

# NUTZEN UND RISIKEN COMPUTERGESTÜTZTER IMPLANTOLOGIE

Wie der in Deutschland aktuell gültigen, Konsensus gestützten Sk2-Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft Medizinisch Wissenschaftlicher Fachgesellschaften e.V. (AWMF) „Indikationen zur implantologischen 3D-Diagnostik und navigationsgestützten Implantologie“ (Stand 12/2011) entnommen werden kann, wird die zweidimensionale Röntgendiagnostik mit Referenzkörpern als indiziert und ausreichend zur Beurteilung des Knochenangebots vor einer Implantatinsertion bezeichnet. Nach Ansicht der Fachgesellschaft ist eine dreidimensionale Diagnostik nur dann erforderlich, wenn sich die erforderlichen Informationen aus der klassischen zweidimensionalen Bildgebung nicht gewinnen lassen. Vielleicht ein Grund, warum die computergestützte Implantologie sich trotz der kontinuierlichen Weiterentwicklungen hierzulande noch nicht flächendeckend durchsetzen konnte. Ursachen könnten aber auch die vergleichsweise zur zweidimensionalen bildgebenden Röntgendiagnostik hohen Kosten, gewisse Berührungängste gegenüber der digitalen Technik oder Respekt vor der komplexen 3D-Diagnostik sein.

In der dentalen Implantologie kann die Umsetzung minimal invasiver Verfahren bei geringem Knochenangebot, wie den All on Four-, bzw. All on Six-Konzepten zur Implantatinsertion im anterioren Kieferbereich und bei prothetischer Sofortversorgung erst durch die dreidimensionale Bildgebung vorhersehbar realisiert werden [Abad-Gallegos et al., 2011; Landazuri-Del Barrio et al., 2013; Pomares, 2010; Spinelli et al., 2013]. Seit Ende der Neunzigerjahre sind verschiedene Systeme für eine computerunterstützte Implantatversorgung auf dem Markt erhältlich [Dreiseidler et al., 2012a]. Diese Systeme ermöglichen eine dreidimensionale Diagnostik mit dem Ziel einer möglichst präzisen Übertragung virtuell geplanter Implantatpositionen mittels Schablonen auf den Patienten sowie eine direkte visuelle Kontrolle der Implantatpositionierung während des Eingriffs über ein Echtzeit-Tracking [Ruppin et al., 2008].

Grundlage für die dreidimensionale Diagnostik, Planung und die navigierte Implantation ist der Einsatz verschiedener Computertomografiertechniken (CT), der Digitalen Volumentomografie (DVT), im angelsächsischen Sprachraum auch als Kegelstrahltomografie bezeichnet (Cone Beam Computed Tomography, CBCT) und Magnetresonanztomografien. Anhand der dreidimensionalen Datensätze lassen sich Bohrschablonen mittels verschiedener Frästechniken oder durch stereolithografische Verfahren, bzw. Rapid Prototyping aus dünnen Kunststoffschichten mittels Laserpolymerisation herstellen. Dabei konnten in einer aktuellen In vitro-Untersuchung bei stereolithografischen Bohrschablonen größere Genauigkeitsabweichungen als bei mittels Fünffachs-Frästechnik hergestellten Bohrschablonen ermittelt werden [Park et al., 2014]. In vitro- und klinische Humanstudien zeigen, dass es auch zu Genauigkeitsunterschieden bei der Verwendung unterschiedlicher bildgebender Verfahren kommen kann. Die Angaben zu systemabhängigen Genauigkeitsschwankungen sind jedoch in der vorliegenden Literatursammlung uneinheitlich. So konnte in einer In vitro-Untersuchung bei DVT-Aufnahmen eine höhere Genauigkeit ermittelt werden als bei CT-Aufnahmen [Abboud et al., 2013]. In einer klinischen Studie am Menschen waren demgegenüber keine signifikanten Unterschiede zwischen einem konventionellen CT und einem DVT erkennbar [Arisan et al., 2013b]. Mittels Bohrschablonen, die auf Basis dreidimensionaler Datensätze hergestellt werden, kann grundsätzlich eine exaktere Positionierung der Implantate erfolgen, als bei Verwendung konventioneller Bohrschablonen und anschließender Freihand-Insertion der

Implantate [Amorfini et al., 2010; Arisan et al., 2013a; Arisan et al., 2010; Farley et al., 2013; Nickenig et al., 2010; Vercruyssen et al., 2014]. Bei aller Sorgfalt kann es bei Umsetzung der Bilddaten in die virtuelle Planung der Implantatposition dennoch zu Ungenauigkeiten kommen, die sich in linearen Abweichungen im Halsbereich, am Apex sowie in Winkelabweichungen des Implantats äußern. Zahlreiche Studien beschäftigen sich daher mit dieser Problematik. Abweichungen zwischen den virtuellen und den tatsächlichen Implantatpositionen werden dabei sowohl in experimentellen In vitro-Studien [Dreiseidler et al., 2012a; Dreiseidler et al., 2012b; Kuhl et al., 2013; Soares et al., 2012; Viegas et al., 2010], wie auch in klinischen Humanstudien beschrieben [Cassetta et al., 2013; D'Haese et al., 2012; Di Giacomo et al., 2012; Ersoy et al., 2008; Jiang et al., 2014; Komiyama et al., 2011; Ozan et al., 2009; Pettersson et al., 2012; Valente et al., 2009; Van Assche et al., 2010; Verhamme et al., 2013; Vieira et al., 2013]. In der Literatur sind die Angaben zur mittleren Abweichung der Implantatpositionen uneinheitlich, wie einigen systematischen Reviews zu entnehmen ist. Es werden mittlere Abweichungen im Halsbereich bzw. am Apex der Implantate von 0,74 mm/0,85 mm [Jung et al., 2009], 0,99 mm/1,24 mm [Van Assche et al., 2012] oder von 1,12 mm/1,39 mm [Tahmaseb et al., 2014] genannt. Programme zur virtuellen Planung der Implantatposition sind heute mehrheitlich mit allen relevanten Implantatsystemen kompatibel, was zu einer Erleichterung der Arbeitsabläufe führt. Es gibt auch Open-Source-Systeme, die unabhängig vom jeweiligen Schablunensystem arbeiten und die zu guten Genauigkeitsergebnissen bei der Umsetzung der dreidimensionalen Bilddaten auf die Implantatpositionen führen [Dreiseidler et al., 2012b]. Die Auswahlmöglichkeit der Software führt auf der einen Seite zur Kostenreduktion und zu einem erleichterten Zugang zur neuen Technologie [Abboud und Orentlicher, 2011]. Andererseits scheinen die verschiedenen Software-Algorithmen beim Herstellungsprozess der Bohrschablonen zu Unterschieden in der Übertragungsgenauigkeit der virtuellen Planungsdaten zu führen, wie eine aktuelle In vitro-Studie ergab [Stumpel, 2013]. Allerdings lässt sich diese Aussage nicht verallgemeinern, wie die Ergebnisse einer weiteren In vitro-Untersuchung zeigten [Vasak et al., 2013]. Die Übertragungsgenauigkeit der virtuellen Planung ist in hohem Maße auch abhängig von der Genauigkeit der Platzierung der Bohrschablonen [Verhamme et al., 2013]. Die Stabilisierung der Bohrschablonen hat ebenfalls einen wichtigen Einfluss auf die Übertragungsgenauigkeit. Dabei scheint die Abstützung der Bohrschablonen auf natürlichen Zähnen einen positiven Einfluss auf ihre Stabilisierung und somit auf die Übertragungsgenauigkeit zu haben als bei zahnlosen Kiefern [Behneke et al., 2012; Ozan et al., 2009]. Die geführte, lappenlose Implantatinsertion hat zweifellos ihre Vorteile. Besonders für den hohen Anteil älterer Menschen in unserer Gesellschaft führen minimal invasive Verfahren bei der Implantatversorgung zu guten klinischen Ergebnissen, zu einer geringeren intra- und postoperativen Belastung und zu einem Zugewinn an oraler Lebensqualität [Arisan et al., 2010; Hultin et al., 2012; Marra et al., 2013; Pozzi und Moy, 2013; Van Assche et al., 2010]. Trotz der bislang mehrheitlich guten Erfahrungen sind computergestützten Verfahren oftmals in anatomischer und/oder technischer Hinsicht noch Grenzen gesetzt [Cassetta et al., 2013; Di Giacomo et al., 2012; di Torresanto et al., 2014]. Dennoch ist davon auszugehen, dass minimal invasive, computergestützte Verfahren weiterhin an Bedeutung gewinnen und einen festen Platz in der Zukunft der dentalen Implantologie einnehmen werden.



## Narrative Reviews

Orentlicher G, Abboud M.

**Guided surgery for implant therapy.** *IDent Clin North Am.* 2011 Oct;55(4):715-44.

(»Geführte Chirurgie in der Implantologie.«)

Neue dreidimensionale Technologien zur Diagnostik und Behandlungsplanung haben in der dentalen Implantologie zur Entwicklung von neuartigen Teamkonzepten bei der Patientenversorgung geführt. Durch eine virtuelle Behandlungsplanung am Computer wird die zielgenaue und vorhersehbare Platzierung von Implantaten am Patienten ermöglicht. Neuere Entwicklungen in der dreidimensionalen Bildgebung haben in Verbindung mit durch Dritte urheberrechtlich geschützte Planungssoftware und systemeigenen chirurgischen Instrumentensätzen zu einer Revolutionierung in der Implantatdiagnostik und -therapie in einem interdisziplinären Umfeld geführt. Dabei zeigte sich, dass die Kommunikation in diesem neu entstandenen Umfeld zu einer besseren Patientenversorgung und zu besseren Behandlungsergebnissen führt.

Kurt BR.

**Template guided surgery with the open-access software „smop“.**

*Swiss Dent J.* 2014;124(3):305-23.

(»Schablonen-geführte Chirurgie mittels der frei verfügbaren Software „smop“.«)

Der Planungsaufwand und die damit verbundenen Kosten stellen für viele Zahnärzte ein großes Hindernis dar, die navigierte Implantatchirurgie in ihr Behandlungskonzept zu integrieren. Mittels der frei verfügbaren Software „smop“ lässt sich der Arbeitsaufwand erheblich reduzieren. Das System ermöglicht eine intuitive Implantatplanung und eine gute Vorhersehbarkeit des prothetischen Behandlungsergebnisses bei gleichzeitig geringem Kostenaufwand. Im Gegensatz zur gängigen Auffassung führt die Verwendung einer Bohrschablone nicht immer automatisch zu besseren Behandlungsergebnissen und ist auch kein Garant für eine erfolgreiche Therapie. Die Erfahrung jedoch lehrt, dass insbesondere komplexe Behandlungsfälle nur mittels dreidimensionaler Diagnostik und geführter Chirurgie optimal und vorhersehbar behandelt werden können.

Nickenig HJ, Eitner S, Rothamel D, Wichmann M, Zöller JE.

**Possibilities and limitations of implant placement by virtual planning data and surgical guide templates.**

*Int J Comput Dent.* 2012;15(1):9-21.

(»Möglichkeiten und Grenzen der Implantatinsertion mittels virtueller Planungsdaten und chirurgischer Bohrschablonen.«)

Die Anwendung computergestützter Implantatsysteme führt zu mittleren Genauigkeitsschwankungen unterhalb von 1 mm und einer mittleren Winkelabweichung der Implantatneigung von 5 Grad. Mittels dreidimensional geplanter Bohrschablonen ist dabei eine höhere Präzision erreichbar als mittels der Freihand-Methode. Die Einbeziehung der prothetischen Planung

anhand der Simulation der späteren prothetischen Lösung mittels einer radioopaken Scanschablone erlaubt eine optimale Positionierung der Implantate. Immer wenn eine dreidimensionale Diagnostik durchgeführt wird, sollte überprüft werden, inwieweit die Planungsdaten für die Herstellung einer Bohrschablone verwendet werden können, um die Möglichkeiten für eine geführte Implantatinsertion optimal zu nutzen. Dazu sind ein umfassendes Wissen und eine entsprechend große Erfahrung im Umgang mit dreidimensionalen Planungsdaten erforderlich. Da trotz der verfügbaren Planungsinformationen immer mit Besonderheiten gerechnet werden muss, wird empfohlen, stets den minimal möglichen Sicherheitsabstand zu benachbarten anatomischen Strukturen zu berücksichtigen.

Hanssen N, Ruge S, Kordass B.

**SICAT function: anatomical real-dynamic articulation by merging cone beam computed tomography and jaw motion tracking data.**

*Int J Comput Dent.* 2014;17(1):65-74.

(»SICAT Function: Dynamische Artikulation durch Zusammenführung von Tracking-Daten von Kieferbewegungen und der Daten von Kegelstrahl-Tomogrammen.«)

Bilddiagnostik und Tracking der Kieferbewegung stellen die wichtigsten Technologien zur Dokumentation und Befunderhebung des Funktionsstatus des stomatognathen Systems dar. Gleichzeitig lassen sich auf dieser Grundlage komplexe prothetische Restaurationen planen. Im vorliegenden Artikel wird das System SICAT Function (SICAT Bonn, Deutschland) vorgestellt, mittels welchem sich dreidimensionale Kegelstrahl-Tomogramm-Daten und elektronische Trackingdaten der Kieferbewegungen (electronic jaw motion tracking, JMT) zusammenführen lassen. Damit ist es nicht nur möglich, Unterkieferbewegungen anatomisch korrekt darzustellen und zu analysieren, sondern es lassen sich auch anatomische Strukturen, wie der Kiefergelenkspalt, in bestimmten Kieferpositionen direkt darstellen und messen.



## In vitro-Studien

Pettersson A, Kero T, Gillot L, Cannas B, Fäldt J, Söderberg R, Näsström K.

**Accuracy of CAD/CAM-guided surgical template implant surgery on human cadavers: Part I.**

*J Prosthet Dent.* 2010 Jun;103(6):334-42.

(»Genauigkeit einer geführten Implantatinsertion am menschlichen Leichenkiefer anhand einer mittels CAD/CAM hergestellten Bohrschablone: Part I.«)

Eine optimale Methode zur Platzierung von Implantaten am Patienten stellt die virtuelle Planung der Implantatpositionen und ihre Übertragung mittels CAD/CAM auf eine Bohrschablone dar. Das Ziel der vorliegenden Studie war der Vergleich von Abweichungen zwischen der virtuell geplanten und der tatsächlichen Position von Implantaten. Dazu wurden von 10 zahnlosen

Oberkiefern und sieben zahnlosen Unterkiefern menschlicher Leichenpräparate Computertomografien (CT) angefertigt, Implantatpositionen virtuell geplant und anschließend insgesamt 145 Implantate (Brånemark RP Groovy) mithilfe von CAD/CAM hergestellten Bohrschablonen inseriert. Nach Implantatinsertion wurde von jedem Präparat ein weiteres CT erstellt und mit den Daten des präoperativen CT verglichen. Die mittlere Abweichung zwischen den geplanten und den tatsächlichen Implantatpositionen betrug im Oberkiefer 0,96 mm im apikalen Bereich der Implantate sowie 0,83 mm im Bereich des Implantatthals. Im Unterkiefer lagen die Abweichungen bei 1,24 mm apikal und bei 1,05 mm im Halsbereich. Die Tiefenabweichung lag im Oberkiefer bei 0,10 mm und im Unterkiefer bei 0,48 mm. Die Winkelabweichung betrug im Oberkiefer 2,02 Grad und im Unterkiefer 2,46 Grad.

**Schlussfolgerung:** Es konnten statistisch signifikante Unterschiede zwischen der virtuell geplanten und der tatsächlichen Implantatposition in Ober- und Unterkiefer gemessen werden.

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. 2013 Jul;24(7):763-9.

(»Unterschiede in der Genauigkeit der Implantatinsertion mittels voll geführter und halb geführter Chirurgie.«)

Um Unterschiede zwischen einer voll-geführten Implantatinsertion (Präparation des Implantatlagers und navigierte Implantatinsertion mittels Bohrschablone) gegenüber einer halb-geführten Implantatinsertion (Präparation des Implantatlagers mittels Bohrschablone und nicht navigierte, freihändige Implantatinsertion) zu ermitteln, wurden 38 Implantate gleichen Typs in fünf humane Kieferpräparate inseriert. Nach dem Zufallsprinzip wurden nach Präparation des Implantatlagers mittels Bohrschablonen je 19 Implantate entweder mittels Bohrschablone oder freihändig eingesetzt. Die mittlere Differenz betrug zwischen den beiden Methoden am Apex des Implantats 0,72 mm und am Implantatthals 0,46 mm. Auch wenn die klinischen Positionen der voll-geführten Implantatinsertionen den geplanten Implantatpositionen exakter entsprachen als bei halb-geführter Insertion, waren die Unterschiede zwischen den beiden Methoden statistisch nicht signifikant.

Ruppin J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C.

**Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems.**

Clin Oral Implants Res. 2008 Jul;19(7):709-16.

(»Untersuchung zur Genauigkeit dreier unterschiedlicher computergestützter Systeme in der dentalen Implantologie: Optische Trackingverfahren vs. stereolithografische Schablonsysteme.«)

Derzeit haben sich mit dem optischen Trackingverfahren und der Stereolithografie zwei unterschiedliche Systeme zur Übertragung der virtuellen computergestützten Planung einer Implantatbehandlung auf dem Markt etabliert. Die vorliegende Studie untersuchte die Genauigkeit zweier Trackingverfahren (Artma virtual patient, RoboDent LapAccedo) und eines Stereolithografie-Verfahrens (SurgiGuide) untereinander. Dazu wurden von 20 humanen Unterkieferpräparaten präoperative Computertomogramme (CT) erstellt und die Positionen für ins-

gesamt 120 Implantate virtuell geplant. Anschließend erfolgten die Implantatinsertion anhand der drei unterschiedlichen Verfahren und ein erneutes CT. Es konnten keine signifikanten Unterschiede in der Genauigkeit der Implantatinsertionen zwischen allen Gruppen ermittelt werden.

Dreiseidler T, Neugebauer J, Ritter L, Lingohr T, Rothamel D, Mischkowski RA, Zöller JE.

**Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning.**

Clin Oral Implants Res. 2009 Nov;20(11):1191-9.

(»Genauigkeit eines neu entwickelten, integrierten Systems zur digitalen Planung in der dentalen Implantologie.«)

Auf Basis der Daten von Kegelstrahl-Computertomogrammen 10 teilbezahnter anatomischer Kiefermodelle erfolgte die virtuelle Planung der Positionen für insgesamt 54 Implantate. In die Bohrschablonen, die nach dem SICAT-System hergestellt worden waren, wurden entweder systemeigene Bohrhülsen aus Titan mit einem Innendurchmesser von 2 mm und der Länge von 5 mm oder Bohrhülsen des NobelGuide-Systems eingesetzt. Mittels der SICAT-Bohrschablone erfolgten lediglich die Pilotbohrungen, während anhand der NobelGuide-Bohrschablone eine voll-geführte Bohrung und Implantatinsertion erfolgte. Nach Implantation wurden erneut CT erstellt und mit den präoperativ geplanten Implantatpositionen verglichen. Beide Systeme zeigten geringe Abweichungen zwischen den geplanten und den tatsächlichen Implantatpositionen und es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Systemen festgestellt werden.

Dreiseidler T, Tandon D, Ritter L, Neugebauer J, Mischkowski RA, Scheer M, Zöller JE.

**Accuracy of a newly developed open-source system for dental implant planning.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2012b; Jan-Feb;27(1):128-37.

(»Genauigkeit eines neu entwickelten Open Source-Systems zur Planung dentaler Implantatbehandlungen.«)

Die vorliegende Studie diente zur Untersuchung der Genauigkeit eines neu entwickelten Open Source-Systems für die dreidimensionale Planung und die voll-geführte Implantatinsertion. Dazu wurden zunächst von acht teilbezahnten Kiefermodellen Kegelstrahl-Tomogramme (cone beam computed tomography, CBCT) erstellt und auf Basis der CBCT-Daten die Positionen für insgesamt 48 Implantate virtuell geplant. Anschließend erfolgte die Herstellung von Bohrschablonen, mittels welcher die voll-geführte Implantatinsertion durchgeführt wurde. Mittels postoperativ angefertigter CBCT wurden die tatsächlichen Implantatpositionen mit den virtuell geplanten Positionen verglichen. Die mittleren dreidimensionalen und linearen Abweichungen sowie die mittleren Winkelabweichungen lagen im Mikrometerbereich und waren somit sehr gering.

**Schlussfolgerung:** Das in der Studie vorgestellte Open Source-System ist gegenüber den meisten in der Literatur beschriebenen computergestützten Systemen als mindestens gleichwertig, wenn nicht sogar als überlegen zu betrachten.

Viegas VN, Dutra V, Pagnoncelli RM, de Oliveira MG.

**Transference of virtual planning and planning over biomedical prototypes for dental implant placement using guided surgery.**

Clin Oral Implants Res. 2010 Mar;21(3):290-5.

(»Übertragung der virtuellen Planung und geführte Implantat-chirurgie mittels eines Bohrschablonen-Prototyps.«)

Die experimentelle Untersuchung wurde mittels 11 identischer menschlicher Unterkiefer-Replikas durchgeführt. Die Bohrschablonen-Prototypen wurden stereolithografisch anhand von präoperativ hergestellten Computertomogrammen (CT) und virtueller Planung hergestellt. Nach Implantatinsertion wurden erneut CT hergestellt und mittels einer speziellen Software die geplanten mit den postoperativen Implantatpositionen miteinander verglichen. Abweichungen wurden auch direkt am Modell mittels stereomikroskopischen Aufnahmen gemessen. Die Abweichungen zwischen der virtuellen Planung und der postoperativen Lage der Implantatpositionen waren sehr gering (Winkelabweichung < 1,45 Grad, lineare Abweichung 0,41 mm).

Vasak C, Strbac GD, Huber CD, Lettner S, Gahleitner A, Zechner W.

**Evaluation of Three Different Validation Procedures regarding the Accuracy of Template-Guided Implant Placement: An In Vitro Study.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 May 16. [Epub ahead of print].

(»Untersuchung drei verschiedener Verfahren zur Validierung der Genauigkeit einer Implantatinsertion mittels Bohrschablonen: Eine In vitro-Studie.«)

60 Implantate wurden mittels des NobelGuide-Verfahrens in 10 Unterkiefer-Analoga eingesetzt. Um die prä- und postoperativen DICOM-Datensätze zusammenzuführen und entsprechende Abweichungen zwischen den geplanten und den tatsächlichen Implantatpositionen zu ermitteln, wurden drei verschiedene Methoden gewählt (Triple Scan Technik, NobelGuide Validation Software und AMIRA Software [VSG - Visualization Sciences Group, Burlington, MA, USA]). Letztere diente als Referenzmethode. Die mittels AMIRA gemessenen mittleren Abweichungen betragen im Halsbereich 0,49 mm und am Apex des Implantats 0,69 mm. Messungen mittels der Triple Scan Technik und mittels der NobelGuide-Software zeigten ähnliche Abweichungswerte wie die Referenzsoftware.

Soares MM, Harari ND, Cardoso ES, Manso MC, Conz MB, Vidigal GM Jr.

**An in vitro model to evaluate the accuracy of guided surgery systems.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2012 Jul-Aug;27(4):824-31.

(»Ein In vitro-Modell zur Untersuchung der Genauigkeit von Systemen zur geführten Implantatinsertion.«)

Sechs Unterkiefermodelle wurden aus Polyurethan hergestellt und anschließend computertomografisch (CT) gescannt. Mittels CAD/CAM wurden stereolithografische Bohrschablonen hergestellt, die jeweils mit vier Bohrungen für Stabilisierungsschrauben und drei Bohrungen für die Implantatinsertion versehen worden waren. Nach der Insertion von insgesamt 18 Implantaten wurden erneut CT angefertigt und die Abweichungen der tatsächlichen Implantatpositionen mit den geplanten Positionen verglichen. Die mittlere Winkelabweichung betrug 2,16 Grad. 66,7% aller Implantate war im Durchschnitt 0,38

mm  $\pm$  0,03 mm apikal gesetzt worden als ursprünglich geplant. 33,3% waren im Mittel 0,39 mm  $\pm$  0,03 mm koronaler zu liegen gekommen.

**Schlussfolgerung:** Trotz der Limitationen der Studie scheint das vorliegende Modell zu vielversprechenden Ergebnissen bezüglich der Genauigkeit der virtuellen Planung zu führen.

Abboud M, Guirado JL, Orentlicher G, Wahl G.

**Comparison of the accuracy of cone beam computed tomography and medical computed tomography: implications for clinical diagnostics with guided surgery.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Mar-Apr;28(2):536-42.

(»Vergleichende Untersuchung der Genauigkeit einer Kegelstrahl-Computertomografie mit der einfachen Computertomografie: Konsequenzen für die klinische Diagnostik bei geführter Implantatchirurgie.«)

In der vorliegenden Studie wurden Kegelstrahl-Computertomogramme (cone beam computed tomography, CBCT) und konventionelle Computertomogramme (CT) im Zusammenhang mit diagnostischen Werten und die Genauigkeit der Wiedergabe von Referenzpunkten bei referenzpunkt-basierten chirurgischen Systemen untersucht. Humane Unterkiefer-Präparate wurden mit radioopaken Guttapercha-Markern sowie Glaskugeln und Komposit-Zylindern mit bekannten Ausmaßen bestückt. Alle Referenzobjekte wurden mit einer hochpräzisen digitalen Schieblehre vermessen. Anschließend wurden die Unterkieferpräparate mit den Messkörpern mittels CT (Philips Brilliance 64) und fünf unterschiedlichen CBCT gescannt (Sirona Galileos, Morita 3D Accuitomo 80, Vatech PaX-Reve3D, 3M Imtech Iluma, und Planmeca ProMax 3D). Die Messdaten wurden mittels einer speziellen Software importiert und die Objekte erneut vermessen. Die Differenzen zwischen den mittels digitaler Schieblehre gemessenen Werten und den CBCT waren größer als zwischen Schieblehre und CT. Die zu Beginn gemessenen Werte und die CT-Werte stimmten in hohem Maße miteinander überein.

**Schlussfolgerung:** Die gemessenen Unterschiede müssen nicht unbedingt von klinischer Relevanz für die meisten diagnostischen Situationen sein. Messfehler bei den Referenzpunkten können sich nachteilig auf Systeme zur geführten Implantatchirurgie auswirken.

Stumpel LJ.

**Congruency of stereo lithographically produced surgical guide bases made from the same CBCT file: a pilot study.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Aug;15(4):531-7.

(»Übereinstimmungen stereolithografisch hergestellter Bohrschablonen auf Basis derselben CBCT-Datei: Eine Pilotstudie.«)

Auf Grundlage einer einzigen DICOM-Datei wurden sechs verschiedene Bohrschablonen nach den Algorithmen unterschiedlicher Anbieter hergestellt. Die mittleren Unterschiede zwischen der Scandatei und den Bohrschablonen betragen bei Nobel Biocare 0,56 mm, bei I-dent 0,57 mm, bei Materialise II 1,12 mm, bei Blue Sky Bio I 2,17 mm, bei Materialise I 1,43 mm und bei Blue Sky Bio I 2,17 mm. Die Differenz der Passungengenauigkeiten war zwischen Nobel Biocare/I-dent und Materialise/Blue Sky Bio statistisch signifikant.

**Schlussfolgerung:** Die Herstellungsalgorithmen der verschiedenen Anbieter beeinflussen die Passform der Bohrschablonen.



Die Herstellung einer perfekten Passform war in der vorliegenden Studie bei keinem Fabrikat möglich.

**Noharet R, Pettersson A, Bourgeois D.**

**Accuracy of implant placement in the posterior maxilla as related to 2 types of surgical guides: A pilot study in the human cadaver.**

J Prosthet Dent. 2014 Apr 7. [Epub ahead of print]

(»Die Genauigkeit der Implantatplatzierung im Oberkiefer-Seitenzahnbereich mittels zweier unterschiedlicher Bohrschablonen: Eine Pilotstudie am humanen Leichenpräparat.«)

An sechs humanen teilbezahnten Kieferpräparaten mit der Lückenklasse I nach der Kennedy-Klassifizierung erfolgten Implantatinsertionen mittels computergestützter, geführter Chirurgie (n=3) oder freihändig ohne Verwendung einer Bohrschablone (n=3). Die Präparate wurden vor dem Eingriff mittels Computertomografie (CT) gescannt. Nach den Eingriffen wurden erneut CT erstellt und die geplanten Implantatpositionen mit den tatsächlichen Positionen verglichen. Mittels geführter Chirurgie waren geringere Ungenauigkeiten sowohl im Halsbereich als auch apikal messbar. Die Verwendung einer Bohrschablone führte zu keinen Unterschieden bezüglich Ungenauigkeiten im Hinblick auf die der Insertionstiefe der Implantate. Die Knochendichte hatte ebenfalls keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Implantatinsertion.

**Schneider D, Schober F, Grohmann P, Hammerle CH, Jung RE.**

**In-vitro evaluation of the tolerance of surgical instruments in templates for computer-assisted guided implantology produced by 3-D printing.**

Clin Oral Implants Res. 2014 Jan 18. [Epub ahead of print]

(»In vitro-Untersuchung von Passungenauigkeiten zwischen chirurgischen Instrumenten und der Bohrkanalwände von mittels 3D-Druck hergestellter Bohrschablonen.«)

Passungenauigkeiten zwischen Bohrschlüssel und der Bohrkanalwand, bzw. der Bohrhülse von Bohrschablonen sowie zwischen Bohrschlüssel und den rotierenden chirurgischen Präparationsinstrumenten führen zu Seitwärtsbewegungen, die in Ungenauigkeiten bei der Präparation des Implantatbetts resultieren. Vier verschiedene Systeme wurden getestet: Bohrhülse aus Metall des Chirurgie-Systems 1 (Kontrollgruppe 1, C1), mittels 3D hergestellte Bohrhülse für System 1 (Testgruppe 1, T1), Bohrhülse aus Metall des Chirurgie-Systems 2 (Kontrollgruppe 2, C2) und mittels 3D hergestellte Bohrhülse für System 2 (Testgruppe 2, T2). In Gruppe C1 betrug die mittlere Lateralbewegung 0,75 mm, in Gruppe C2 lag sie bei 0,91 mm. Mit einer mittleren Reduktion der Lateralbewegung von 0,24 mm (32%) bei T1 und 0,39 mm (43%) bei T2 konnte eine statistisch signifikant bessere Passgenauigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden.

**Schlussfolgerung:** Passungenauigkeiten rotierender chirurgischer Instrumente und damit verbundene Lateralbewegun-

gen der Bohrer können in signifikanter Weise durch mittels 3D-Druck hergestellter Bohrschablonen mit reduziertem Innendurchmesser der Bohrkanäle reduziert werden. Lateralbewegungen können weiterhin durch die Verwendung kürzerer Bohrer und einem höheren Bohrschlüssel reduziert werden.

**Abboud M, Orentlicher G.**

**An open system approach for surgical guide production.**

J Oral Maxillofac Surg. 2011 Dec;69(12):e519-24.

(»Ein Open Source-Systemansatz für die Herstellung von Bohrschablonen.«)

Bohrschablonen für die orale Implantologie können mittels eines Software unabhängigen Open Source-Systems auf Grundlage einer universellen Scanplatte mit Referenzmarkern für die Herstellung von Computertomogrammen (CT) oder Kegelstrahl-Computertomogrammen (cone beam computed tomography, CBCT) hergestellt werden. Für die vorliegende Studie wurden CBCT-Scans von 18 Modellen aus radioopakem Komposit mittels der universellen Scanplatte mit Referenzmarkern (Bego Medical, Bremen, Germany) hergestellt. In den Modellen waren einige, ebenfalls radioopake Gutta-perchaspitzen als Vergleichsmarker eingearbeitet. Zur virtuellen Planung der Implantatpositionen wurden die Softwareprogramme coDiagnostiX (Institut Straumann, Basel, Schweiz) oder med3D (med3D, Heidelberg, Deutschland) verwendet. 18 Implantatpositionen wurden anhand der Straumann Software und 18 weitere mit dem med3D-Programm geplant. Mittels spezieller Verbindungselemente war eine präzise Übertragung der Implantatposition von der Scanplatte auf die Bohrschablone möglich. Nach schablonengeführter Implantatinsertion wurden erneut CBCT-Scans durchgeführt und Abweichungen zwischen den geplanten Implantatpositionen und den tatsächlichen Positionen gemessen. Die Abweichungen waren bei dem Straumann-Verfahren größer als bei der med3D-Software.

**Dreiseidler T, Tandon D, Kreppel M, Neugebauer J, Mischkowski RA, Zinser MJ, Zöller JE.**

**CBCT device dependency on the transfer accuracy from computer-aided implantology procedures.**

Clin Oral Implants Res. 2012a; Sep;23(9):1089-97.

(»Übertragungsgenauigkeit der CBCT-Daten in der computergestützten Implantologie in Abhängigkeit vom verwendeten Gerät.«)

In der vorliegenden Studie sollte der Einfluss unterschiedlicher Vorrichtungen zur Kegelstrahl-Tomografie (cone-beam computed tomography, CBCT) auf die Übertragungsgenauigkeit der Daten in ein Open Source-System zur computergestützten Implantatversorgung (computer-aided implantology, CAI) untersucht werden. In Abhängigkeit des verwendeten CBCT-Systems konnten signifikante Unterschiede zwischen den Systemen in allen Parametern außer der Winkelabweichung



Ihr virtueller Stammtisch im Netz:  
[www.implantate.com](http://www.implantate.com)

chung und der linearen Abweichung in der Horizontalebene am Apex der Implantate festgestellt werden.

Park JM, Yi TK, Koak JY, Kim SK, Park EJ, Heo SJ.

**Comparison of five-axis milling and rapid prototyping for implant surgical templates.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2014 Mar-Apr;29(2):374-83.

(»Vergleich der Fünfachs-Frästechnik und des Rapid Prototyping zur Herstellung von Implantat-Bohrschablonen.«)

Zum Vergleich der Genauigkeit von Implantat-Bohrschablonen, die entweder mittels Fünfachs-Frästechnik oder Rapid Prototyping/3D-Druck (RP) hergestellt wurden, erfolgte die Anfertigung von Modellen mit jeweils 10 unterhalb der künstlichen Gingiva integrierten Guttapercha-Zylindern. Anschließend wurden Bohrerschablonen auf Basis der dreidimensionalen Daten hergestellt, die mittels Kegelstrahl-Computertomografie gewonnen wurden. Die RP-Bohrschablone wurde aus lichthärtendem Kunststoff mittels Stereolithografie angefertigt. Die andere Bohrerschablone wurde aus kieferorthopädischem Kaltpolymerisat anhand dreidimensionaler Daten hergestellt, die mittels einer Synchronisationsplattform an der Modellbasis gewonnen werden konnten. Anschließend wurden die Schienen auf den Modellen mittels Verankerungspins (RP) oder mittels Ankerschrauben (Fünfachs-Frästechnik) befestigt und erneut eine Kegelstrahl-Computertomografie durchgeführt. Die RP-Bohrschablonen zeigten signifikant größere Abweichungen als die Schablonen, die mittels Fünfachs-Frästechnik hergestellt worden waren.

Chen J, Zhang Z, Chen X, Zhang C, Zhang G, Xu Z.

**Design and manufacture of customized dental implants by using reverse engineering and selective laser melting technology.**

J Prosthet Dent. 2014 Jun 14. [Epub ahead of print]

(»Design und Herstellung eines individuellen Dentalimplantats mittels Reverse Engineering und selektiver Laser-Schmelztechnologie.«)

Das Ziel der In vitro-Studie war die Untersuchung der mechanischen und biomechanischen Eigenschaften neuartiger, individuell mittels der Laser-Schmelztechnik hergestellter Implantate. Dazu wurden mittels Reverse Engineering ein wurzelförmiges Implantat und ein wurzelförmiges Implantat mit selbstschneidendem Gewinde aus Titan Lage für Lage anhand der Laser-Schmelztechnik dreidimensional gedruckt. Untersucht wurden die relative Dichte, die Oberflächenrauigkeit, die Zug- und Biegefestigkeit und die Dimensionsgenauigkeit der Probekörper. Mittels non-linearer und linearer Finite Elemente Analyse und verschiedener experimenteller Untersuchungen wurden die Parameter Spannungsverteilung, Mikrobeweglichkeit und Primärstabilität ermittelt. Mittels der 3D-Lasertechnik konnten individuelle Implantatdesigns mit hoher Dichte, Genauigkeit und Stabilität hergestellt werden. Beim wurzelförmigen Implantat mit Gewinde konnten eine bessere Spannungsverteilung sowie geringere Mikrobewegungen ermittelt werden. Beim gleichen Implantattyp waren in den experimentellen Tests auch bessere Auszugs- und Stabilitätswerte messbar.

**Schlussfolgerung:** Mittels der selektiven Laser-Schmelztechnik lassen sich individuelle Implantate mit hoher Stabilität und

Genauigkeit herstellen. Dabei können mittels Gewindedesign näherungsweise die Ausmaße einer natürlichen Wurzel und eine bessere Spannungsverteilung sowie Primärstabilität im Knochen erreicht werden.



## Fallstudien, Fallserien

Barter S.

**Computer-aided implant placement in the reconstruction of a severely resorbed maxilla – a 5-year clinical study.**

Int J Periodontics Restorative Dent. 2010 Dec;30(6):627-37.

(»Computergestützte Implantatpositionierung im stark atrophierten Oberkiefer: Eine klinische Fünfjahresstudie.«)

36 Implantate wurden bei sechs Patienten ohne Bildung eines Mukoperiostlappens mittels CAD/CAM geplant und inseriert. Die Patienten hatten im Vorfeld umfangreiche Auflagerungsosteoplastiken zum Aufbau des stark atrophierten Oberkiefers erhalten. Der Vorteil der lappenlosen Insertion lag darin, dass die augmentierten Bereiche nicht freigelegt werden mussten. Die kumulative Überlebensrate der Implantate lag nach einem mittleren Follow up von 48,8 Monaten bei 97,7%. Alle prothetischen Rekonstruktionen waren bei Abfassen der Studie noch in situ und funktionsfähig.

Gillot L, Noharet R, Cannas B.

**Guided surgery and presurgical prosthesis: preliminary results of 33 fully edentulous maxillae treated in accordance with the NobelGuide protocol.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2010 May;12 Suppl 1:e104-13.

(»Geführte Chirurgie und prächirurgische Herstellung von Zahnersatz zur Versorgung des zahnlosen Oberkiefers nach dem NobelGuide-Protokoll: Vorläufige Studienergebnisse von 33 Behandlungsfällen.«)

In zwei klinischen Zentren wurden 33 Patienten nach dem NobelGuide-Behandlungsprotokoll (Nobel Biocare AB, Göteborg, Schweden) mit insgesamt 211 Implantaten versorgt. In Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Patienten betrug das klinische Follow up zwischen 12-51 Monate. Vier Implantate gingen nach Belastung verloren. Die Überlebensrate der Implantate betrug 98,1%, während die prothetische Erfolgsquote bei 100,0% lag.

Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Dell'aversana Orabona G, Piombino P, Salzano G, Quarato D, Riccardi E, Belli E, Ungari C.

**Computer-assisted implant surgery and immediate loading in edentulous ridges with dental fresh extraction sockets.**

Two years results of a prospective case series study.

Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2013 Nov;17(21):2968-73.

(»Computergestützte Implantatversorgung frischer Extraktionsalveolen und zahnloser Alveolarkämme mit Sofortbelastung der Implantate. Zweijahresergebnisse einer Fallserie im prospektiven Design.«)

12 Patienten wurden mit insgesamt 72 Implantaten (Nobel Replace Tapered Groovy, Nobel Biocare AB, Göteborg, Schweden) versorgt. 26 davon wurden in frische Extraktionsalveolen mittels geführter Chirurgie inseriert. Im Vorfeld wurde die Implantatposition mittels dreidimensionaler Bildgebung geplant. Die prothetische Rekonstruktion erfolgte mittels CAD/CAM gefräster Zirkondioxid-Keramikrestaurationen. Alle Patienten nahmen am 24-monatigen Follow up teil. Die kumulative Implantatüberlebensrate betrug 100% und prothetische Komplikationen traten nur in geringem Umfang auf.

Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Lolli FM, Deledda A, Campus G, Tullio A.

**Implant Restoration of Edentulous Jaws with 3D Software Planning, Guided Surgery, Immediate Loading, and CAD-CAM Full Arch Frameworks.**

Int J Dent. 2013;2013:683423.

(»Implantatversorgung im zahnlosen Kiefer mittels dreidimensionaler Planung, geführter Chirurgie und Sofortbelastung sowie prothetische Versorgung mittels CAD/CAM-gefrästen Suprakonstruktionen.«)

In der vorliegenden prospektiven Fallserie wurden 23 zahnlose Kiefer bei 20 Patienten mit insgesamt 120 Implantaten versorgt. Im Vorfeld wurde eine dreidimensionale Planung der Implantatpositionen durchgeführt und anschließend erfolgte die Implantatinsertion mittels geführter Chirurgie. Die prothetischen Restaurationen wurden mittels CAD/CAM hergestellt und unmittelbar nach der Implantatinsertion eingesetzt. Die kumulative Überlebensrate der Implantate betrug nach einer Beobachtungsdauer von 30 Monaten 97,7%.

Freudlsperger C, Bodem JP, Engel E, Hoffmann J.

**Mandibular reconstruction with a prefabricated free vascularized fibula and implant-supported prosthesis based on fully three-dimensional virtual planning.**

J Craniofac Surg. 2014 May;25(3):980-2.

(»Rekonstruktion des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes mit einem präfabrizierten, vaskularisierten Fibula-Transplantat und einer implantatgestützten prothetischen Rekonstruktion nach dreidimensionaler virtueller Planung.«)

In der vorliegenden Untersuchung wurde bei einem 56-jährigen Patienten ein großer Resektionsdefekt des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes mit einem digital geplanten vaskularisierten Fibula-Transplantat, Implantaten und einer prothetischen Sofortrekonstruktion versorgt. Die Planung der Implantatpositionen erfolgte virtuell. Die Rekonstruktion erfolgte in zwei Schritten mittels einer vorher digital hergestellten Bohr-/Osteotomieschablone. Zunächst wurden die Implantate mittels Schablone direkt in die Fibula inseriert und mit einem Spalthauttransplantat abgedeckt, das später als Gingiva dienen sollte. Im zweiten Schritt wurde, ebenfalls mithilfe der Schablone, das Transplantat gemeinsam mit den Implantaten aus der Fibula herauspräpariert. Die prothetische Sofortversorgung wurde eingesetzt und diente als Führung für die endgültige Positionierung des Transplantatblocks.

Hara S, Mitsugi M, Kanno T, Nomachi A, Wajima T, Tatemoto Y.

**Three-dimensional virtual operations can facilitate complicated surgical planning for the treatment of patients with jaw**

**deformities associated with facial asymmetry: a case report.**

Int J Oral Sci. 2013 Sep;5(3):176-82.

(»Dreidimensionale virtuelle Operationen können komplexe OP-Planungen bei Patienten mit Deformitäten im Kieferbereich und Gesichtsasymmetrien erleichtern: Ein Fallbericht.«)

Bei einem Patienten mit einer skelettalen Angle Klasse III-Anomalie in Kombination mit einer Größendiskrepanz zwischen Ober- und Unterkiefer, einem frontal offenen Biss und einer Asymmetrie im Gesichtsbereich wurde eine Umstellungsosteotomie mittels der Software SimPlant OMS virtuell geplant. Anschließend wurden eine Le Fort I-Osteotomie, eine sagittale Split-Osteotomie des aufsteigenden Unterkieferastes, eine Rückverlagerung des Unterkiefers sowie eine Kinnosteoplastik durchgeführt. Die chirurgische Umsetzung der virtuellen Planung führte zu einer Angle Klasse I-Okklusion sowie zu einer Beseitigung der Gesichtsasymmetrie sowohl in der Frontal-, als auch in der Sagittalebene.

Yong LT, Moy PK.

**Complications of computer-aided-design/computer-aided-machining-guided (NobelGuide) surgical implant placement: an evaluation of early clinical results.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2008 Sep;10(3):123-7.

(»Komplikationen bei Implantatversorgung mittels CAD/CAM (NobelGuide): Auswertung früher klinischer Fälle.«)

Bei 13 Patienten, bei welchen zwischen März 2003 und Oktober 2006 mittels CAD/CAM-geführte Implantatinsertion (NobelGuide, Nobel Biocare, Yorba Linda, USA) und prothetische Sofortversorgungen durchgeführt worden waren, wurden Nachuntersuchungen durchgeführt. Frühe post-operative Komplikationen waren Interferenzen im Bereich des Knochenlagers, die eine genaue Passung der Prothesen behinderten. Implantatverluste waren mit einer Häufigkeit von 9,0% die häufigste post-operative Komplikation, die in der späteren Phase beschrieben wurde. Die hauptsächlichsten prothetischen Komplikationen waren Frakturen der prothetischen Suprakonstruktion.

Amorfini L, Storelli S, Romeo E.

**Immediate loading of a fixed complete denture on implants placed with a bone supported surgical computer planned guide: case report.**

J Oral Implantol. 2010 Jun 21.

(»Computergestützte Implantatinsertion mittels Bohrschablone und Sofortversorgung mit einem festsitzenden totalen Zahnersatz: Ein Fallbericht.«)

Anhand Computertomografie (CT) und einer virtuellen Planungssoftware (SimPlant, Materialise, Leuven, Belgien) wurde für einen Patienten eine Bohrschablone hergestellt, mittels welcher acht Implantate inseriert wurden. Die Herstellung der provisorischen Immediatversorgung wurde vor dem chirurgischen Eingriff hergestellt und unmittelbar nach Implantatinsertion eingesetzt. Sechs Wochen nach der OP erfolgten die endgültige Abformung der intraoralen Situation und die Herstellung einer definitiven Suprakonstruktion aus einem kunststoffverblendeten Titangerüst mittels CAD/CAM, die auf den Implantaten verschraubt wurde. Sechs Monate nach Einsetzen der Restauration

waren alle acht Implantate in situ und es konnten keine prothetischen Komplikationen beobachtet werden.

**Abad-Gallegos M, Gómez-Santos L, Sánchez-Garcés MA, Piñera-Penalva M, Freixes-Gil J, Castro-García A, Gay-Escoda C. Complications of guided surgery and immediate loading in oral implantology: a report of 12 cases.**

*Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011 Mar 1;16(2):e220-4.

(»Komplikationen nach geführter Implantatinsertion und prothetischer Sofortversorgung: Ein Bericht über 12 Patientenfälle.«)

Auf Grundlage einer einzigen DICOM-Datei wurden 19 Patienten (Anm. der Redaktion: entgegen der Angabe im Titel der Studie waren es nicht 12, sondern 19 Patienten) mit teilbezahnten/unbezahnten Ober- und Unterkiefer nach virtueller Planung der Implantatpositionen mit insgesamt 122 Implantaten versorgt und erhielten unmittelbar nach dem Eingriff prothetische Immediatversorgungen. Ziel der vorliegenden retrospektiven Untersuchung war, chirurgische und/oder prothetische Komplikationen zu erfassen und zu beschreiben. Intraoperative Komplikationen bestanden in einem Mangel an Primärstabilität der Implantate. Postoperative Komplikationen entstanden aufgrund periimplantärer Infektionen und dem Mangel an Primärstabilität, welche zum Verlust von insgesamt 10 Implantaten führten. Als prothetische Komplikationen wurden Lockerungen der Schraubenverbindung, Prothesenbrüche und dem Mangel an spannungsfreiem Sitz (Passive Fit) der prothetischen Immediatversorgungen beschrieben.

**Schlussfolgerung:** Trotz der Komplikationen birgt das beschriebene Verfahren aufgrund der geringeren postoperativen Morbidität und der Möglichkeit einer Sofortversorgung Vorteile gegenüber konventionellen Behandlungsmethoden. Die beschriebenen Vorteile machen sich in einer erhöhten Patientenzufriedenheit bemerkbar.

**Spinelli D, Ottria L, DE Vico G, Bollero R, Barlattani A, Bollero P. Full rehabilitation with nobel clinician and procera implant bridge: case report.**

*Oral Implantol (Rome).* 2013 Oct 15;6(2):25-36.

(»Gesamtrehabilitation mit dem Nobel Clinician und dem Pro-cera Implant Bridge-System: Ein Fallbericht.«)

Seit Einführung der dentalen Implantologie basieren die grundlegenden Empfehlungen auf einer aufrechten Implantatpositionierung. Bei einer geplanten Versorgung im interforaminalen Bereich im Unterkiefer würde diese Forderung in vielen Fällen dazu führen, dass die endständigen Implantate nicht

mehr interforaminal, sondern distal des Foramen mentale gesetzt werden müssten. Eine Abweichung von der Empfehlung in Form einer geneigten Implantatinsertion führt dazu, dass Implantate interforaminal gesetzt werden können. Auf diese Weise können längere Implantate verwendet werden, was zu einer Verbesserung der Verankerung im Knochen resultiert. Weiterhin werden Augmentationsmaßnahmen vermieden und gleichzeitig eine gleichmäßige prothetische Abstützung erreicht. Diese Form der Versorgung wird auch als „All on Four“-Technik bezeichnet, welche von Maló et al. in einer retrospektiven klinischen Studie vorgestellt wurde.

**Pomares C.**

**A retrospective study of edentulous patients rehabilitated according to the ‚all-on-four‘ or the ‚all-on-six‘ immediate function concept using flapless computer-guided implant surgery.**

*Eur J Oral Implantol.* 2010 Summer;3(2):155-63.

(»Eine retrospektive Untersuchung nach Versorgung zahnloser Patienten nach dem All on Four oder dem All on Six-Sofortversorgungskonzept mittels computergestützter, lappenloser Implantatinsertion.«)

Insgesamt 30 Patienten (24 Frauen und sechs Männer) mit einem mittleren Alter von 53 Jahren wurden mit 195 Implantaten versorgt (97 NobelSpeedy Groovy und 98 Brånemark MKIII Groovy-Implantate). 128 Implantate wurden im Oberkiefer eingesetzt, während im Unterkiefer 67 Implantate zum Einsatz kamen. Die prothetische Interimsversorgung erfolgte unmittelbar nach dem chirurgischen Eingriff mittels 25 festsitzender Totalprothesen aus Kunststoff im Oberkiefer und 17 im Unterkiefer. Zur Planung der Implantatpositionen, der Herstellung der Positionierungsschablone und der Interimsprothesen wurde die Software Procera in den Versionen 1.6 und 2.0 verwendet. Um eine Sofortbelastung zu ermöglichen, wurden die Implantate mit einem Torque von 35 Ncm eingesetzt. Die definitiven prothetischen Suprakonstruktionen wurden sechs bis 12 Monate nach der Sofortversorgung eingesetzt. Die Nachuntersuchung erfolgte ebenfalls 12 Monate nach der Sofortversorgung. Während der Einheilungsphase gingen zwei Implantate (ein gerade und ein anguliert eingesetztes) im Oberkiefer und zwei anguliert eingesetzte Implantate im Unterkiefer verloren. Bei drei Implantaten war ein erneuter Implantationsversuch erfolgreich. Bei einem Patienten musste der Sitz der Interimsprothese verbessert werden. Bei drei Patienten mussten aufgrund eines Entzündungsgeschehens im apikalen Bereich der Implantate ein erneuter chirurgischer Eingriff und die systemische Gabe von Antibiotika erfolgen.

Die bisher veröffentlichten Abstracts und Exzerpte der wissenschaftlichen Veröffentlichungen sind für pip-Leser jederzeit in den ePapers der pip auf [www.pipverlag.de](http://www.pipverlag.de) nachzulesen und im YouVivo Store im DGINet als PDF-Download erhältlich.

**Bisher erschienen:** Kurze Implantate (1/10), Extraktionsalveole und Kammerhalt (2/10), Sofortbelastung und Sofortversorgung (3/10), Periimplantitis (4/10), Mini-Implantate (1/11), Weichgewebsmanagement (2/11), Bisphosphonate u. orale Implantologie (3/11), Sinusboden-Elevationen (4/11), PRP und PRGF (1/12), Biologische Breite (2/12), Systemische Erkrankungen (3/12), All on Four (4/12), Keramik in der Implantologie (1/13), Knochenaugmentationen, Teil 1: Techniken (2/13), Teil 2: Materialien (3/13) Teil 3: Tissue-Engineering (4/13), Platform Switching (1/14), Piezochirurgie (2/14), Nutzen und Risiken computergestützter Implantologie (3/14).





**Schlussfolgerung:** Trotz der beschriebenen Komplikationen scheint die computergestützte, lappenlose Therapie nach dem All-on-Four oder All-on-Six Konzept eine machbare und vorhersehbare Behandlungsoption zu sein.



## Klinische Studien Mensch

Landázuri-Del Barrio RA, Cosyn J, De Paula WN, De Bruyn H, Marcantonio E Jr.

**A prospective study on implants installed with flapless-guided surgery using the all-on-four concept in the mandible.**

Clin Oral Implants Res. 2013 Apr;24(4):428-33.

**(Eine prospektive Studie zur geführten Implantatinserterion ohne Lappenbildung nach dem All on Four Prinzip im Unterkiefer.)**

Es liegen derzeit wenige Ergebnisse zur geführten Implantatinserterion nach dem All-on-Four Konzept im Unterkiefer ohne Bildung eines Mukoperiostlappens vor. Es fehlen größtenteils auch Daten zu klinischen Ergebnissen nach Versorgung mittels sofortbelasteter präfabrizierter prothetischer Suprakonstruktionen. Daher waren die Ziele der Studie die Untersuchung und Dokumentation klinischer und röntgenologischer Ergebnisse sowie Komplikationen, die bei dieser Art der Versorgung auftreten können. Dazu wurden 16 Nichtraucher ohne systemische Erkrankungen (10 Frauen und 6 Männer mit einem Durchschnittsalter von 59 Jahren) mit ausreichend vorhandenem Knochenvolumen im Unterkiefer mittels geführter Chirurgie ohne Lappenbildung nach dem All on Four-Prinzip behandelt. Die Implantat-Überlebensrate betrug nach einer Beobachtungszeit von 12 Monaten 90%. Kurze Implantate wiesen dabei eine statistisch nicht signifikante höhere Verlustrate auf ( $p=0,098$ ). Der mittlere krestale Knochenverlust betrug 0,83 mm. Technische Komplikationen traten bei 15 Patienten auf und waren hauptsächlich durch Passungenauigkeiten zwischen der Suprakonstruktion und den Abutments bedingt. Daraus lässt sich folgern, dass die Herstellung des Zahnersatzes mittels Abformung der Implantate in situ einer Herstellung auf Basis der virtuell geplanten Implantatpositionen vorzuziehen ist.

Behneke A, Burwinkel M, Behneke N.

**Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement.**

Clin Oral Implants Res. 2012 Apr;23(4):416-23.

**(»Einflussfaktoren auf die Übertragungsgenauigkeit der Implantatpositionen von mittels Kegelstrahl-Computertomografie hergestellten Bohrschablonen.«)**

Bei 52 teilbezahnten Patienten wurden insgesamt 132 Implantate eingesetzt, nachdem die Implantatpositionen mittels Kegelstrahl-Computertomogrammen (cone-beam computed tomography, CBCT) auf entsprechenden Bohrschablonen festgelegt worden waren. Mittels Bilddatenüberlagerung wurden lineare Abweichungen und Winkelabweichungen zwischen den berechneten und den tatsächlichen Implantatpositio-

nen gemessen. Die Implantatbereiche wurden nach den vier folgenden Faktoren stratifiziert, von welchen angenommen werden kann, dass sie die Übertragungsgenauigkeit beeinflussen könnten: 1) Ober- oder Unterkiefer, 2) Design der Bohrschablone (Einzelzahnücke, unterbrochene oder verkürzte Zahnreihe, geringer Restzahnbestand), 3) OP-Technik (mit/ohne Bildung eines Mukoperiostlappens) sowie 4) Anzahl der schablonengeführten Präparationsschritte (vollständig geführte Insertion, freihändige Insertion, freihändig durchgeführte Endbohrung). Die Lage der Implantate (Ober- oder Unterkiefer) und die OP-Technik hatten keinen signifikanten Einfluss die Übertragungsgenauigkeit hinsichtlich der linearen Lage (Hals und Apex) und der Winkelabweichungen. Bei reduziertem Restzahnbestand waren die Unterschiede deutlicher als bei Einzelzahnücken, während zwischen verkürzter und unterbrochener Zahnreihe keine signifikanten Unterschiede erkennbar waren. Grundsätzlich ergab die Präparation mittels Bohrschablone eine genauere Umsetzung der virtuellen Planung als Freihandpräparationen oder freihändig durchgeführte Endbohrungen.

Komiyama A, Pettersson A, Hultin M, Näsström K, Klinge B.

**Virtually planned and template-guided implant surgery: an experimental model matching approach.**

Clin Oral Implants Res. 2011 Mar;22(3):308-13.

**(»Virtuell geplante und schablonengeführte Implantatchirurgie: Ein experimenteller Ansatz zur Messung der Passgenauigkeit anhand von Modellen.«)**

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Messung von Abweichungen zwischen den virtuell geplanten präoperativen Positionen, die auf entsprechenden Gipsmodellen mit Modellimplantaten reproduziert wurden und den tatsächlichen Positionen der inserierten Implantate. Diese wurden mindestens ein Jahr post-OP nach intraoraler Abformung, ebenfalls anhand von Gipsmodellen dargestellt. Es konnten statistisch signifikante Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Implantatposition sowohl im Halsbereich, als auch im apikalen Bereich der Implantate ermittelt werden.

Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF.  
**Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement.**

J Oral Maxillofac Surg. 2009 Feb;67(2):394-401.

**(»Exakte klinische Positionierung von Implantaten mittels drei verschiedenen, auf Basis von Computertomogrammen stereolithografisch hergestellten Bohrschablonen.«)**

Bei 30 konsekutiven Patienten wurden insgesamt 110 Implantate mittels stereolithografisch hergestellter Bohrschablonen auf Basis von computertomografisch gewonnenen Daten inseriert. Dabei lagen die Bohrschablonen bei der Implantatpräparation/Implantatinserterion entweder direkt dem Alveolarknochen oder der oralen Schleimhaut an, bzw. waren auf dem Restzahnbestand fixiert. Die Winkelabweichungen zwischen den geplanten und den tatsächlichen Implantatpositionen betrugen 2,91 Grad  $\pm$  1,3 Grad bei Abstützung der Bohrschablone auf den Restzähnen, 4,63 Grad  $\pm$  2,6 Grad bei Abstützung auf dem Alveolarknochen und 4,51 Grad  $\pm$  2,1 Grad bei Abstützung auf der oralen Mukosa. Die Ergebnis-

se verdeutlichen, dass mittels stereolithografisch hergestellten Bohrschablonen die Übertragung der virtuellen Implantatpositionen auf die klinische Situation eine grundsätzlich verlässliche Methode darstellt, wobei zahnunterstützte Bohrschablonen zu exakteren Ergebnissen führen als Bohrschablonen, die auf dem Alveolarknochen oder der Mundschleimhaut abgestützt werden.

**Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, Näsström K, Klinge B.**

**Accuracy of virtually planned and template guided implant surgery on edentulous patients.**

*Clin Implant Dent Relat Res.* 2012 Aug;14(4):527-37.

**(»Genauigkeit virtuell geplanter und mittels Bohrschablonen geführter Implantatinserktion bei zahnlosen Patienten.«)**

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung, inwieweit zwischen der virtuellen Planung der Implantatposition auf Basis von computertomografisch (CT) erhobenen Daten und einer geführten klinischen Implantatinserktion im Ober- und Unterkiefer Unterschiede bestehen. Dazu wurden 25 zahnlose Kiefer mit 139 Implantaten versorgt. Die Abweichungen der Implantatpositionen wurden mindestens nach Ablauf eines Jahres post-OP gemessen, indem erneut ein CT in einer standardisierten Position erstellt und die Bilddaten der virtuell geplanten und der klinisch inserierten Implantate miteinander verglichen wurden. Es konnten zum Teil signifikante Unterschiede hinsichtlich der linearen Abweichungen und der Winkelgrade ermittelt werden. Am größten waren die Diskrepanzen, wenn sich Patienten während der CT-Erstellung bewegt hatten.

**Arisan V, Karabuda CZ, Mumcu E, Özdemir T.**

**Implant positioning errors in freehand and computer-aided placement methods: a single-blind clinical comparative study.**

*Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013a; Jan-Feb;28(1):190-204.

**(»Fehler bei der Implantatpositionierung bei freihändiger und computergestützter Insertion: Eine einfach verblindete klinische Vergleichsstudie.«)**

Mit dem Ziel des Vergleichs von Einflussfaktoren auf Fehler, die bei Implantatpositionierung ohne und mit Bohrschablone eintreten können, wurden bei 54 Patienten mit mindestens einem zahnlosen Kiefer insgesamt 353 Implantate eingesetzt. Bei Implantatinserktion mittels Bohrschablonen wurden 16 schleimhaut- und 12 knochengelagerte Schablonen verwendet. Zum Zeitpunkt der Versorgung mit der prothetischen Suprakonstruktion erfolgte die Nachuntersuchung anhand von sieben Fehlerkriterien durch einen verblindeten Untersucher. Eine zu geringe interimplantäre Distanz, fehlende Parallellität und Fehler in der Gestaltung des interproximalen Emergenzprofils waren bei der Implantatinserktion ohne Verwendung einer Bohrschablone signifikant gegenüber der Insertion mittels Bohrschablonen erhöht. Die geringste Fehlerrate von 6% gegenüber der Freihandmethode mit 88% konnte bei Verwendung schleimhautgelagerter Schablonen ermittelt werden.

**Arisan V, Karabuda ZC, Piskin B, Özdemir T.**

**Conventional multi-slice computed tomography (CT) and cone-beam CT (CBCT) for computer-aided implant placement.**

**Part II: reliability of mucosa-supported stereolithographic guides.**

*Clin Implant Dent Relat Res.* 2013b; Dec;15(6):907-17.

**(»Mehrschicht-Computertomografie und Kegelstrahl-Computertomografie zur computergestützten Implantatinserktion.**

**Teil II: Die Verlässlichkeit schleimhautgestützter stereolithografischer Bohrschablonen.«)**

In der vorliegenden Studie sollte die klinische Abweichung von Implantaten gemessen werden, die mittels konventioneller Computertomografie (CT) oder Kegelstrahl-Computertomografie (cone beam computed tomography, CBCT) hergestellter stereolithografischer (SLA) Bohrschablonen eingesetzt worden waren. Dazu wurden 11 Patienten nach dem Zufallsprinzip der CT- oder der CBCT-Gruppe zugeteilt. 108 Implantate wurden nach digitaler Planung mittels SLA eingesetzt. Anschließend erfolgten neue CT-, bzw. CBCT-Aufnahmen, mittels welcher die geplanten und tatsächlichen Implantatpositionen miteinander verglichen wurden. Die mittlere Winkelabweichung betrug in der CT-Gruppe 3,3 Grad und die mittlere lineare Abweichung an der Implantatschulter und der Spitze des Implantats 0,75 mm, bzw. 0,8 mm. In der CBCT-Gruppe lag die mittlere Winkelabweichung bei 3,47 Grad und die mittlere lineare Abweichung an der Implantatschulter und der Spitze des Implantats 0,81, mm bzw. 0,87 mm. Statistisch signifikante Unterschiede waren nicht zwischen den beiden Scanmethoden festzustellen.

**Arisan V, Karabuda ZC, Özdemir T.**

**Implant surgery using bone- and mucosa-supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques.**

*Clin Oral Implants Res.* 2010 Sep;21(9):980-8.

**(»Implantatversorgung im zahnlosen Kiefer mittels knochen- und schleimhautgelagerter stereolithografischer Bohrschablonen: Ein Vergleich post-operativer Ergebnisse nach computergestützter oder konventioneller Implantatinserktion.«)**

Bei 52 Patienten wurden insgesamt 341 Implantate entweder ohne digitale Planung nach der Standardmethode (Kontrollgruppe, 21 Patienten) oder mittels knochengelagerter (bone-supported guide, BSG, 16 Patienten), bzw. schleimhautgelagerter Bohrschablonen (Flapless-Gruppe, 15 Patienten) nach digitaler Planung der Implantatpositionen inseriert. Die Dauer des Eingriffs wurde ebenso dokumentiert wie post-operative Blutungen, die Einnahme von Schmerzmitteln sowie Einschränkungen der Mundöffnung. Post-operative Schmerzen und Schwellungen wurden mittels der Visuell-analogen Skala (VAS) gemessen. In der Flapless-Gruppe war die mittlere OP-Dauer mit 23,53 min  $\pm$  5,48 min signifikant gegenüber der Kontrollgruppe (68,71 min  $\pm$  11,4 min) und der BSG-Gruppe (60,94 min  $\pm$  13,07 min) reduziert. Mittels VAS gemessene Schmerzen und die Schmerzmittel-Einnahme waren in der Flapless-Gruppe statistisch signifikant geringer ausgeprägt als in den beiden anderen Untersuchungsgruppen. Ebenso waren post-operative Blutungen sowie Probleme bei Mundöffnung in der Flapless-Gruppe gegenüber den beiden anderen Gruppen signifikant reduziert.

**Platzer S, Bertha G, Heschl A, Wegscheider WA, Lorenzoni M.**

**Three-dimensional accuracy of guided implant placement: indirect assessment of clinical outcomes.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Oct;15(5):724-34.

**(»Indirekte Messung der dreidimensionalen Übereinstimmung der klinischen und der virtuell geplanten Implantatposition nach geführter Chirurgie.«)**

Mittels eines optischen Laserscans wurden Abweichungen zwischen der digital geplanten, und der späteren klinischen Implantatposition im dreidimensionalen Raum gemessen. Dazu wurden bei fünf Patienten nach digitaler Planung der Implantatposition mit der Software SimPlant 12.0 (Materialise Dental, Leuven, Belgien) insgesamt 15 Implantate (Osseotite™, Biomet 3i) mittels zahngestützter Bohrschablonen ohne Bildung eines Mukoperiostlappens inseriert. Unmittelbar nach der Implantatinsertion wurden Abformungen genommen, um die klinische Implantatposition anhand von Modellen mit der virtuell geplanten, präoperativen Position vergleichen zu können. Die Implantate wurden in der gleichen Sitzung mit verblockten Provisorien versorgt. Die mittlere Abweichung zwischen der klinischen und der geplanten Position der Implantate betrug 0,46 mm ± 0,21 mm. Entlang der X-Achse in bucco-lingualer Richtung betrug die mittlere Abweichung 0,27 mm ± 0,19 mm und in der Y-Achse in sagittaler Richtung 0,15 mm ± 0,19 mm. Entlang der Z-Achse in kranio-kaudaler Richtung betrug die mittlere Abweichung 0,28 mm ± 0,19 mm. Entlang der Rotationsachse betrug die mittlere Abweichung 14,04 Grad ± 11,6 Grad.

**Schlussfolgerung:** Die Ergebnisse dieser Pilotstudie zeigen, dass eine präzise Übertragung virtuell geplanter Implantatpositionen auf die klinische Situation möglich ist. Weitere Studien sind notwendig, um eine weitere Steigerung der Präzision erzielen zu können.

Johansson B, Friberg B, Nilson H.

**Digitally planned, immediately loaded dental implants with prefabricated prostheses in the reconstruction of edentulous maxillae: a 1-year prospective, multicenter study.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2009 Sep;11(3):194-200.

**(»Virtuelle Planung der Implantatposition, Implantatinsertion und Sofortversorgung des zahnlosen Oberkiefers mittels präfabrizierter Totalprothesen. Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Studie nach einem Jahr.«)**

In acht verschiedenen skandinavischen Kliniken wurden 52 Patienten mit insgesamt 312 TiUnite Implantaten (Brånemark, Nobel Biocare, Göteborg, Schweden) versorgt. Die Planung der Implantatpositionen erfolgte virtuell. Die Implantate wurden mittels NobelGuide Bohrschablonen (Nobel Biocare AB, Göteborg, Schweden) eingebracht und die Patienten sofort mit einem vorgefertigten totalen Zahnersatz auf Basis eines Procera-Gerüsts (Nobel Biocare AB) versorgt. Die Implantatstabilität wurde nach Ablauf eines Jahres untersucht. Bis auf vier Patienten nahmen alle an der Nachuntersuchung teil. Zwei Implantate gingen während dieses Zeitraums verloren (Implantatüberlebensrate von 99,4%) und der mittlere krestale Knochenverlust betrug 1,3 mm. Die häufigsten Komplikationen innerhalb des ersten Jahres unter Belastung waren Gingivahyperplasien sowie Schraubenlockerungen, Prothesenbrüche und die Notwendigkeit zur okklusalen Adjustierung.

Verhamme LM, Meijer GJ, Boumans T, de Haan AF, Bergé SJ, Maal TJ.

**A Clinically Relevant Accuracy Study of Computer-Planned Implant Placement in the Edentulous Maxilla Using Mucosa-Supported Surgical Templates.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Jul 24. [Epub ahead of print].

**(»Klinische Studie zur Genauigkeit der Implantatplatzierung im zahnlosen Oberkiefer mittels schleimhautgelagerter Bohrschablonen.«)**

Bei 30 konsekutiven zahnlosen Patienten wurden im Oberkiefer zwei, bzw. vier Brånemark MkIII Groovy-Implantate (Nobel Biocare, Zürich, Schweiz) eingesetzt (N=104 Implantate). Vor dem Eingriff wurde ein Kegelstrahl-Computertomogramm (cone beam computer tomography, CBCT) angefertigt und auf dieser Grundlage eine virtuelle Planung der Implantatposition durchgeführt. Anschließend wurde anhand der Daten eine Bohrschablone angefertigt, mittels welcher die Implantatinsertion erfolgte. Nach der Implantatinsertion wurde ein weiteres CBCT erstellt, um die Übereinstimmung der geplanten und der klinischen Implantatpositionen messen zu können. In bucco-lingualer Richtung war an der Implantatspitze eine mittlere Abweichung von 0,67 mm und an der Implantatschulter von 0,51 mm zu messen. Es lagen eine mittlere Abweichung in der Insertionstiefe von -0,83 mm und eine Winkelabweichung von 1,74 Grad vor. In mesio-distaler Richtung konnte eine mittlere Abweichung von 0,75 mm an der Implantatspitze und von 0,60 mm an der Implantatschulter gemessen werden. Die mittlere Tiefenabweichung betrug -0,75 mm und die Winkelabweichung lag bei 1,94 Grad. Insgesamt 74% der Implantate wurden nicht ausreichend tief eingebracht und es war ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der geplanten und der klinischen Implantatposition sowohl in mesio-distaler, als auch in bucco-lingualer Richtung erkennbar, der aus einer nicht optimalen Positionierung der Bohrschablone resultierte.

di Torresanto VM, Milinkovic I, Torsello F, Cordaro L.

**Computer-assisted flapless implant surgery in edentulous elderly patients: a 2-year follow up.**

Quintessence Int. 2014 May;45(5):419-29.

**(»Computergestützte Implantatbehandlung ohne Bildung eines Mukoperiostlappens bei älteren zahnlosen Patienten: Ein zweijähriges Follow up.«)**

In der vorliegenden Studie erfolgte bei 10 zahnlosen älteren Patienten nach dreidimensionaler computergestützter Therapieplanung eine navigierte Implantatversorgung mit je vier Camlog-Implantaten (N=40 Implantate) ohne Bildung eines Mukoperiostlappens. Die totalprothetischen Restaurationen wurden auf Locator-Attachments befestigt. Nach einem zweijährigen Follow up waren alle Implantate noch in situ. 82% der periimplantären Bereiche waren frei von Blutung bei Sondierung (bleeding on probing, BOP). Die mittlere Sondierungstiefe betrug 2,34 mm und bei acht der 40 Implantate fehlte keratinisierte Gingiva entweder auf der vestibulären oder oralen Seite des Alveolarkamms. Auf der Visuell Analogen Skala (VAS) konnte mit einem Wert von 9,9 eine hohe Patientenzufriedenheit ermittelt werden.

Vasak C, Kohal RJ, Lettner S, Rohner D, Zechner W.

**Clinical and radiological evaluation of a template-guided (NobelGuide™) treatment concept.**

Clin Oral Implants Res. 2014 Jan;25(1):116-23.

(»Klinische und röntgenologische Untersuchung eines Bohrschablonen gestützten (NobelGuide) Behandlungskonzepts.«)

Bei 30 Patienten mit zahnlosem und teilbezahntem Ober- und Unterkiefer erfolgten eine digitale Planung und eine mittels Bohrschablone geführte Implantatinsertion nach dem NobelGuide-Konzept. Insgesamt 163 NobelReplace Tapered Groovy-Implantate wurden gesetzt. Nachuntersuchungstermine fanden 1-2 Wochen nach Implantatinsertion sowie 1, 3, 6 und 12 Monate später statt. Bei zwei Implantatverlusten nach Ablauf eines Jahres betrug die kumulierte Überlebensrate 98,8% und der mittlere krestale Knochenverlust lag bei 1,44 mm.

Danza M, Zollino I, Carinci F.

**Comparison between implants inserted with and without computer planning and custom model coordination.**

J Craniofac Surg. 2009 Jul;20(4):1086-92.

(»Vergleichende Untersuchung zur Implantatinsertion ohne und mit digitaler Planung und Übertragung auf eine Modellsituation.«)

Unter den Systemen für die digitale Implantatplanung gibt es ein System, mittels welchem die digital geplante Implantatposition anhand eines Parallelometers auf ein Mastermodell übertragen werden kann. Um die Praktikabilität dieses Verfahrens zu überprüfen, wurde eine vergleichende retrospektive Untersuchung bei 300 Implantaten durchgeführt. 66 dieser Implantate wurden mittels digitaler Planung eingesetzt.

Valente F, Schirolì G, Sbrenna A.

**Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2009 Mar-Apr;24(2):234-42.

(»Genauigkeit der computergestützten Implantatchirurgie: Eine klinische und radiologische Untersuchung.«)

In zwei Behandlungszentren wurden insgesamt 25 teilbezahnte und zahnlose Patienten (17 in Zentrum 1 und acht in Zentrum 2) mit Implantaten nach digitaler Planung mittels Computertomografie (CT) und computergestützter Herstellung stereolithografischer Bohrschablonen versorgt. Ein zweites CT wurde nach Implantatinsertion hergestellt und die klinischen Daten mit den Planungsdaten verglichen. Vier der 104 Implantate gingen nach einem mittleren Follow up von 36 Monaten verloren, was einer kumulierten Überlebensrate von 96% entspricht. Die mittlere Abweichung im koronalen Anteil der Implantate betrug 1,4 mm, während sie im apikalen Anteil bei 1,6 mm lag. Die mittlere Abweichung der Insertionstiefe betrug 1,1 mm und die Winkelabweichung lag bei 7,9 Grad. Unterschiede in den Ergebnissen der beiden Behandlungszentren waren nicht zu ermitteln.

Marra R, Acocella A, Rispoli A, Sacco R, Ganz SD, Blasi A.

**Full-mouth rehabilitation with immediate loading of implants inserted with computer-guided flap-less surgery: a 3-year multicenter clinical evaluation with oral health impact profile.**

Implant Dent. 2013 Oct;22(5):444-52.

(»Gesamtrehabilitation und Sofortbelastung nach computergestützter, geführter Implantatinsertion ohne Bildung eines Mukoperiostlappens: Eine multizentrische Dreijahresstudie mittels des Oral Health Impact Profile.«)

Im Rahmen dieser Studie wurden 30 konsekutive Patienten mit insgesamt 312 Implantaten versorgt. Die Planung und die Implantatinsertion erfolgten mittels des computergestützten NobelGuide-Systems. Unmittelbar nach dem chirurgischen Eingriff wurden die Patienten mit präfabrizierten, verschraubten prothetischen Totalrekonstruktionen versorgt. Klinische und röntgenologische Nachuntersuchungen erfolgten nach 6, 12 und 36 Monaten. Nach dem operativen Eingriff und nach sechs Monaten erfolgte zusätzlich eine Abfrage der Patientenzufriedenheit nach dem Oral Health Impact Profile. Nach drei Jahren betrugen die Implantatüberlebensrate 97,9% und der mittlere krestale Knochenverlust 1,9 mm ± 1,3 mm. Die Patienten zeigten nach sechs Monaten eine signifikant erhöhte Zufriedenheit mit dem festsitzenden Zahnersatz gegenüber einer konventionellen prothetischen Versorgung.

Katsoulis J, Pazera P, Mericske-Stern R.

**Prosthetically driven, computer-guided implant planning for the edentulous maxilla: a model study.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2009 Sep;11(3):238-45.

(»Prothetisch ausgerichtete, computergestützte Implantatplanung zur Versorgung des zahnlosen Oberkiefers.«)

Bei 40 Patienten mit zahnlosem Oberkiefer wurden eine dreidimensionale Analyse und eine virtuelle Planung der Implantatpositionen mittels der NobelGuide-Software (Nobel Biocare, Göteborg, Schweden) durchgeführt. Um eine computergestützte Analyse unter Berücksichtigung der prothetischen Restauration zu ermöglichen, wurden gut passende, bereits vorhandene Prothesen, bzw. ein optimiertes prothetisches Setup in die Planung der Implantatposition einbezogen. Dadurch konnte die bestmögliche Implantatposition unter Berücksichtigung der Knochenstruktur und der prothetischen Rekonstruktion ausgewählt werden. Die Patienten wurden entweder a) mit vier Implantaten und einer Stegrekonstruktion oder b) mit sechs Implantaten und einer einfachen Prothese versorgt. Bei 28 Patienten (70%) konnte Planung a) ohne Bildung eines Mukoperiostlappens umgesetzt werden und bei 12 Patienten (30%) wurde Planung b) unter Bildung eines Mukoperiostlappens umgesetzt. Bei sieben Patienten, die nach Modell a) und bei sechs Patienten, die nach Modell b) behandelt worden waren, war für keines der geplanten Implantate ein ausreichendes Knochenlager vorhanden.

**Vieira DM, Sotto-Maior BS, Barros CA, Reis ES, Francischone CE. Clinical accuracy of flapless computer-guided surgery for implant placement in edentulous arches.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Sep-Oct;28(5):1347-51.

(»Klinische Exaktheit einer lappenlosen computergestützten Implantatinsertion im zahnlosen Kiefer.«)

Ziel der vorliegenden Studie war, präoperative digitale Planungsdaten mit der postoperativen klinischen Position der Implantate mittels Kegelstrahl-Tomografie (cone-beam compute-



rized tomography, CBCT) zu vergleichen. Dazu wurden bei 14 zahnlosen Patienten insgesamt 62 Implantate mittels stereolithografisch hergestellter Bohrschablonen inseriert. Es konnten mittlere lineare Abweichungen im Halsbereich im mittleren und im apikalen Anteil der Implantate von  $2,17 \text{ mm} \pm 0,87 \text{ mm}$ ,  $2,32 \text{ mm} \pm 1,52 \text{ mm}$  und  $2,86 \text{ mm} \pm 2,17 \text{ mm}$  im Oberkiefer und von  $1,42 \text{ mm} \pm 0,76 \text{ mm}$ ,  $1,42 \text{ mm} \pm 0,76 \text{ mm}$  und  $1,42 \text{ mm} \pm 0,76 \text{ mm}$  im Unterkiefer festgestellt werden. Mittlere Winkelabweichungen von  $1,93 \text{ Grad} \pm 0,17 \text{ Grad}$  wurden im Oberkiefer und im Unterkiefer von  $1,85 \text{ Grad} \pm 0,75 \text{ Grad}$  festgestellt. Die linearen Abweichungen unterschieden sich signifikant zwischen Ober- und Unterkiefer, während bei der Winkelabweichung keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit des Kiefers erkennbar waren.

Pozzi A, Moy PK.

**Minimally Invasive Transcrestal Guided Sinus Lift (TGSL): A Clinical Prospective Proof-of-Concept Cohort Study up to 52 Months.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Jan 28. [Epub ahead of print] (»Minimalinvasiver geführter transkrestaler Sinuslift (TGSL): Eine klinische Machbarkeitsstudie im prospektiven Design.«)

Die vorliegende Studie beschreibt ein neuartiges minimal-invasives Vorgehen zur Sinusbodenelevation mittels computer-gestützter Planung und geführter Chirurgie mit einer CAD/CAM-Bohrschablone in Kombination mit einer Osteotomiepräparation. Dazu wurden 66 konsekutive Patienten mit 136 Implantaten nach dieser Methode behandelt und nach dreijähriger funktioneller Belastung der Implantate nachuntersucht. Die Implantate wurden mit einem Insertions-Torque von 45-55 Ncm eingesetzt. Die provisorische Versorgung erfolgte unmittelbar nach der Implantatinsertion. Die definitive prothetische Versorgung wurde sechs Monate später durchgeführt. Die kumulierte Implantatüberlebensrate betrug nach einer mittleren Belastungszeit von 43,96 Monaten 98,53%. Biologische, mechanische oder prothetische Komplikationen wurden während der Beobachtungsphase nicht beobachtet. Der mittlere krestale Knochenverlust betrug ein Jahr nach funktioneller Belastung  $0,33 \text{ mm} \pm 0,36 \text{ mm}$ . Nach drei Jahren konnte ein mittlerer krestaler Knochenverlust von  $0,51 \text{ mm} \pm 0,29 \text{ mm}$  gemessen werden. Der mittlere Zugewinn an Alveolarknochenhöhe betrug  $6,4 \text{ mm} \pm 1,6 \text{ mm}$ . Alle Patienten berichteten über geringe postoperative Schmerzen.

**Schlussfolgerung:** Die minimalinvasive Sinusbodenelevation ist eine erfolgreiche Methode zur Alveolarkammerhöhung und verhindert eine verlängerte Nachbehandlungsdauer sowie die postoperative Patientenmorbidity.

Zinser MJ, Mischkowski RA, Dreiseidler T, Thamm OC, Rothamel D, Zöller JE.

**Computer-assisted orthognathic surgery: waferless maxillary positioning, versatility, and accuracy of an image-guided visualisation display.**

Br J Oral Maxillofac Surg. 2013 Dec;51(8):827-33. (»Computergestützte orthognathische Chirurgie im Oberkiefer ohne Positionierungsschiene: vielseitige Einsetzbarkeit sowie Genauigkeit eines bildgestützten Visualisierungs-Displays.«)

In der vorliegenden Untersuchung wurde die klinische Umsetzung einer dreidimensionalen orthognathischen virtuellen

Operationsplanung mittels eines interaktiven bildgestützten Displays (interactive image-guided visualisation display, IGVD) auf den klinischen Patientenfall vorgestellt. Bei 16 erwachsenen Patienten mit einer Angle Klasse III-Anomalie und einer geplanten bimaxillären Osteotomie, wurde vor der orthognathischen Chirurgie die Lage des Oberkiefers virtuell geplant und mittels IGVD und einer VGA-Kamera (VGA: video graphics array) auf die Lage des Oberkiefers beim jeweiligen Patienten anhand einer Bildüberlagerung übertragen, ohne dass eine Positionierungsschablone verwendet wurde. Sieben Hartgewebsvariablen dienten zum Vergleich der virtuellen Planung mit dem postoperativen Ergebnis. Die Daten wurden anhand einer dreidimensionalen Kephalometrie gewonnen. Mittels dieses Verfahrens konnten klinisch akzeptable Ergebnisse des Planungstransfers auf die klinische Situation erzielt werden. Das Verfahren kann eine Alternative zur zweidimensionalen OP-Planung und zur Verwendung von arbiträr hergestellten Positionierungsschienen darstellen.

Nickenig HJ, Wichmann M, Hamel J, Schlegel KA, Eitner S.

**Evaluation of the difference in accuracy between implant placement by virtual planning data and surgical guide templates versus the conventional free-hand method - a combined in vivo - in vitro technique using cone-beam CT (Part II).**

J Craniomaxillofac Surg. 2010 Oct;38(7):488-93.

(»Untersuchung von Genauigkeitsdifferenzen zwischen der Implantatinsertion mittels Bohrschablonen auf Basis virtueller Planungsdaten und freihändiger Implantatinsertion – eine kombinierte In vivo- und In vitro-Messung mittels Kegelstrahl-Computertomografie (Teil II).«)

10 Patienten mit Lücken der Kennedy-Klasse II wurden mit 23 Implantaten versorgt. Die Lage der Implantate wurde auf Basis einer Kegelstrahl-Computertomografie virtuell geplant, und die Implantate anschließend mittels Bohrschablone eingesetzt. Parallel dazu erfolgten in anatomischen Modellen der gleichen Patienten freihändige Implantatinsertionen ohne Verwendung einer Bohrschablone. Postoperative Röntgenbilder der mit Implantaten versorgten Modelle und Röntgenaufnahmen der präoperativ virtuell geplanten Implantatpositionen wurden übereinandergelegt, um Unterschiede in der Positionierung zu ermitteln. Die Implantatinsertion mittels Bohrschablonen ergab signifikant geringere Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Implantatposition am Apex und im Halsbereich gegenüber der Implantatinsertion ohne Verwendung einer Bohrschablone.

Cassetta M, Stefanelli LV, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S.

**Accuracy of a computer-aided implant surgical technique.**

Int J Periodontics Restorative Dent. 2013 May-Jun;33(3):317-25.

(»Die Genauigkeit einer computergestützten Technik zur Implantatinsertion.«)

Das Ziel der vorliegenden retrospektiven klinischen Studie mit 10 Patienten (111 Implantate) war die Untersuchung der Genauigkeit einer computergenerierten stereolithografischen Bohrschablone. Vor dem Eingriff wurden Computertomogramme CT erstellt und die Implantatpositionen virtuell geplant. Nach Insertion der Implantate wurden erneut CT angefertigt

und mittels einer speziellen Software Abweichungen der Implantatlage ermittelt. Die mittlere Abweichung im Halsbereich und am Apex des Implantats betragen 1,52 mm und 1,97 mm. Die mittlere Winkelabweichung betrug 4,68 Grad.

**Schlussfolgerung:** Die Studie zeigte akzeptable mittlere Abweichungen zwischen der Planung und der Umsetzung der Implantatpositionen. Da jedoch die Maximalwerte der Abweichungen stellenweise sehr hoch waren, sollte bei der klinischen Umsetzung insbesondere in der Nähe schützenswerter anatomischer Strukturen nur mit größter Vorsicht vorgegangen werden.

Van Assche N, van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R.

**Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement in partial edentulism.**

J Clin Periodontol. 2010 Apr;37(4):398-403.

(»Messung der Exaktheit von computergestützten Implantatinsertionen ohne Bildung eines Mukoperiostlappens bei teilbezahnten Patienten.«)

Um die Genauigkeit von Implantatinsertionen ohne Bildung eines Mukoperiostlappens mittels einer stereolithografisch hergestellten Bohrschablone zu messen, wurden bei acht teilbezahnten Patienten insgesamt 21 Implantate im Ober- oder Unterkiefer nach dieser Methode inseriert. Vor der Implantatinsertion wurden Kegelstrahl- oder Mehrschicht-Computertomogramme erstellt und mittels einer speziellen Software die Lage der Implantate in einem virtuellen Umfeld geplant. Anhand der virtuellen Planung wurden die stereolithografischen Bohrschablonen hergestellt, mittels welcher die Implantate anschließend gesetzt wurden. Nach erfolgter Implantatinsertion wurden erneut Computertomogramme erstellt und die präoperativ geplante Position mit der postoperativen Lage der Implantate verglichen. Es konnte eine mittlere Winkelabweichung von 2,7 Grad festgestellt werden. Im Bereich des Implantatapex betrug die mittlere Abweichung 1,0 mm.

**Schlussfolgerung:** Die Implantatinsertion ohne Bildung eines Mukoperiostlappens auf Grundlage virtueller Planungsdaten scheint eine gute und verlässliche Vorgehensweise bei einer Implantatversorgung zu sein.

Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL.

**Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Mar-Apr;28(2):563-72.

(»Ein Split-Mouth-Vergleich computergenerierter und konventionell hergestellter Bohrschablonen.«)

Das Ziel der Studie war, die Genauigkeit computergenerierter und konventionell hergestellter Bohrschablonen zu vergleichen. Dazu wurden bei 10 Patienten zunächst Computertomografien durchgeführt und Implantatpositionen virtuell geplant. Die Auswahl der Patienten, die ein Implantat mit nach der CAD/CAM-Methode hergestellten Bohrschablonen links- oder rechtsseitig erhalten sollten, erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Auf der kontralateralen Seite wurde an der analog korrespondierenden Stelle ein Implantat nach der konventionellen Methode gesetzt. Nach dem Eingriff wurden erneut Computertomogramme hergestellt und die präoperativ geplante mit der postoperativen Position verglichen. Die mittels CAD/CAM-Bohrschablonen eingesetzten Implantatpositionen entsprachen am ehesten der geplanten Implantat-

position. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen der computergestützten und der konventionellen Methode waren nur bei Abweichungen in lateraler Richtung im Halsbereich der Implantate messbar.

Tahmaseb A, De Clerck R, Eckert S, Wismeijer D.

**Reference-based digital concept to restore partially edentulous patients following an immediate loading protocol: a pilot study.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2011 Jul-Aug;26(4):707-17.

(»Referenzbasiertes digitales Konzept zur Implantatversorgung teilbezahnter Patienten mit anschließender Sofortbelastung der Implantate: Eine Pilotstudie.«)

In vorliegender Pilotstudie wurde die Passgenauigkeit einer Bohrschablone und einer prothetischen Suprakonstruktion bei zwei teilbezahnten Patienten untersucht. Bohrschablone und Suprakonstruktion wurden auf Grundlage einer computergestützten dreidimensionalen Implantatplanung mittels Computertomografie (CT) vor der Implantat-OP hergestellt. Mini-Implantate, die an bestimmten Positionen eines individuellen Löffels angebracht waren, dienten als Referenzmarker während der CT. Die CT-Daten dienten anschließend zur Herstellung der Bohrschablonen und der Suprakonstruktion, die unmittelbar nach Implantatinsertion eingesetzt wurde. Dreidimensionale Passungenauigkeiten lagen im Mikrometerbereich, sodass die Vorgehensweise mittels Referenzmarker als akzeptabel für die präoperative Herstellung von relativ passgenauen Bohrschablonen und der prothetischen Suprakonstruktionen erscheint.

Ersoy AE, Turkyilmaz I, Ozan O, McGlumphy EA.

**Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants.**

J Periodontol. 2008 Aug;79(8):1339-45.

(»Zuverlässigkeit einer Implantatinsertion mittels Computertomografie und stereolithografischer Bohrschablonen: Klinische Daten von 94 Implantaten.«)

Das Ziel der Studie war die Messung der dreidimensionalen Passgenauigkeit der virtuell geplanten und der späteren klinischen Implantatpositionen mittels stereolithografisch hergestellter (SLA) Bohrschablonen. Insgesamt 94 Implantate wurden in den Jahren 2005 bis 2006 anhand dreidimensionaler Computertomogramme (CT) zunächst virtuell inseriert. Anschließend wurden anhand dieser Daten SLA-Bohrschablonen hergestellt, mittels welcher die geplanten Implantatpositionen klinisch umgesetzt wurden. Nach Implantatinsertion wurden erneute CT-Scans angefertigt und die geplanten Implantatpositionen mit der klinischen Positionierung der Implantate mittels einer speziellen Software verglichen. Im Vergleich zu den virtuell geplanten Implantatpositionen konnte bei den gesetzten Implantaten eine mittlere Abweichung von  $4,9 \pm 2,36$  Winkelgraden und eine mittlere lineare Abweichung von  $1,22 \text{ mm} \pm 0,85 \text{ mm}$  im Halsbereich und von  $1,51 \text{ mm} \pm 1,00 \text{ mm}$  am Apex der Implantate ermittelt werden. Zwischen den im Oberkiefer und im Unterkiefer inserierten Implantaten war kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der linearen Abweichung, bzw. der Winkelabweichung erkennbar.

**Schlussfolgerung:** SLA-Bohrschablonen scheinen sich zur

vorhersehbaren Implantatinsertion zu eignen und das Setzen von Implantaten ohne die Bildung eines Mukoperiostlappens zu ermöglichen.

Di Giacomo GA, da Silva JV, da Silva AM, Paschoal GH, Cury PR, Szarf G.

**Accuracy and complications of computer-designed selective laser sintering surgical guides for flapless dental implant placement and immediate definitive prosthesis installation.**

J Periodontol. 2012 Apr;83(4):410-9.

(»Genauigkeit und Komplikationen bei lappenloser Implantatinsertion und prothetischer Sofortversorgung mittels computergestützten selektiv lasergesinterten Bohrschablonen.«)

Bei 12 Patienten (vier Männer und acht Frauen mit einem Altersdurchschnitt von 60,3 Jahren) wurden zwischen Januar 2006 und Dezember 2009 60 Implantate ohne Bildung eines Mukoperiostlappens inseriert. Die prothetische Versorgung erfolgte mittels Totalprothesen unmittelbar nach der Implantatinsertion. Die Implantatpositionen und die Herstellung der prothetischen Suprakonstruktionen erfolgten virtuell mittels Kegelstrahl-Computertomografie (cone-beam computer tomography, CBCT) und einer speziellen CAD/CAM-Software. Die linearen Abweichungen und die Winkelabweichungen zwischen den geplanten und den klinischen Implantatpositionen wurden durch Vergleichsmessungen am Hals und am Apex der Implantate ermittelt. Während des 30-monatigen Follow up wurden postoperative und prothetische Komplikationen dokumentiert. Die mittlere Winkelabweichung betrug  $6,53 \pm 4,31$  Winkelgrade. Die mittlere lineare Abweichung betrug im Halsbereich  $1,35 \text{ mm} \pm 0,65 \text{ mm}$  und apikal  $1,79 \text{ mm} \pm 1,01 \text{ mm}$ . Koronale und apikale Abweichungen  $< 2 \text{ mm}$  waren bei 82,67%, bzw. 58,33% der Implantate messbar. Die kumulierte postoperative und prothetische Komplikationsrate betrug 34,41%. Die kumulativen Überlebensraten für die Implantate und die prothetischen Suprakonstruktionen betragen 98,33%, bzw. 91,66%.

**Schlussfolgerung:** Trotz der vielversprechenden Ergebnisse besteht weiterhin Entwicklungsbedarf bei der computergestützten Implantatversorgung.

D'haese J, Van De Velde T, Elaut L, De Bruyn H.

**A prospective study on the accuracy of mucosally supported stereolithographic surgical guides in fully edentulous maxillae.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Apr;14(2):293-303.

(»Prospektive Studie zur Genauigkeit schleimhautgetragener stereolithografischer Bohrschablonen bei der Implantatversorgung des zahnlosen Oberkiefers.«)

87 Osseospeed-Implantate (Astra Tech AB, Mölndal, Schweden) mit einem Durchmesser von 3,5 mm, bzw. 5,0 mm und einer Länge von 8,0 mm, bzw. 15,0 mm wurden bei 13 konsekutiven Patienten ohne Bildung eines Mukoperiostlappens eingesetzt. Die Implantatpositionen waren im Vorfeld mittels Computertomografie (CT) festgelegt worden. Die prothetische Versorgung erfolgte am gleichen Tag wie die Implantatinsertion. Der Vergleich der geplanten und der klinischen Positionen der Implantate erfolgte mit einer speziellen Software (Mimics 9.0, Materialise, Leuven, Belgien). Die Abweichung im Halsbereich des Implantats

ag im Mittel bei 0,91 mm. Apikal betrug die mittlere Abweichung 1,13 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 2,6 Grad.

**Schlussfolgerung:** Lineare Abweichungen und Winkelabweichungen können bei der computergestützten Planung der Implantatposition und der Insertion der Implantate mittels schleimhautgelagerter Bohrschablonen nicht vermieden werden. Der Produktionsprozess der Bohrschablone birgt dabei die größten Fehlerquellen.

Jiang X, Lin Y, Hu XL, Di P, Luo J, Li JH.

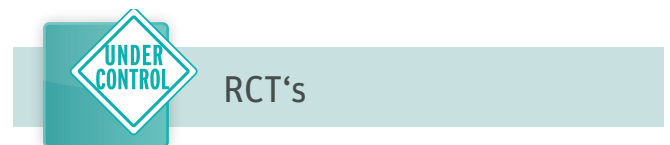
**Computer-assisted implant restoration of free-end partially edentulous mandible with severe vertical bone deficiency.**

Beijing Da Xue Xue Bao. 2014 Apr 18;46(2):294-8.

(»Computergestützte Implantatversorgung einer Freundsituation im hochgradig atrophierten Unterkiefer.«)

Drei Patienten mit einem mittleren Alter von 45 Jahren und einer Freundsituation im Unterkiefer-Seitenzahnbereich wurden mit insgesamt 10 Implantaten versorgt. Die Implantate wurden anhand geführter Chirurgie mittels präfabrizierter CAD/CAM-Bohrschablonen inseriert. Lineare Abweichungen betragen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Implantatposition im Halsbereich durchschnittlich  $0,84 \text{ mm} \pm 0,30 \text{ mm}$  und apikal im Mittel  $1,42 \text{ mm} \pm 0,52 \text{ mm}$ . Die Winkelabweichung betrug  $7,65 \text{ Grad} \pm 1,84 \text{ Grad}$ .

**Schlussfolgerung:** Die computergestützte Implantatversorgung kann zu einer geringeren Invasivität und einer kürzeren Behandlungsdauer führen. Zusätzlich werden Komplikationen verhindert, wie sie häufig durch Augmentationen oder Verlegungen des N. mandibularis inferior hervorgerufen werden können.



Van de Velde T, Sennerby L, De Bruyn H.

**The clinical and radiographic outcome of implants placed in the posterior maxilla with a guided flapless approach and immediately restored with a provisional rehabilitation: a randomized clinical trial.**

Clin Oral Implants Res. 2010 Nov;21(11):1223-33.

(»Klinische und radiologische Ergebnisse bei Implantatversorgung im Oberkiefer-Seitenzahnbereich ohne Bildung eines Mukoperiostlappens und provisorischer Sofortversorgung: Eine randomisierte klinische Studie.«)

Im Split-Mouth-Design wurden 14 Patienten im Oberkiefer-Seitenzahnbereich mit insgesamt 70 Straumann SLA-Implantaten versorgt. Nach dem Zufallsprinzip wurden auf der einen Seite eine lappenlose Implantatinsertion mittels einer stereolithografisch hergestellten Bohrschablone und eine Sofortversorgung mit einer provisorischen Brücke (Testgruppe, n=36 Implantate) durchgeführt. Auf der anderen Seite wurden die Patienten mit konventionell eingebrachten Implantaten mit geschlossener Einheilung versorgt (Kontrollgruppe, n=34 Implantate). In dieser Gruppe erfolgte die provisorische Ver-

sorgung nach sechs Wochen. Klinische und röntgenologische Nachuntersuchungen fanden nach einer Woche, nach 6 Wochen sowie nach 3, 6, 12 und 18 Monaten statt. Nach Verlust eines Implantats in der Testgruppe nach drei Monaten betrug die Implantat-Überlebensrate 97,3%. Die Überlebensrate in der Kontrollgruppe betrug 100,0%. In der Kontrollgruppe mit Lappenbildung bei Implantatinsertion konnte im Vergleich zur Testgruppe mit lappenloser Insertion ein signifikanter Höhenunterschied der befestigten Schleimhaut innerhalb der ersten sechs Wochen nach dem Eingriff festgestellt werden. Im gleichen Zeitraum waren auch signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Testgruppe hinsichtlich der Parameter Sprache, Funktion, Ästhetik, Selbstvertrauen und allgemeiner Akzeptanz feststellbar.

**Vercruyssen M, Cox C, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M. A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental navigation or the use of a pilot-drill template.**

J Clin Periodontol. 2014 Jul;41(7):717-23.

**(»Eine randomisierte klinische Studie zum Vergleich der geführten Implantatchirurgie (schleimhaut- oder knochen-gestützt) mit der mentalen Navigation oder der Verwendung einer Pilotbohrschablone.«)**

Insgesamt 59 Patienten (72 Kiefer) wurden konsekutiv in die Studie einbezogen und mit vier bis sechs Implantaten versorgt. Die Zuteilung zum jeweiligen Verfahren/zur jeweiligen Untersuchungsgruppe erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Folgende Gruppen/Verfahren wurden miteinander verglichen: Geführte Chirurgie mittels Materialise Universal/mucosa, Materialise Universal/bone, Facilitate/mucosa, Facilitate/bone, mentale Navigation sowie Verwendung einer Pilotbohrschablone. Die Genauigkeit der verschiedenen Verfahren wurde mittels Vergleich der prä- und postoperativen computertomografischen Aufnahmen überprüft. Im Vergleich zur mentalen Navigation und der Verwendung einer Pilotbohrschablone konnten signifikant geringere mittlere Abweichungen am Hals und Apex der Implantate sowie hinsichtlich des Winkels bei den navigierten Systemen ermittelt werden. Unterschiede hinsichtlich der schleimhaut- und knochengestützten Verfahren sowie die Art der Bohrführung waren vernachlässigbar gering. Kiefer und Insertionsort hatten beide einen signifikanten Einfluss auf die Genauigkeit der geführten Implantatinsertion mittels Bohr-schablonen.

**Wittwer G, Adeyemo WL, Schicho K, Birkfellner W, Enislidis G. Prospective randomized clinical comparison of 2 dental implant navigation systems.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2007 Sep-Oct;22(5):785-90.

**(»Prospektive randomisierte klinische Vergleichsstudie zweier Navigationssysteme in der dentalen Implantologie randomisierte klinische Vergleichsstudie zweier Navigationssysteme in der dentalen Implantologie.«)**

Das Ziel der prospektiven randomisierten Studie war der klinische Vergleich der Genauigkeit zweier unterschiedlicher computergestützter Navigationsverfahren mittels Computertomogrammen (CT) und der Dauer des Eingriffs bei Implantatinsertion im zahnlosen Unterkiefer. Dazu wurden bei 16 Patienten je vier Implantate im interforaminalen Bereich ohne

Bildung eines Mukoperiostlappens eingesetzt. Die Zuteilung der je 32 Implantate zu je einem der Verfahren (VISIT- und Medtronic Stealth Station Treon-Navigationssystem) erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Die mittlere Abweichung betrug beim VISIT-System 0,7 mm und bei Medtronic Stealth Station Treon 0,9 mm. Die mittlere Operationsdauer betrug bei VISIT 81,3 Min und bei Medtronic Stealth Station Treon 60 Min.

**Schlussfolgerung:** Die beiden Systeme unterschieden sich nicht wesentlich in der Genauigkeit der Übertragung der Planungsdaten auf die klinische Situation. Die OP-Dauer war beim Medtronic Stealth Station Treon-System um 25% kürzer als bei VISIT, was mutmaßlich auf die schnellere Aktualisierungsrate des Systems beim Tracking zurückgeführt werden kann.



## Systematische Reviews, Metaanalysen

**Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W.**

**Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2014;29 Suppl:25-42.

**(»Computergestützte Verfahren in der dentalen Implantologie: Ein systematischer Review.«)**

Die systematische Recherche erfolgte in elektronischen Datenbanken und mittels Handsuche, um Informationen zur Genauigkeit und zu klinischen Ergebnissen computer-assistierter Implantatsysteme zu erhalten. Aus 2359 Artikeln erfüllten 14 Artikel die Einschlusskriterien für Studien zu klinischen Überlebensraten von Implantaten und 24 Artikel die Einschlusskriterien zu Genauigkeitsstudien. Insgesamt neun digital-gestützte Systeme konnten anhand der gesammelten Literatur beleuchtet werden. Die mittlere Misserfolgsrate bei Implantaten, die mittels computergestützter Chirurgie eingesetzt wurden, betrug innerhalb einer Beobachtungszeit von mindestens 12 Monaten 2,7%. In 36,4% der Fälle wurde von intraoperativen Komplikationen oder prothetischen Komplikationen berichtet, die sich in Brüchen der Bohr-schablonen, Planänderungen aufgrund nicht ausreichender Implantatstabilität, Notwendigkeit zusätzlicher Aufbaumaßnahmen, Lockerungen der Befestigungsschrauben, Passungenauigkeiten sowie Brüche der prothetischen Suprakonstruktionen äußerten. Die Metaanalyse der Genauigkeitsstudie ergab eine mittlere Abweichung von 1,12 mm im Implantat-halsbereich (1530 Implantate) und von 1,39 mm am Apex der Implantate (1465 Implantate).

**Schlussfolgerung:** Trotz der hohen Implantat-Überlebensraten innerhalb einer Beobachtungszeit von 12 Monaten sind auf Grundlage der wenigen bislang vorliegenden Ergebnisse weitere Studien notwendig, um weitere Daten zur klinischen Indikation, zur Genauigkeit, zur Risikoanalyse, für eine rechtfertigende Indikation der hohen Strahlenbelastung sowie zur Rechtfertigung der hohen Kosten zu gewinnen.

**Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M.**

**Accuracy of computer-aided implant placement.**



Clin Oral Implants Res. 2012 Oct;23 Suppl 6:112-23.

(»Genauigkeit der computergestützten Implantatinsertion.«)

Insgesamt 19 Studien erfüllten die Einschlusskriterien dieses systematischen Reviews, welches durchgeführt wurde, um die Genauigkeit der Implantatinsertion bei computergestützten Verfahren zu ermitteln. Die Metaanalyse der Daten zu mittleren Abweichungen ergab eine mittlere Gesamtabweichung von 0,99 mm im Halsbereich und von 1,24 mm am Apex der Implantate. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 3,81 Grad. Bei Vergleichsstudien zwischen der freihändigen und der computergestützten Implantatinsertion konnten signifikante Unterschiede bei allen Abweichungsparametern ermittelt werden. Die Anzahl verwendeter Bohrschablonen war ein signifikanter Einflussparameter auf lineare und anguläre Abweichungen. Das Studiendesign und der Ort der Insertion hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Genauigkeit der Implantatinsertion. Je mehr Pins zur Befestigung der Bohrschablonen verwendet wurden, desto geringere Abweichungen konnten gemessen werden.

**Schlussfolgerung:** Obwohl computergestützte Implantatinsertionen zu genauen Ergebnissen führen können, muss noch immer mit signifikanten Abweichungen zwischen Planung und klinischer Umsetzung der Implantatposition gerechnet werden.

D'haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H.

**Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature.**

Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Jun;14(3):321-35.

(»Genauigkeit und Komplikationen bei Anwendung stereolithografisch hergestellter Bohrschablonen in der dentalen Implantologie: Eine Literaturübersicht.«)

In der Vergangenheit haben verschiedene Systeme zur geführten Chirurgie mittels stereolithografischer Bohrschablonen Marktreife erlangt. Zur Umsetzung der Techniken auf die klinische Situation sind wissenschaftliche Erkenntnisse zur Genauigkeit der Implantatpositionierung sowie zu chirurgischen und prothetischen Komplikationen wichtig. Dazu wurde anhand verschiedener Suchbegriffe eine Literatursuche in der elektronischen Datenbank PubMed durchgeführt. Insgesamt 31 Artikel erfüllten die Einschlusskriterien. Es konnten signifikante Abweichungen zwischen der präoperativ geplanten und der postoperativen klinischen Implantatposition ermittelt werden. In 42% der Fälle wurde von Komplikationen bei computergestützter Planung und anschließender Sofortbelastung der Implantate berichtet.

Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE.

**A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry.**

Clin Oral Implants Res. 2009 Sep;20 Suppl 4:73-86.

(»Ein systematischer Review zur Genauigkeit und zu klinischen Ergebnissen bei computergestützter Chirurgie mittels Bohrschablonen in der dentalen Implantologie.«)

Um Daten zur Genauigkeit computergestützter Implantatversorgung sowie zu chirurgischen, biologischen und prothe-

tischen Komplikationen zu ermitteln, erfolgte eine Recherche relevanter Literatur in elektronischen Datenbanken und mittels Handsuche. Aus insgesamt 3120 Suchergebnissen erfüllten acht Artikel die Einschlusskriterien für die Untersuchung der Genauigkeit und 10 Artikel zu klinischen Ergebnissen computergestützter Implantologie. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede in Bezug auf das verwendete System ermittelt werden. Eine Meta-Regressionsanalyse ergab eine mittlere Abweichung im Halsbereich der Implantate von 1,07 mm und am Apex von 1,63 mm. In 9,1% der Fälle wurde von frühen chirurgischen und in 18,8% von frühen prothetischen Komplikationen berichtet. Prothetische Spät komplikationen traten in 12,0% der Fälle auf. Die Implantatüberlebensrate lag nach einer Beobachtungszeit von 12-60 Monaten zwischen 91,0-100,0%, wie die Ergebnisse aus sechs Studien mit insgesamt 537 lappenlos inserierten und sofortbelasteten Implantaten zeigten.

Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CH, Tahmaseb A.

**Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review.**

Int J Oral Maxillofac Implants. 2009;24 Suppl:92-109.

(»Computergestützte Verfahren in der dentalen Implantologie: Ein systematischer Review.«)

Anhand einer Recherche in elektronischen Datenbanken und mittels Handsuche wurden Informationen zur Genauigkeit und zu klinischen Ergebnissen von 29 computergestützten Implantatsystemengesammelt. Aus 2827 Artikeln erfüllten 19 Artikel die Einschlusskriterien für die Untersuchung der Genauigkeit und 13 Artikel zu klinischen Ergebnissen computergestützter Implantologie. Eine Meta-Regressionsanalyse ergab eine mittlere Abweichung im Halsbereich der Implantate am Übergang in den Knochen von 0,74 mm und am Apex von 0,85 mm. Die mittlere Komplikationsrate betrug innerhalb eines Zeitraums von 12 Monaten 3,36%. In 4,6% der Fälle wurden intraoperative Komplikationen beobachtet, die sich in einer zu geringen interokklusalen Distanz für eine geführte Implantatinsertion, einer reduzierten primären Implantatstabilität oder der Notwendigkeit zusätzlicher Aufbaumaßnahmen äußerten.

de Almeida EO, Pellizzer EP, Goiatto MC, Margonar R, Rocha EP, Freitas AC Jr, Anchieta RB.

**Computer-guided surgery in implantology: review of basic concepts.**

J Craniofac Surg. 2010 Nov;21(6):1917-21.

(»Computergestützte Implantatchirurgie: Eine Übersicht zu Basiskonzepten.«)

Das Ziel der Übersichtsarbeit war eine Recherche relevanter Literatur zu technischen Aspekten computergestützter Verfahren in der dentalen Implantologie. Insbesondere sollten Informationen zu Indikationsbereichen, zu Komplikationen der Implantatversorgung bei Sofortbelastung, zu Herstellungsverfahren und der Funktionsfähigkeit der Software bei virtueller Planung gesammelt werden. Dazu wurde in den elektronischen Datenbanken OLDMEDLINE und MEDLINE mittels verschiedener Schlüsselbegriffe nach Literatur gesucht, die in den Jahren zwischen 2002 bis 2010 ver-

öffentlich worden war. Insgesamt 34 Studien konnten zu den Suchbegriffen gefunden werden. Anhand der Ergebnisse konnte ermittelt werden, dass es sich bei der computergestützten Implantologie um eine exzellente Behandlungsalternative bei teilbezahnten und zahnlosen Patienten mit geeigneten knöchernen Verhältnissen handelt. Die Procera Nobel Guide Software war das am häufigsten verwendete Produkt. Die Implantatinsertion ohne Bildung eines Mukoperiostlappens hatte zwar Vorteile hinsichtlich der genauen Platzierung, war aber an einen engen Indikationsbereich gebunden. Auch wenn die Software zur virtuellen Planung im stark resorbierten Alveolarfortsatz sehr hilfreich ist, stellt das konventionelle chirurgische Vorgehen noch immer die angemessenste Methode dar. Unabhängig von der jeweiligen chirurgischen Methode stellt die Verwendung einer Bohrschablone eine *conditio sine qua non* dar. Der Erfolg sofortbelasteter Implantate nach computergestützter Chirurgie ist in hohem Maße abhängig von der sorgfältigen und präzisen Ausführung aller klinischer Behandlungsschritte und technischer Abläufe im Dentallabor.

Hultin M, Svensson KG, Trulsson M.

**Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic review.**

Clin Oral Implants Res. 2012 Oct;23 Suppl 6:124-35.

(»Klinische Vorteile computergestützter Implantatinsertion: Ein systematischer Review.«)

Um die Vorteile computergestützter Implantatinsertionen zu ermitteln, wurden in vier elektronischen Datenbanken eine Recherche nach speziellen Suchbegriffen sowie eine Handsuche durchgeführt. Von den insgesamt 1028 Veröffentlichungen und Abstracts wurden 28 wissenschaftliche Artikel und zwei systematische Reviews in die Analyse einbezogen. 15 Studien waren klinische Vergleichsstudien, von welchen sieben in einem prospektiven und zwei in einem retrospektiven Design durchgeführt worden waren. Nur drei der prospektiv durchgeführten Studien waren randomisiert. Es wurden insgesamt 852 Patienten mit 4031 Implantaten und computergestützter Planung behandelt. Die Spannweite der Anzahl behandelter Patienten variierte zwischen sechs bis 206, die Altersspannweite lag zwischen 16 bis 92 Jahren und die Beobachtungsdauer betrug im Minimum einen Monat und maximal 49 Monate.

**Schlussfolgerung:** Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen auf Grundlage einer limitierten wissenschaftlichen Evidenz, dass die computergestützte Implantatinsertion mindestens so gut ist, wie die Implantatinsertion nach der konventionellen Methode. Die Ansprüche an den behandelnden Zahnarzt scheinen bei den computergestützten Verfahren nicht unbedingt geringer zu sein, als bei konventioneller Implantatbehandlung. Ein Vorteil der computergestützten Implantatinsertion ist, dass diese ohne Bildung eines Mukoperiostlappens erfolgen kann und dass dadurch Schmerzen unmittelbar nach dem operativen Eingriff geringer ausgeprägt sind.

Voulgarakis A, Strub JR, Att W.

**Outcomes of implants placed with three different flapless surgical procedures: a systematic review.**

Int J Oral Maxillofac Surg. 2014 Apr;43(4):476-86.

(»Ergebnisse nach Implantation mittels dreier unterschiedlicher Methoden ohne Bildung eines Mukoperiostlappens: Ein systematischer Review.«)

Das Ziel des systematischen Reviews war, Überlebensraten, krestale Knochenverluste und Komplikationen bei lappenloser Implantatinsertion mittels freihändiger, geführter (mit und ohne dreidimensionale Navigation) Methoden zu ermitteln. Insgesamt 23 Studien mit einem Follow up von mindestens 12 Monaten wurden in die Auswahl einbezogen und analysiert. Bei freihändiger Implantatinsertion konnte Überlebensraten zwischen 98,3%-100,0% und ein krestaler Knochenverlust von 0,09 mm-1,4 mm 1-4 Jahre nach Implantatinsertion ermittelt werden. Bei lappenloser Implantatinsertion mittels Bohrschablone und ohne dreidimensionale navigierte Chirurgie lagen die Implantat-Überlebensraten zwischen 91,0%-100,0% und der mittlere krestale Knochenverlust 2-10 Jahre nach Implantation im Durchschnitt bei 0,89 mm. Bei geführter Chirurgie mittels Bohrschablonen und dreidimensionaler Navigation konnten nach 1-5 Jahren Überlebensraten zwischen 89,0%-100,0% und ein krestaler Knochenverlust von 0,55 mm-2,6 mm gemessen werden. In 17 Studien wurde auf chirurgische und technische Komplikationen wie Knochenperforationen, Brüche der Bohrschablonen und der Interimsversorgungen eingegangen. Abschließend ist festzustellen, dass derzeit keine der Methoden gegenüber der anderen messbare Vorteile beinhaltet. ■

## In der nächsten Ausgabe **pip** 4/2014: Einteilige Implantatsysteme

Wollen Sie mehr zu einer bestimmten Arbeit wissen?  
Nutzen Sie unseren Volltext-Service auf [www.pipverlag.de](http://www.pipverlag.de),  
senden Sie ein Fax an **08025-5583** oder eine E-mail an [leser@pipverlag.de](mailto:leser@pipverlag.de).  
Wir recherchieren die Gesamtkosten bei den einzelnen Verlagen bzw. Textservices,  
Sie erhalten eine Gesamtkosten-Übersicht und können über uns bestellen.  
Für **pip**-Abonnenten sind Recherche, Handling und  
Versand der Texte kostenlos!