

# *Stereolithografische Schablonentechnik zur optimierten Implantatpositionierung und Immediatversorgung*

*Das konventionelle Protokoll zur implantatprothetischen Rehabilitation zahnloser Kiefer geht von einer standardmäßigen Behandlungszeit von ca. drei bis sechs Monaten aus.<sup>25</sup> Auch bei suffizienten Knochenverhältnissen werden die knöchernen Strukturen in der Regel dargestellt, um eine zumindest nach anatomischen Gesichtspunkten optimale Implantatpositionierung zu ermöglichen.*

OA DR. STEFAN HÜMMEKE/OSNABRÜCK

Hieraus ergibt sich für den Patienten auch bei günstiger anatomischer Ausgangslage eine vergleichsweise traumatische Eingliederungsoperation, gefolgt von einer ca. drei- bis sechsmonatigen Phase der unbelasteten Einheilung. Die mitunter schlecht sitzende provisorische Versorgung muss während dieser Zeit weiter getragen werden. Dem Patientenwunsch nach einer möglichst atraumatischen und kurzen Gesamtbehandlung wird dieses Vorgehen nur bedingt gerecht.

Durch Verbesserungen der Oberflächenstruktur<sup>13,14</sup> und Geometrie<sup>22</sup> moderner Implantatsysteme konnte in zahlreichen Studien nachgewiesen werden, dass die erfolgreiche Sofortbelastung enossaler Implantate sowohl im Unter- wie auch im Oberkiefer gerade bei primärer Verblockung möglich ist.<sup>1,3,10,15-21</sup> Mit dem NobelGuide™ System der Firma Nobel Biocare steht ein modulares Konzept zur Verfügung, das es erlaubt – basierend auf dreidimensional bildgebender Diagnostik (CT oder DVT) – eine virtuelle Implantatplanung unter Berücksichtigung anatomischer und prothetischer Aspekte durchzuführen und bei günstiger anatomischer Ausgangssituation diese Planung minimalinvasiv durch eine schleimhautgetragene stereolithografisch hergestellte OP-Schablone transgingival<sup>11,12,24</sup> operativ umzusetzen.<sup>2,4-6</sup> Durch die hohe Präzision der chirurgischen Schablone in Verbindung mit speziell abgestimmtem Instrumentarium kann eine Immediatprothetik auf einem von der chirurgischen Schablone ausgehenden Modell angefertigt werden, welche unmittelbar nach Insertion der Implantate eingegliedert werden kann und so dem Patienten eine qualitativ hochwertige Sofortversorgung in gleicher Sitzung ermöglicht.<sup>6,24</sup>

## *Falldarstellung*

Die klinische und radiologische Diagnostik durch eine PSA-Übersichtsaufnahme lassen bei dem 58-jährigen gesunden Patienten ohne bekannte Risikofaktoren ein primär suffizientes Knochenangebot vermuten. Auf Grund parodontaler Vorschädigung sollen die auf der PSA-Aufnahme noch erkennbaren Zähne 11 und 21 nicht mit in die definitive Behandlung einbezogen wer-

den (Abb. 1 und 2). Zur Minimierung des Operationstraumas und Verkürzung der Behandlungszeit erfolgte trotz des erhöhten finanziellen Aufwandes die Entscheidung zur schablonengestützten transgingivalen Implantation mit Eingliederung einer präfabrizierten Interimsbrücke.

## *Behandlungsablauf*

### *Bildgebende Diagnostik*

Grundlage für die virtuelle Implantatplanung und Anfertigung der stereolithografischen chirurgischen Schablone ist ein dreidimensionaler Bilddatensatz auf Basis von zwei CT- bzw. DVT-Aufnahmen. Diese Doppelscantechnik<sup>17</sup> ermöglicht die optimale Darstellung sowohl der knöchernen Strukturen als auch der angestrebten prothetischen Versorgung (Röntgenschablone). Die Übereinanderlagerung der Bilddatensätze wird durch acht (ca. 1 mm Tiefe, Ø 1,5 mm) radioopake Referenzmarker aus Guttapercha ermöglicht (Abb. 3). Die erste Aufnahme erfasst den Patienten mit der in situ befindlichen Röntgenschablone. Durch einen nicht röntgenopaken interokklusalen Splint wird sichergestellt, dass sich diese Röntgenschablone in Sollposition befindet und ein Abstand zur Bezahnung des Gegenkiefers vorhanden ist. Die zweite Aufnahme wird isoliert nur von der Röntgenschablone ohne Patient und ohne Splint durchgeführt (Abb. 4).

Durch diese Doppelscantechnik können Strukturen unterschiedlicher radiologischer Dichte (Knochen und Röntgenschablone) optimal erfasst und nach Belieben bei der virtuellen Planung separat oder gemeinsam dargestellt werden.

### *Hinweis*

Die Röntgenschablone ist Basis sowohl für die virtuelle Implantatplanung als auch für die spätere stereolithografische Operationsschablone. Um eine optimale Planung zu ermöglichen und einen optimalen Sitz der Operationsschablone zu gewährleisten, wird die Aufstellung der Prothese idealisiert und eine Unterfütterung durchgeführt. Die so unmittelbar vor der bildgebenden Dia-

gnostik optimierte Prothese wird dann in Acrylkunststoff doubliert und die radioopaken Referenzmarker eingearbeitet.

#### *Virtuelle Implantatplanung*

Die gewonnenen DICOM-Bilddatensätze (Digital Imaging and Communications in Medicine, <http://medical.nema.org/>) werden in die NobelGuide™ Procera® Software eingelesen und anhand der Referenzmarker einander zugeordnet.

Die virtuelle Implantatplanung erfolgt dann mit dem Planungsmodul der Procera® Software. Die Software ermöglicht es, in unterschiedlichen Ansichten das lokale Knochenangebot zu beurteilen und die Implantate unter Berücksichtigung anatomischer und prothetischer Aspekte in idealer Position zu platzieren. Im linken Fenster des Programms erfolgt eine Übersichtsdarstellung, die in beliebiger Weise gedreht, gezoomt und verschoben werden kann, während im rechten Fenster eine Querschnittsdarstellung (Crossectional) erfolgt (Abb. 5). Zur Optimierung der Planung lassen sich die dreidimensionale Darstellung sowie verschiedene Schnittebenen anzeigen. Insbesondere ist es aber auch möglich, die Röntgenschablone nach Belieben ein- und auszublenden. Die Implantate lassen sich an den gewünschten Positionen per Mausklick einfügen und in Position und Dimension nach Bedarf verändern. Zusätzlich können die für das jeweilige Implantat in der OP-Schablone erforderlichen Konstruktionselemente (Führungshülsen) angezeigt werden. Mittels der verschiedenen Ansichten wird sichergestellt, dass die Implantate in jeder Dimension korrekt ausgerichtet und für die Erstellung der OP-Schablone erforderliche Mindestabstände eingehalten sind. Neben den Implantaten werden noch drei Fixierungspins geplant, die den sicheren intraoperativen Sitz der OP-Schablone gewährleisten (Abb. 6 und 7). Weitere Funktionen des Programms, deren vollständige Darstellung den Rahmen dieses Artikels übersteigen würde, umfassen unter anderem die Markierung anatomischer Strukturen (Canalis mandibularis), Streckenmessung, Winkelbestimmung und Darstellung des Guided Abutments.

In einem weiteren Softwaremodul, dem Ordermanager, erfolgt nach Abschluss der Planung die Bestellung der OP-Schablone sowie sämtlicher erforderlicher und gewünschter Komponenten (Implantate, Bohrer). Die Bestell- sowie die Bild- und Planungsdaten für die stereolithografische Schablone werden hierbei über einen Hochgeschwindigkeitsinternetzugang (DSL) direkt nach Schweden ins zentrale Produktionszentrum versandt, wo die Schiene innerhalb von höchstens zehn Werktagen gefertigt wird (zuzüglich ein bis zwei Tage Versand).

#### *Anfertigung der Immediatprothetik*

Auf Grund der hohen Übertragungspräzision ist die spätere Position der Implantate im Kiefer mit einer Genauigkeit vorherbestimmt, die es ermöglicht, nach Modellerstellung eine Brücke anzufertigen, die dann unmittelbar postoperativ eingegliedert werden kann (Abb. 8 und 9). Die Erstellung des Arbeitsmodells erfolgt ebenso wie die

Bissnahme mit der stereolithografischen Operationsschablone. Da die Aufstellung bereits für die bildgebende Diagnostik optimiert wurde, ist eine erneute Anprobe im Sinne einer Wachsenprobe in der Regel nicht erforderlich. Zur Kompensation kleinerer Diskrepanzen werden zweiteilige kompensierende Spezialabutments verwendet, so genannte Guided Abutments, die einen vertikalen Ausgleich der Implantatposition ermöglichen (Abb. 10).

#### *Schablonengestützte Implantation*

Die Schablone wird mit einem interokklusalen Splint in Sollposition gebracht (Abb. 11) und mit den drei Fixierungspins nach Bohrung mit dem Ø 1,5 mm Bohrer fixiert (Abb. 12). Die Aufbereitung der Implantatbetten erfolgt nach lokaler Exzision der Gingiva (Abb. 13) mit speziellen überlangen Bohrer in Verbindung mit den den jeweiligen Durchmessern entsprechenden Führungen (Abb. 14). Nach Aufbereitung der Implantatbetten bis zum gewünschten Durchmesser werden die Implantate durch die Schablone inseriert, wobei die Einbringpfosten eine präzise Führung gewährleisten (Abb. 15). Die Einbringpfosten der beiden ersten Implantate werden durch temporäre Spreizabutments ausgetauscht (Template Abutments), wodurch die Schablone zusätzlich stabilisiert wird (Abb. 16). Nach Aufbereitung und Insertion der weiteren Implantate (Abb. 17) werden die Einbringpfosten, Template Abutments und Fixierungspins entfernt und die Schablone abgenommen. Hierbei wird die Minimalinvasivität des Eingriffs deutlich (Abb. 18).

#### *Eingliederung der Immediatprothetik*

Nach Einsetzen der Guided Abutments wird die Brücke eingegliedert. Durch vorsichtiges wechselseitiges Anziehen der Abutments erfolgt dann die Fixierung der Brücke (Abb. 19). Kleine okklusale Interferenzen werden sorgfältig eingeschliffen, um eine Fehlbelastung durch Frühkontakte zu vermeiden. Auf der abschließenden PSA-Kontrollaufnahme sind die Übereinstimmung der erzielten Implantatpositionen mit der virtuellen Implantatplanung sowie der korrekte Sitz der Brückenversorgung erkennbar (Abb. 20). Die klinische Verlaufskontrolle zeigt bereits ca. drei Wochen postoperativ vollkommen blande Schleimhautverhältnisse, wobei hier bereits deutlich wird, dass im Zuge der definitiven Prothetik auf Grund der optimierten Implantatpositionierung ein harmonisches Emergence Profile erwartet werden kann (Abb. 21).

### *Zusammenfassung*

Das vorgestellte Verfahren stellt eine Behandlungsoption dar, die es dem erfahrenen Behandler ermöglicht, eine optimale Implantatpositionierung unter Berücksichtigung sowohl anatomischer als auch prothetischer Aspekte vorzuplanen und über eine CAD/CAM-basierte stereolithografische Operationsschablone umzusetzen. Die hohe Präzision der Komponenten ermöglicht die präoperative Anfertigung eines Immediatersatzes, der

unmittelbar nach Insertion der Implantate eingegliedert werden kann, wobei geringfügige Diskrepanzen durch kompensierende Abutments ausgeglichen werden. Das minimalinvasive Vorgehen in Verbindung mit der sofortigen Versorgung der Implantate führt zu einer hohen patientenseitigen Akzeptanz.

#### Literatur

1. Balshi, S. F., Allen, F. D., Wolfinger, G. J. et al.; A resonance frequency analysis assessment of maxillary and mandibular immediately loaded implants. *Int.J.Oral Maxillofac.Implants.* Vol.20/4; 584–94 (July 2005).
2. Van Steenberghe, D.; Interactive imaging for implant planning. *J.Oral Maxillofac.Surg.* Vol.63/6; 883–4 (June 2005).
3. Naert, I., Alsaadi, G., Van Steenberghe, D. et al.; A 10-year randomized clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants retaining mandibular overdentures: peri-implant outcome. *Int.J.Oral Maxillofac.Implants.* Vol.19/5; 695–702 (Sept. 2004).
4. Van Steenberghe, D., Glauser, R., Blomback, U. et al.; A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: a prospective multicenter study. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 7 Suppl 1: S111–20./S111–S120 (2005).
5. Sarment, D. P., Sukovic, P., and Clinthorne, N.; Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* Vol. 18/4; 571–7 (July 2003).
6. Van Steenberghe, D., Naert, I., Andersson, M. et al.; A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *Int.J.Oral Maxillofac.Implants.* Vol.17/5; 663–70 (Sept. 2002).
7. Parel, S. M. and Triplett, R. G.; Interactive imaging for implant planning, placement, and prosthesis construction. *J.Oral Maxillofac.Surg.* Vol. 62/9 Suppl 2; 41–7 (Sept. 2004).
8. Hahn, J.; Single-stage, immediate loading, and flapless surgery. *J. Oral Implantol.* Vol. 26/3; 193–8 (2000).
9. Ericsson, I., Nilson, H., Lindh, T. et al.; Immediate functional loading of Brånemark single tooth implants. An 18 months' clinical pilot follow-up study. *Clin.Oral Implants.Res.* Vol. 11/1; 26–33 (Feb. 2000).
10. Rocci, A., Martignoni, M., and Gottlow, J.; Immediate loading of Brånemark System TiUnite and machined-surface implants in the posterior mandible: a randomized open-ended clinical trial. *Clin. Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 5 Suppl 1:57–63/57–63 (2003).
11. Rocci, A., Martignoni, M., and Gottlow, J.; Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in predetermined positions, and prefabricated provisional restorations: a retrospective 3-year clinical study. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 5 Suppl 1:29–36/29–36 (2003).
12. Becker, W., Goldstein, M., Becker, B. E. et al.; Minimally invasive flapless implant surgery: a prospective multicenter study. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 7 Suppl 1:S21–7/S21–S27 (2005).
13. Glauser, R., Ruhstaller, P., Windisch, S. et al.; Immediate occlusal loading of Brånemark System TiUnite implants placed predominantly in soft bone: 4-year results of a prospective clinical study. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 7 Suppl 1:S52–9/S52–S59 (2005).
14. Schupbach, P., Glauser, R., Rocci, A. et al.; The human bone-oxidized titanium implant interface: A light microscopic, scanning electron microscopic, back-scatter scanning electron microscopic, and energy-dispersive x-ray study of clinically retrieved dental implants. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 7 Suppl 1:S36–43/S36–S43 (2005).
15. Attard, N. J. and Zarb, G. A.; Immediate and early implant loading protocols: a literature review of clinical studies. *J.Prosthet.Dent.* Vol. 94/3; 242–58 (Sept. 2005).
16. Ioannidou, E. and Doufexi, A.; Does loading time affect implant survival? A meta-analysis of 1,266 implants. *J.Periodontol.* Vol. 76/8; 1252–8 (Aug. 2005).
17. Derbabian, K. and Simonian, K.; Immediate loading dental implants: overview and rationale. *J.Calif.Dent.Assoc.* Vol. 33/4; 337–41 (Apr. 2005).
18. Aalam, A. A., Nowzari, H., and Krivitsky, A.; Functional restoration of implants on the day of surgical placement in the fully edentulous mandible: a case series. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 7/1; 10–6 (2005).
19. Vanden Bogaerde, L., Pedretti, G., Dellacasa, P. et al.; Early function of splinted implants in maxillas and posterior mandibles, using Brånemark System Tiunite implants: an 18-month prospective clinical multicenter study. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol.6/3; 121–9 (2004).
20. Chiapasco, M.; Early and immediate restoration and loading of implants in completely edentulous patients. *Int.J.Oral Maxillofac.Implants.* Vol. 19 Suppl:76–91/76–91 (2004).
21. Linkow, L. I. and Miller, R. J.; Immediate loading of endosseous implants is not new. *J.Oral Implantol.* Vol. 30/5; 314–7 (2004).
22. Hall, J., Miranda-Burgos, P., and Sennerby, L.; Stimulation of directed bone growth at oxidized titanium implants by macroscopic grooves: an in vivo study. *Clin.Implant.Dent.Relat Res.* Vol. 7 Suppl 1:S76–82/S76–S82 (2005).
23. Jacobs, R., Adriansens, A., Verstreken, K. et al.; Predictability of a three-dimensional planning system for oral implant surgery. *Dentomaxillofac.Radiol.* Vol. 28/2; 105–11 (Mar. 1999).
24. Jacobs, R., Adriansens, A., Naert, I. et al.; Predictability of reformatted computed tomography for pre-operative planning of endosseous implants. *Dentomaxillofac.Radiol.* Vol. 28/1; 37–41 (Jan. 1999).
25. Albrektsson, T., Branemark, P. I., Hansson, H. A. et al.; Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop.Scand.* Vol. 52/2; 155–70 (1981).

*Korrespondenzadresse:*  
 OA Dr. Stefan Hümmeke  
 Klinikum Osnabrück GmbH  
 Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
 Implantologisches Zentrum  
 Prof. Dr. Dr. E. Esser  
 Am Finkenhügel 1, 49076 Osnabrück  
 Tel.: 05 41/4 05 46 00, Fax: 05 41/4 05 46 99



Abb. 1: Radiologischer Ausgangsbefund vor Entfernung der nicht langfristig erhaltungswürdigen Zähne 11/21. – Abb. 2: Klinischer Ausgangsbefund mit noch gut ausgebildetem Alveolarfortsatz, der ein primär ausreichendes lokales Knochenangebot erwarten lässt. – Abb. 3: Röntgenschablone mit radioopaken Referenzmarkern aus Guttapercha.

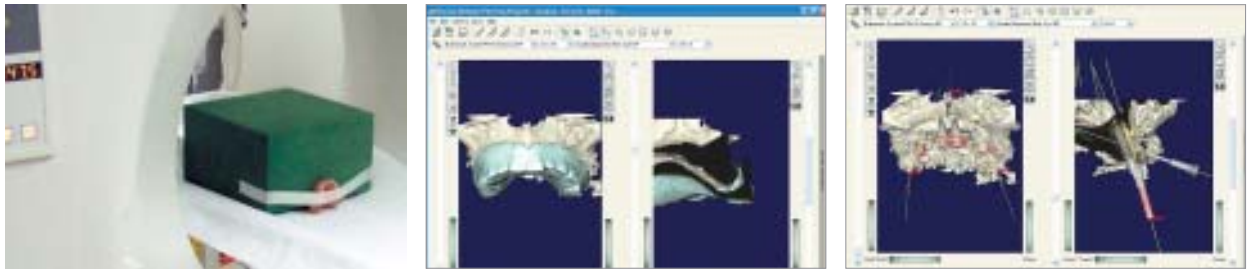


Abb. 4: Zweiter CT Scan von der separaten Röntgenschablone. – Abb. 5: Übersicht über die Procera® Planungssoftware. Mit eingebundener dreidimensionaler Darstellung der Knochenstruktur und der Röntgenschablone, aber noch ohne geplante Implantate. Linkes Fenster Übersicht, rechtes Fenster Querschnittsdarstellung (Crossectional). – Abb. 6: Darstellung der Knochenstruktur mit ausgeblendeter Röntgenschablone und sechs geplanten Implantaten.



Abb. 7: Röntgenschablone eingebildet zur Kontrolle der Implantatpositionen und -achsen in Relation zur geplanten Prothetik. – Abb. 8: Fertiggestellte Immediatbrücke. – Abb. 9: Immediatbrücke mit eingesetzten Guided Abutments.

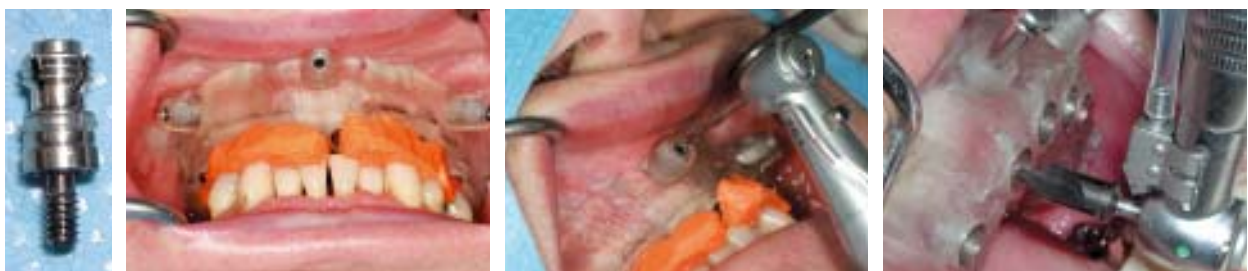


Abb. 10: Guided Abutment (Spezialabutment zum Ausgleich kleiner vertikaler Differenzen). – Abb. 11: Chirurgische Schablone mit interokklusalem Splint in Sollposition gesichert. – Abb. 12: Bohrung mit  $\varnothing 1,5$  mm Bohrer für mittleren Fixierungspin. – Abb. 13: Schleimhautentfernung mit Start Drill.



Abb. 14: Implantatbettauflbereitung mit einer dem Bohrerdurchmesser angepassten Führung. – Abb. 15: Maschinelle Implantatinsertion durch OP-Schablone mit entsprechendem Einbringpfosten. – Abb. 16: Fixierung der OP-Schablone durch temporäre Template Abutments.



Abb. 17: Nach Insertion aller sechs Implantate vor Abnahme der Schablone. – Abb. 18: Oberkiefer nach Abnahme der OP-Schablone. – Abb. 19a und b: Präfabrizierte Immediatbrücke unmittelbar postoperativ.



Abb. 19b – Abb. 20: Postoperative radiologische Kontrolle unmittelbar postoperativ. – Abb. 21: Drei Wochen postoperativ. Gute Ästhetik und Funktion der Immediatbrücke bei reizlosen Schleimhautverhältnissen.