gar vom Patienten geäußerten sinusidalen Beschwerden, kann eine DVT indiziert sein [7] (Abb.10).

Digitale Volumentomografie

Durch die Einführung der digitalen Volumentomografie vor mehr als zehn Jahren

wurde besonders für den implantologisch tätigen Zahnarzt das diagnostische und therapeutische Spektrum wesentlich erweitert [10]. Bei der digitalen Volumentomografie wird bei einer Aufnahme der Gesichtsschädel mit dem Röntgenstrahler und dem Sensor auf einer Kreisbahn umfahren. Dabei werden in der Regel zwischen 100 und 400 Schichten erzeugt und digital weiterverarbeitet. Diese Rohaufnahmen können durch entsprechende Algorithmen in klassische Schichtaufnahmen wie sie aus der Computertomografie bekannt sind oder in die für den Zahnarzt vertrauten Panoramakurven mit entsprechenden sagittalen und transversalen Schnitten rekonstruiert werden. ▶

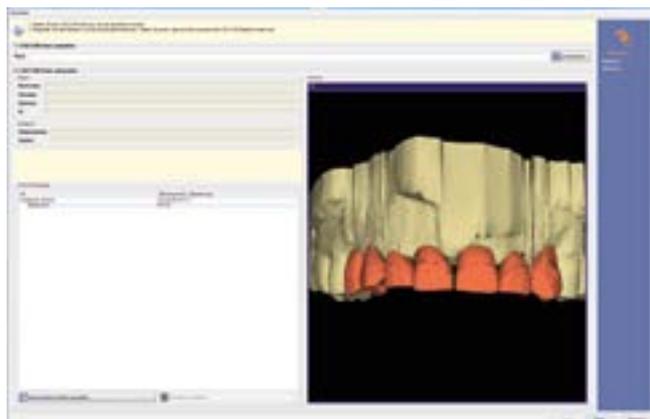


Abb. 11 Import der nach einer optischen Abformung (Cerec, Sirona, Bensheim) erzeugten virtuellen Planungsdaten in der Planungssoftware

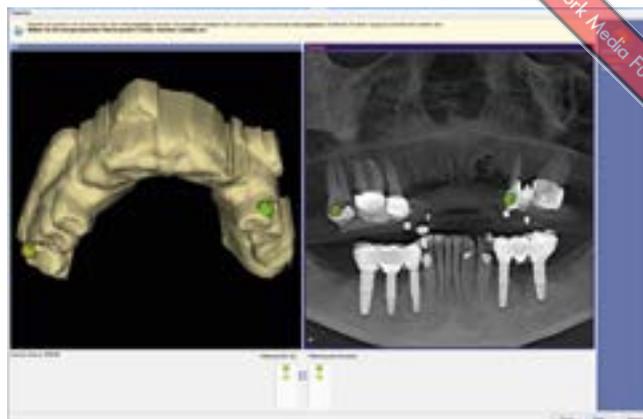


Abb. 12 Setzen von Markern an den Zähnen im CAD/CAM-Modell und im 3D-DATASET



Abb. 13 Überprüfung der Überlagerung des Oberflächenmodells im DVT-DATASET



Abb. 14 Digital konstruierter Prothetikvorschlag in der Überlagerung der Planungssoftware (Galileos Implant, Sicat/Bonn)

Diagnostische Einschränkungen bei der DVT zeigen sich vor allem durch Bewegungs- oder Metallartefakte, die eine genaue metrische Analyse oder Beurteilung dünn auslaufender Knochenstrukturen unmöglich machen [21].

3D-Bohrschablonen

Neben der genauen präoperativen Orientierung kann mithilfe der DVT auch eine 3D-Bohrschablone für die Implantatinsertion vorbereitet werden. Hierzu ist bereits bei der Aufnahme eine Simulation des angestrebten prothetischen Ergebnisses durch eine Barium-Sulfat-dotierte Aufstellung notwendig [12]. Zur Umsetzung der Implantatplanung bieten die Gerätehersteller entweder im System eine Herstellung von Bohrschablonen an oder es ist notwendig, den DATENSATZ im

DICOM-Format zu exportieren [5]. Aus diesem Grund muss während der Aufnahme eine Referenz im Mund des Patienten positioniert werden, sodass die Daten in der Planungssoftware eingelesen werden können.

CAD/CAM-Bohrschablonen

Für die Herstellung passgenauer Bohrschablonen kann eine zu geringe Auflösung der digitalen Volumentomografie durch die Überlagerung optischer Abformungen kompensiert werden [18]. Dadurch kann zum Beispiel eine Visualisierung des angestrebten prothetischen Ergebnisses durch eine digitale Modulation erfolgen, die in einem routinemäßigen CAD/CAM-Konstruktionsprogramm erzeugt wird. Nach dem Export des digitalen Wax-ups wird dies in der Software

der 3D-Implantatplanung eingelesen und so eine Überlagerung der DATENSATZE erreicht (Abb. 11 bis 14). Im Planungsprogramm erfolgt anschließend die prothetisch orientierte Implantatpositionierung und die Gestaltung der Bohrschablone mit unterschiedlichen Hülsensystemen (Abb. 15).

Die Anwendung von 3D-Bohrschablonen erfordert eine detaillierte Schulung; die Ergebnisse hängen von der jeweiligen Lernkurve ab [5]. Daraus resultieren Entwicklungen auf dem Dienstleistungssektor, bei denen der wenig implantierende Zahnarzt die DVT-Aufnahme, Eckdaten zur Operation wie beispielsweise geplanter Augmentation oder favorisiertes Implantatsystem und die geplante prothetische Versorgung mitteilt. Anhand dieser Daten wird ein Planungsvorschlag



Abb. 15 Finale Implantatplanung mit der Ausrichtung der Implantate entsprechend des digital konstruierten Prothetikvorschlags

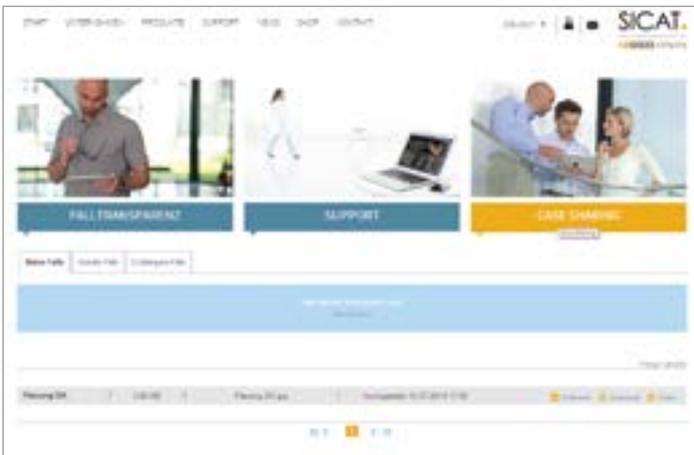


Abb. 16 Webbasierte Kommunikationsplattform zur Verfolgung des Bearbeitungsstandes und zum Datenaustausch mit Überweisern (Sicat Portal, Sicat/Bonn)

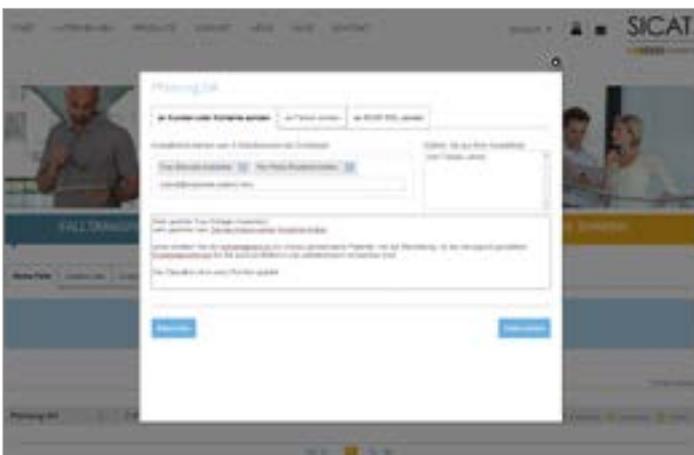


Abb. 17 Geschützter Bereich zur Kommunikation mit den am Herstellungsprozess beteiligten Partnern oder Experten

anhand einer Bohrschablone erstellt und im Anschluss durch den Operateur freigegeben (Abb.16 und 17). Indem über ein Expertennetzwerk die Fallplanung diskutiert wird, können Fehler bei der Planung



Implantate brauchen Pflege.

Die Partner des Aktionsbündnisses setzen sich für die Prävention periimplantärer Erkrankungen ein – für eine nachhaltige Implantologie mit zufriedenen Patienten!

Motivieren Sie Ihre Patienten zur Prophylaxe!

- » Unsere Broschüre „Implantate brauchen Pflege“ enthält detaillierte Informationen zur Implantatprophylaxe
- » Unser „ImplantatPass für Sicherheit & Pflege“ erinnert an Kontrolltermine und enthält individuelle Pflegetipps
- » Die neue „ImplantatPass App“ bietet umfangreiche Funktionen für Patienten, z.B. das Implantat-Tagebuch und Termin-Erinnerungen



© Copyright 2014 Teamwork Media Fuchstel



Abb.18 Implantatbettaufräumdung mit dem Pilotbohrer über die CAD/CAM-Bohrschablone (Optiguide, Sicat/Bonn)



Abb.19 Implantatinsertion über die Optiguide-Schablone mit lateraler auto- loger Augmentation (Xive, Dentsply Implants/Mölnal)



Abb.20 Nutzung der Bohrschablone bei der Freilegung zum Auffinden der Implantate



Abb.21 Kontrolle der Position der Gingivaformer bei Freilegung mit Bohrschablone

und Umsetzung vermieden werden [16]. Durch diese Art der Telezahnmedizin werden die digitale Planung und die Online-Interaktion zwischen Experten und Anwender möglich und somit eine höhere Sicherheit erreicht sowie dem Anwender die zusätzliche Arbeit am Planungsprogramm erspart [20].

Durch die Überlagerung des digitalen Wax-ups, kann eine CAD/CAM-Bohrschablone direkt nach der Übermittlung der Konstruktionsdaten gefräst werden. Erzeugt wird diese nicht mehr auf den Oberflächendaten der Röntgenaufnahme, sondern direkt aus der überlagerten optischen Abformung. Damit ist eine wesentlich bessere Passung gewährleistet, sodass die Genauigkeit der Prozesskette optimiert werden kann [11]. Durch die digitale Planung entfällt auch ein Schritt der Logistikkette, da Modelle mit Referenzplatten

oder Barium-Sulfat-dotierten Kunststoffaufstellungen nicht mehr per Paketdienst versandt werden müssen (Abb.18 bis 24).

Diskussion

Der implantologische Arbeitsablauf, gerade in größeren Praxen oder Praxen mit einem hohen Anteil von Überweisern, hat sich in den vergangenen 25 Jahren durch die verschiedenen Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der digitalen Radiologie optimiert. Durch die digitale Datenverarbeitung können die Aufnahmen beliebig kopiert werden und zeigen selten qualitative Einschränkungen. Wird beim Überweiser dieselbe Software verwendet, können die Daten dort im System abgelegt werden und stehen dem Nachbehandler dauerhaft zur Verfügung [2]. Die digitale Verfügbarkeit ermöglicht für die implantologische Verlaufskontrolle eine besse-

re Beurteilung der radiologischen Bilder. Die jeweiligen Aufnahmen sind immer eindeutig einem Datum zugeordnet und können auf einem Bildschirm dargestellt werden. Die in den Anfangsjahren propagierte Reduktion der Strahlenbelastung ist heute nicht mehr als relevantes Argument für die Anwendung zu sehen, da hochauflösende Sensoren eine vergleichbar niedrige Dosis erfordern oder die klassischen Filme eine höhere Sensitivität bei entsprechender Filmqualität (F-Speed) zeigen. Daraus resultiert, dass die früher angewandten Dosen heute nicht mehr notwendig sind [8].

Durch die Verbreitung der digitalen Volumentomografie wird in der Zahnmedizin eine ähnliche Entwicklung wie in der Medizin bezüglich der CT-Untersuchungen befürchtet [7]. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei einer digi-



Abb. 22 Kontrolle der Versorgung ein Jahr nach prothetischer Versorgung mit Abnahme der semipermanent fixierten Brücke



Abb. 23 Definitive Brückenversorgung mit stabilem Weichgewebe

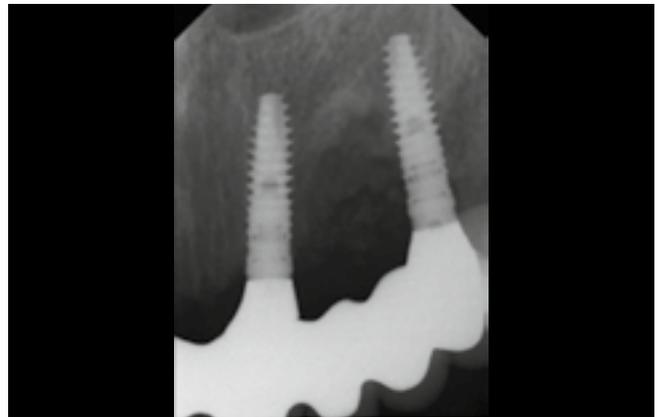
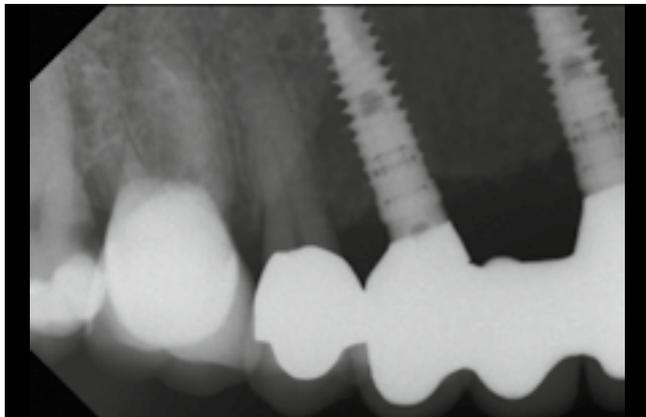


Abb. 24a und 24b Radiologische Kontrolle des periimplantären Knocheniveaus ein Jahr nach prothetischer Versorgung

talent Volumetomografie ein relativ begrenztes Körperareal untersucht wird und in der Computertomografie bei gleicher Auflösung eine deutlich höhere Strahlenbelastung notwendig wäre [9]. Da für jede Röntgenuntersuchung eine rechtfertigende Indikation benötigt wird, die einen höheren diagnostischen oder therapeutischen Nutzen als das mögliche Strahlenrisiko zeigt, wurde eine der ersten in der Zahnmedizin gültigen Leitlinien durch einen Konsens von Vertretern mehrerer wissenschaftlicher Gesellschaften ausgearbeitet, die inzwischen in einer weiteren Ausbaustufe vorliegt [7].

Bei der dreidimensionalen Diagnostik kann je nach Fragestellung eine detailierte Information für die jeweiligen Befunde erhoben werden. Dies ermöglicht es dem Operateur, sich genau zu orientieren, um somit das Verletzungsrisiko

sensibler Strukturen zu reduzieren [13]. Eine sehr strenge Indikationsstellung, wie dies beim CT notwendig war, ist bei den chirurgischen Eingriffen in unmittelbarer Nervnähe nicht erforderlich, da mit den DVT-Geräten mit einer niedrigen Strahlendosis gearbeitet wird [9].

Auch im Rahmen der Implantattherapie hat sich gezeigt, dass eine geführte Implantatinsertion eine höhere Genauigkeit als eine Freihandbohrung erreichen lässt [15]. Hier ist jedoch mit dem vorhandenen Aufwand und dem zu erwartenden Nutzen eine Abwägung zu treffen, da nicht jedes Zahnimplantat eine Bohrschablone benötigt. Besonders dann, wenn ein ausreichendes Knochenangebot gegeben und das Risiko einer Schädigung von Nachbarstrukturen gering ist [14]. Auf der anderen Seite hat die Erfahrung der vergangenen Jahre gezeigt, dass gerade

durch die Anwendung der digitalen Volumetomografie die Operationszeiten verkürzt und damit das postoperative Trauma des Patienten bei genauer Indikationsstellung der Bohrschablonen reduziert werden kann [6].

Kritisch sind jedoch die Geräte für den implantologischen Einsatz zu beurteilen, die lediglich ein sehr kleines Volumen mit einer Größe von 5 mal 3 cm abbilden, da diese beispielsweise für die Endodontie konzipiert wurden. Für eine komplette Befundung des Gesichtsschädels sind diese Geräte nicht geeignet, da mehrere Aufnahmen notwendig werden, die in der Summe eine deutlich höhere Dosis für die gesamte Untersuchung zeigen, als bei Geräten mit einem originär größeren Volumen.

Literatur bei der Redaktion.