

# Gute Planung zahlt sich aus

## CAD/CAM-Stegversorgung nach computergestützter Implantation im Oberkiefer

Ein Beitrag von Dr. Christian Ortmeier, Landau an der Isar, und Ztm. Egon Haertlmayr, Osterhofen

*„Gute Planung, leichte Behandlung – schlechte Planung, schwierige Behandlung“. Getreu dieses Mottos sollte in einer präzisen Behandlungsplanung der Therapieablauf so detailliert wie möglich festgelegt werden. Nur wenn dieser konsequent zu Ende gedacht ist, lassen sich unliebsame Überraschungen vermeiden. Neue digitale Methoden versprechen zwar eine vereinfachte Planung und Therapie, die Autoren des Artikels haben jedoch auch die Erfahrung gemacht, dass „digital“ nur in Kombination mit bewährten, konventionellen Methoden und mit entsprechender Erfahrung erfolgreich sein kann.*

### **Anamnese, Befund, Therapieziel**

Die zu Behandlungsbeginn 59-jährige Patientin war mit ihren vorhandenen Modellgussprothesen im Ober- und Unterkiefer unzufrieden. Neben dem schlechten Halt störte sie das ästhetische Erscheinungsbild sowie bei der Oberkieferprothese die Bedeckung des Gaumens. Auffällig waren die mangelhafte Lippenfülle mit Rhagadenbildung und das nicht altersgemäße Aussehen (Abb. 1). Als Pfeilerzähne für die alten Prothesen dienten überwiegend parodontal geschädigte Zähne mit erhöhter Beweglichkeit. Daher war auch die Funktion stark beeinträchtigt. Etwa drei Jahre zuvor war eine Parodontalbehandlung durchgeführt worden, jedoch hatte die Patientin nach eigenen Angaben keine Erhaltungstherapie in Anspruch genommen.

Die Zähne 13, 15, 23, 27 und 44 zeigten einen Lockerungsgrad Grad III mit Sondierungstiefen bis zu 9 mm und waren nicht erhaltungswürdig. Da die Patientin einen stabilen Zahnersatz wünschte, der im Oberkiefer gaumenfrei gestaltet werden sollte, kam nur eine Implantatlösung infrage. Von allgemeinmedizinischer Seite gab es keine Auffälligkeiten. Auch der CMD-Befund zeigte keinen Behandlungsbedarf. Die Patientin ist jedoch, mit mehr als 20 Zigaretten pro Tag, eine starke Raucherin. Sie wurde daher auf ein möglicherweise erhöhtes Komplikationsrisiko hingewiesen.

Therapieoptionen sind beim vorliegenden Befund zum Beispiel eine verschraubte Brücke oder eine Teleskop-Prothese auf jeweils sechs bis acht Implantaten. Alternativ ist eine locatorgestützte Hybrid-



Abb. 1: Ausgangssituation: Die Stützung der Lippen durch den Zahnersatz ist verbesserungsbedürftig, der Gesichtsausdruck wenig lebendig. Zudem sind Rhagaden und eine ästhetisch ungünstige Faltenbildung erkennbar.

prothese oder eine steggestützte Prothese auf jeweils vier Implantaten möglich. Nach entsprechender Aufklärung entschied sich die Patientin für die Stegkonstruktion, die auch von uns favorisiert worden war. Diese kann aufgrund der stabilen Mesostuktur und primären Verblockung leicht nach distal extendiert werden. Hierdurch wird im Vergleich zu Locator-Elementen ein größeres Unterstützungspolygon erreicht, da dieses bei Stegkonstruktionen nicht direkt von den Implantatpositionen abhängig ist.

Anstelle eines gegossenen Stegs wurde ein CAD-entworfenen und CAM-gefräster Steg gewählt. Die Vorteile dieser Variante sind die bessere Passgenauigkeit und materialbezogene Qualität – und nicht zuletzt die Kosten. Gegen eine Brücke sprach neben dem hohen Preis die erschwerte Reinigung für die Patientin. Dieser Umstand war wegen der parodontalen Situation als besonders kritisch einzuschätzen.

Um eine umfassende Rehabilitation zu erreichen, wurde im Unterkiefer ebenfalls eine Neuversorgung geplant, die jedoch erst nach Abschluss der Oberkieferversorgung erfolgen sollte. Hier konnten die natürlichen Zähne 33, 34, 43 und 45 trotz fortgeschrittenem Attachmentverlust einbezogen werden. Somit erarbeiteten wir ein Konzept, das sowohl im Unterkiefer aus festsitzender Sicht als auch aus herausnehmbarer Sicht im Oberkiefer erweiterbar ist. Geplant wurden eine implantatgestützte Brücke von 32 auf 42 und implantatgestützte Einzelkronen an den Positionen 35 und 44. Sollte die Patien-

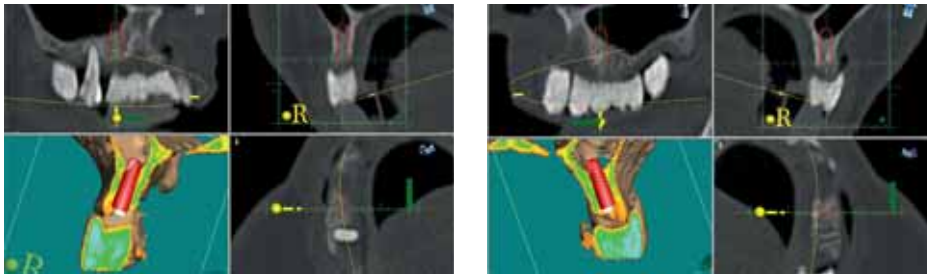


Abb. 2 und 3: Die computer-gestützte Planung erlaubt eine prothetisch optimale Ausrichtung der Implantate. Durch die enge Lagebeziehung der Implantat-Apizes zur Kieferhöhle wird deutlich, dass auf beiden Seiten Sinusbodenaugmentationen erforderlich sein werden (jeweils Bild rechts oben). Zahn 15 soll zur Fixierung der Interimsprothese bis zur ersten Abformung belassen werden.



Abb. 4: Screenshot von der 3-D-Rekonstruktion der Implantatplanung: Die Ansicht erlaubt einen guten Überblick über die Beziehung der Implantate zum Knochen und auf Basis der radiopaken Scan-Schablone auch zur geplanten Versorgung.

tin hiermit nicht zurechtkommen, ist es aufgrund des guten Knochenangebots möglich, die festsitzende Versorgung durch weitere Implantate nach distal zu ergänzen. Sollten andererseits die parodontal vorgeschädigten Zähne im Verlauf verloren gehen, ist auf Grundlage der vier Implantate und deren Verteilung relativ leicht eine implantatgestützte, herausnehmbare Versorgung realisierbar.

#### **Planung des Behandlungsablaufs**

Nachdem das Ziel festgelegt worden war, begann die Planung der Therapie. Um aus prothetischer Sicht eine optimale Implantatpositionierung zu erreichen (Backward Planning), war eine computer-gestützte Planung vorgesehen [1,2]. Der Zahntechniker sollte hierfür nach Extraktion der nicht erhaltungswürdigen Zähne 13, 23, 27 und 44 entsprechend der diagnostischen Aufstellung eine Scan-Schablone aus röntgenopakem Kunststoff erstellen und diese später zur Bohrschablone umarbeiten. Um einen besseren Halt zu gewährleisten, erschien es sinnvoll, den Zahn 15 temporär zu belassen.

Mit der Schablone und einem Index zur exakten Positionierung wurde vom Radiologen ein CT von Ober- und Unterkiefer angefertigt. Bei der computer-gestützten Planung der Implantatpositionen im Oberkiefer zeigte sich, dass das Knochenangebot an den Positionen 14 und 24 wegen der ausgeprägten Recessus alveolares der Kieferhöhlen für eine Implantatversorgung nicht ausreichend war (Abb. 2 und 3). Daher planten wir hier jeweils eine simultane Sinusbodenelevation. Diese würde wegen des geringeren Volumenbedarfs im ersten Quadranten voraussichtlich intern erfolgen (Summers-Technik), im zweiten Quadranten würde eine externe Sinusbodenelevation erforderlich sein.

Die dreidimensionale Position der geplanten Implantate ist in Abbildung 4 zu sehen. Es sollten vier Implantate mithilfe der aus der Scan-Prothese um-

gearbeiteten Bohrschablone inseriert werden. Für drei der Implantate ermittelten wir einen Durchmesser von 3,5 mm (in regio 14, 11, 21), für eines einen Durchmesser von 4,5 mm (in regio 24). Die Implantatlängen wurden mit jeweils 11 mm vorausgerechnet. Die Einheilung sollte geschlossen erfolgen, die Abformung nach Freilegung offen, mittels der Pick-up-Technik. Als temporäre Versorgung wurde geplant, die vorhandene Prothese umzuarbeiten – ebenfalls an Zahn 15 befestigt – und schrittweise zu unterfüttern. Die Wachsaufstellung für die definitive Prothese auf Basis der Bohrschablone sollte vor der externen Stegherstellung erfolgen. Der eingescannte Datensatz der Wachsaufstellung konnte auf diese Weise als Arbeitsgrundlage für die Stegplanung dienen. Damit die Patientin ihre Stegprothese sicher einsetzen kann und eine ausreichende Friktion vorhanden ist, planten wir je zwei horizontale und vertikale Geschiebe. Die zugehörigen Kunststoffmatrizen können bei Bedarf mit geringem Aufwand ausgetauscht werden, so dass auch die Folgekosten überschaubar bleiben.

#### **Therapie Schritt für Schritt**

Nachdem das Ziel sowie der Weg geklärt waren, begannen wir mit der Behandlung. Die nicht erhaltungswürdigen Zähne wurden extrahiert und die Alveolen mit Kollagenkegeln gefüllt, um den physiologischen Gewebeverlust zu begrenzen. Die temporäre Versorgung erfolgte mit der umgearbeiteten und weichbleibend unterfütterten Modellgussprothese, die wie geplant provisorisch an Zahn 15 fixiert wurde. Knapp drei Monate später präparierte der Chirurg nach intramuskulärer Prämedikation mit Atropin und Diazepam in Lokalanästhesie einen Mukoperiostlappen. Die jeweils 11 mm langen Implantate wurden in regio 14, 11, 21 und 24 unter Zuhilfenahme einer hohlgelegten Bohrschablone inseriert.

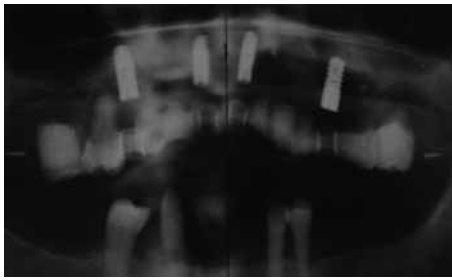


Abb. 5: Kontrollröntgenbild (Panoramaschichtaufnahme) nach Implantation an den Positionen 14, 11, 21 und 24



Abb. 6: Nach viermonatiger unbelasteter Einheilzeit werden die Implantate mit Sulkusformern versorgt.



Abb. 7: Für die Pick-up-Abformung mit einem offenen individuellen Löffel werden Übertragungsposten eingeschraubt.



Abb. 8 und 9: Die mit modifiziertem Polyether-Material vorgenommene Abformung und das Erstmodell (bereits mit Kunststoffschlüssel für die Überabformung) verdeutlichen die günstige Verteilung der Implantate im Kiefer und die parallele Ausrichtung der Implantatachsen.



Abb. 10: Der individuelle Löffel für die Überabformung wird für eine leichtere Handhabung mit einem Haltegriff geliefert.



Abb. 11: Der Kunststoffübertragungsschlüssel wird im Mund jeweils zwischen den Implantaten getrennt und anschließend fixiert. Hierdurch ist eine spannungsfreie Passung der Mesostruktur gewährleistet.



Abb. 12 und 13: Um die Gingiva unter dem Steg blasenfrei darzustellen, wird der Kunststoffschlüssel mit Abformmasse umspritzt. Nach der Abformung ist der Übertragungsschlüssel allseitig von Polyether umgeben und die Laboranaloge sind eingebracht. Diese Abformung bietet eine sehr gute Grundlage für die weitere Arbeit.



Die Kieferhöhlenaugmentationen erfolgten ebenfalls wie geplant beidseitig mit einem Gemisch aus Knochenersatzmaterial und autologem Knochen mit venösem Eigenblut (Verhältnis 1:1). Das laterale Fenster im zweiten Quadranten wurde mit einer Kollagenmembran abgedeckt. Die Einheilung erfolgte geschlossen, die Panoramaschichtaufnahme zeigt den Zustand nach Implantation (Abb. 5). Gut vier Monate später wurden die Implantate freigelegt und Gingivaformer eingeschraubt (Abb. 6). Die breite befestigte Gingiva erlaubte die Freilegung mit einem einfachen Krestalschnitt. Am Tag der Nahtentfernung extrahierten wir auch Zahn 15, sodass die temporäre Prothese bis zur Eingliederung der definitiven Versorgung mithilfe von Haftcreme fixiert werden musste. Die Gingivaformer wurden nach drei Wochen gegen höhere ausgetauscht.

Nach der vollständigen Abheilung der Weichgewebe konnte schließlich die Pick-up-Abformung mit einem modifizierten Polyether und einem offenen individuellen Löffel in der Einphasentechnik erfolgen (Abb. 7 und 8). Die Oberkieferposition übertragen wir schädel- und gelenkbezüglich mit einem arbiträren Gesichtsbogen. Das Erstmodell wurde mit einem geteilten Schlüssel aus Kaltpolymerisat versehen, der die Abformpfosten miteinander verband (Abb. 9). Die Abbildung 10 zeigt den individuellen Löffel für die offene Überabformung. Um die klinische Situation möglichst exakt wiederzugeben, fixierten wir den zuvor geteilten Schlüssel vor der Abformung im Mund mit Pattern Resin (Abb. 11 bis 13). Nach der Überprüfung der Vertikalen, der Mittel- und der Lachlinie (Abb. 14 bis 16) erfolgte die Relationsbestimmung mit Schab-



Abb. 14 bis 16: Wie in der konventionellen Totalprothetik werden die Höhe des Untergesichts, der Mittellinie und der Lippenlinie in bewährter Weise festgelegt.



Abb. 17: Die Feinregistrierung der horizontalen Kieferrelation erfolgt mit einer Schablone mit Wachswall. Die Vertikale wird durch Handbissnahme mit Aluminiumwachs und Zinkoxid-Eugenol-Paste verschlüsselt.



Abb. 18: Das Meistermodell mit eingeschraubten Basisaufbauten für die Aufnahme der Stegkonstruktion wird mit abnehmbarer Gingivamaske erstellt.



Abb. 19: Die Wachsaufstellung erfolgt vor der Herstellung des Stegs. Bei der Einprobe werden noch kleinere Korrekturen vorgenommen. Da auch im Unterkiefer eine Neuversorgung folgt, wurde idealisiert aufgestellt.



Abb. 20 und 21: Der Vorschlag für die Stegkonstruktion wurde vom Compartis Scan&Design Service entworfen. Dieser wird auf der Basis von 3-D-Scans der Wachsaufstellung und des Meistermodells erstellt, die in einen Datensatz zusammengeführt werden. Das Labor erhält die entsprechende 3-D-Darstellung zur Korrektur oder Freigabe per E-Mail.



Abb. 22: Auf dem fertig polierten CAD/CAM-Steg sind jeweils zwei vertikale und zwei horizontale Kunststoffmatrizen angebracht. Diese werden später in die fertige Prothese eingedrückt und können bei Bedarf ausgetauscht werden.

lone, Wachswall, Aluwachs und Zinkoxid-Eugenol-Paste (Abb. 17). Das Meistermodell erstellte der Techniker mit abnehmbarer Gingiva (Abb. 18). Mithilfe der Arbeitsunterlagen wurden die Zähne auf Basis der ersten Wachsaufstellung idealisiert aufgestellt (Abb. 19). Als Basis für den Steg sollten Ankylos C/Balance-Basisaufbauten dienen. Nach der Einprobe und geringfügiger Korrektur schickte der Zahntechniker die Aufstellung zusammen mit dem Modell an den Compartis Scan&Design Service, wo beides digitalisiert wurde (Abb. 20). Hier erfolgte die Planung der Stegkonstruktion – ein Extensionssteg mit je zwei horizontalen und vertikalen Geschieben – entsprechend unserer Vorgaben. Den Planungsentwurf erhielten wir zusammen mit einem speziellen Programm (3D-Viewer) zur Ansicht per E-Mail (Abb. 21). In unserem Fall konnten die

Planungsdaten ohne Änderungen zur maschinellen Herstellung des Stegs freigegeben werden. Die Lieferung erfolgte innerhalb von fünf Tagen. Die Einprobe des aus Titan gefrästen Stegs (Abb. 22) zeigte einen spannungsfreien Sitz auf den Aufbauten (Abb. 23). Die periimplantären Weichgewebe waren gut ausgeformt und reizfrei. Da die Basisaufbauten nicht indexiert sind, konnten sie für die verbleibende Zeit bis zur Fertigstellung wieder durch die Gingivaformer ersetzt werden. Nach Herstellung des edelmetallfreien Gerüsts (Abb. 24) und erneuter Einprobe der Wachsaufstellung (Abb. 25) über dem eingeschraubten Steg individualisierte der Zahntechniker die Konfektionszähne und die Gingiva (Abb. 26 bis 28). Nun konnten der Steg (Abb. 29 und 30) und der definitive Zahnersatz (Abb. 31 bis 34) eingegliedert werden. Die Panoramaschichtauf-



Abb. 23: Der spannungsfreie Sitz wird mithilfe des Sheffield-Tests überprüft. Hierzu wird jeweils nur eine Schraube separat eingeschraubt und der spaltfreie Sitz auf den anderen Implantaten kontrolliert.



Abb. 24: Das Modellgussgerüst aus Kobalt-Chrom-Molybdän ist vor der definitiven Wachsaufstellung über dem Steg auf das Modell gesetzt worden.



Abb. 25: Wachseinprobe vor der Fertigstellung: Der Steg ist verschraubt, letzte Korrekturen können vorgenommen werden.



Abb. 26 und 27: Die konfektionierten Zähne und die künstliche Gingiva werden mit Malifarben individualisiert.



Abb. 28: In der basalen Ansicht der fertigen Stegprothese sind die Geschiebe erkennbar.



Abb. 29: Die verwendeten Basisaufbauten stellen die Verbindung zwischen Implantaten und Stegkonstruktion her und ermöglichen ein Arbeiten auf Gingivaniveau.



Abb. 30: Dank konsequenter Vorarbeit lässt sich der Steg spannungsfrei eingliedern.



Abb. 31: Die spaltfreie Passung von Steg, Aufbauten und Implantaten zeigt sich auch in der Panoramaschichtaufnahme.

nahme (vgl. Abb. 31) verdeutlicht die exakte Passung des Stegs auf den Abutments.

Die Abbildungen 35 und 36 demonstrieren das verbesserte Lippenbild der Patientin. Hier zeigt sich, dass fachgerechte prothetische Versorgungen das Aussehen und die funktionellen Aufgaben des Mundbereichs erheblich zum Positiven beeinflussen können. Unsere Patientin ist mit dem Ergebnis ebenfalls sehr zufrieden. Dies ist am entspannten Lächeln auf dem Abschlussbild (Abb. 37) erkennbar.

### Diskussion

Implantatgetragene Prothesen sind eine bewährte Lösung für Patienten, die Probleme mit ihrer schleimhautgetragenen oder klammerretinierten Versorgung haben [3,4]. Bei abnehmbaren Implantatprothesen hängt die Wahl der Verankerung von verschiedenen Faktoren wie der Reinigungsfähigkeit ab. Hier sind

unverblockte Elemente, zum Beispiel Locator-Aufbauten, von Vorteil. Stege sind etwas schwieriger zu reinigen, ermöglichen jedoch ein größeres Unterstützungspolygon und sind daher statisch günstiger. Bei unserer Patientin wurde im Unterkiefer eine festsitzende Versorgung geplant, die zum größten Teil auf Implantaten abgestützt sein wird. Da dementsprechend mit höheren Kaukräften zu rechnen ist, entschieden wir uns im Oberkiefer für eine Steglösung.

Bei neu eingeführten Methoden und Materialien sollte immer geprüft werden, ob diese tatsächlich Vorteile bieten. Allzu häufig wurden in der Vergangenheit Produkte eingeführt, die nicht ausreichend klinisch bewährt waren und daher zu erheblichen Problemen für Patienten und Behandler führten. Das derzeit optimale Herstellungsverfahren für implantatgetragene Stege scheint die noch relativ neue computergestützte Planung und Herstellung



Abb. 32 bis 34: Die eingegliederte Stegprothese ist ästhetisch und funktionell gelungen.



Abb. 35 und 36: Das Lippenbild beim Ausgangsbefund (links) unterscheidet sich ganz erheblich vom Endergebnis (rechts). Die Patientin ist funktionell und ästhetisch rehabilitiert ...

Abb. 37: ... und hat im wahrsten Sinne des Wortes wieder gut lachen.

mithilfe von CAD/CAM zu sein. Neben der höheren Präzision [5,6] sind die durch industrielle Prüfverfahren gesicherte Materialqualität und die günstigeren Herstellungskosten zu nennen – dies besonders in Zeiten hoher Edelmetallpreise. CAD/CAM-Stege haben sich laut Literatur bereits über einen Zeitraum von zehn Jahren bewährt [7]. Auch das hier verwendete System ist in wissenschaftlichen Arbeiten und in Fallstudien gut dokumentiert [8-11].

Unabhängig vom Herstellungsverfahren gelten immer die bewährten Regeln für reproduzierbare, präzise, implantatgestützte Stegversorgungen. Der Zwischenschritt über das Erstmodell, den Übertragungsschlüssel und die Zweitabformung ermöglicht eine exakte Übertragung der klinischen Implantatpositionen ins Labor [12,13]. Der hierdurch erzielte Genauigkeitserfolg wird anschließend durch die CAD/CAM-basierte Fräsung des Stegs aus einem Rohling in Industriequalität gesichert [5,6,13].

In unserem Beispiel mit den verwendeten Basisaufbauten zeigen sich auch Vorteile des Arbeitens auf Abutmentniveau. Die Passung eines Stegs lässt sich deutlich besser auf Höhe der Gingiva beurteilen als auf Implantatniveau. Die verwendeten, nicht indexierten Aufbauten erlaubten in Kombination mit der konischen Implantatverbindung ein problemloses Ein- und wieder Ausdrehen bei der Steg- sowie der letzten Wachseprobe.

Verantwortungsvolle Planung berücksichtigt unter anderem die Wirtschaftlichkeit. Die Umsetzung beginnt bei der Wahl der Versorgung. Ein bedingt abnehmbarer Steg kann bei Verlust eines Implantats relativ einfach umgearbeitet werden. Ein häufiges

Problem von Halteelementen bei abnehmbaren Versorgungungen ist der Retentionsverlust. Daher erscheint es sinnvoll, bei der Matrize auf austauschbare Teile zu setzen, um so die Haltekraft problemlos erhöhen zu können. Dies ist etwa bei Teleskopen kaum möglich. Letztlich sollte sich das Gesamtkonzept nicht nur auf das Hier und Jetzt eines einzelnen Zahns, Kieferabschnitts oder Kiefers beschränken.

Planung und Implantation erfolgten in unserem Beispiel computernavigiert. Die Vorteile der prothetisch orientierten Planung am Bildschirm sind evident. Auch die schablonengeführte Implantation bietet Vorteile. Dies gilt nach der Erfahrung des behandelnden Chirurgen besonders bei Ganzkieferversorgungungen. Für erfolgreich geführte Implantationen sollte die Schablone lagesicher fixiert werden. Hierfür verwenden wir bei fehlender Restbe-zahnung temporäre Implantate.

#### Fazit

Der Einsatz einer neuen Technologie lohnt sich, wenn sie Vorteile gegenüber der herkömmlichen Methode bietet. Dies ist bei dem im Patientenbeispiel verwendeten CAD/CAM-Steg der Fall. Auf bewährte Arbeitstechniken und die damit gesammelten Erfahrungen kann und darf dennoch nicht verzichtet werden. Ein voraussagbarer Erfolg ist nur auf einer gesicherten Grundlage möglich.

Korrespondenzadresse:  
Dr. Christian Ortmeier  
Hauptstraße 108, 94405 Landau an der Isar  
doktor\_o@t-online.de