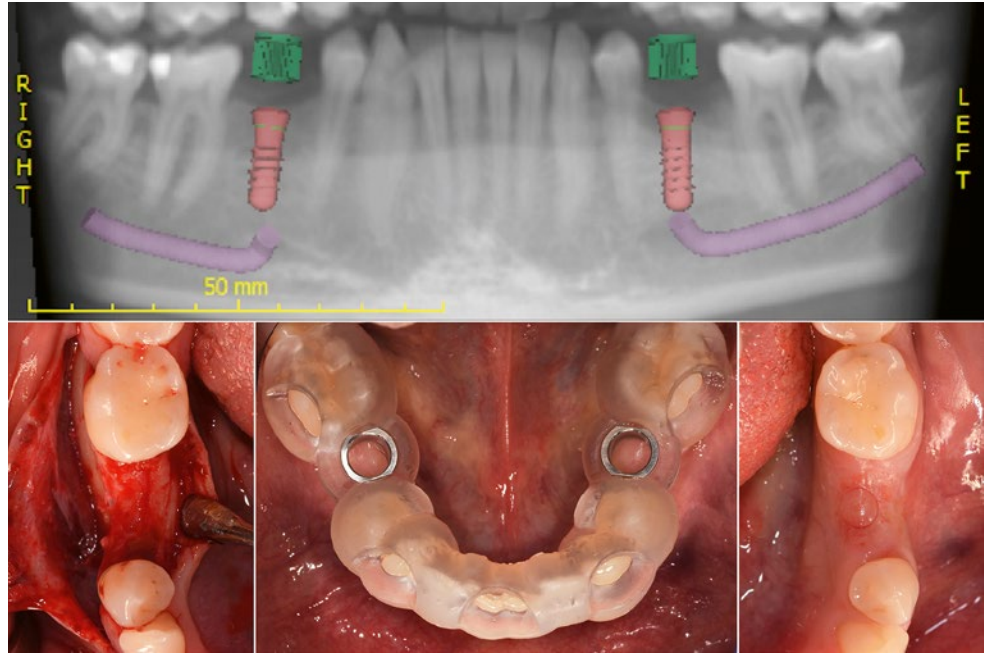


CLEMENS RAABE<sup>1</sup>  
SIMONE F. M. JANNER<sup>2</sup>  
SAMIR ABOU AYASH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, zmk Bern, Universität Bern  
<sup>2</sup> Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Gerodontologie, zmk Bern, Universität Bern

**KORRESPONDENZ**

Dr. Clemens Raabe  
Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie  
zmk Bern  
Universität Bern  
Freiburgstrasse 7  
CH-3010 Bern  
E-Mail:  
clemens.raabe@zmk.unibe.ch



## Patienten-zentrierte digitale Implantologie

Minimalinvasiv und regenerativ: Implantattherapie bei reduzierter Kieferkambbreite mit volldigitalem Workflow. Fallbericht einer Split-Mouth-Behandlung

**SCHLÜSSELWÖRTER**

Digitale Implantologie, flapless, guided bone regeneration, sCAIS, PROM

**Bild oben:** Rekonstruierte Panoramaansicht der digitalen Implantatplanung (oben). Zahngetragene Schablone (Mitte unten) für geführte Implantationen in Regio 35 (flapless, unten rechts) und in Regio 45 (mit simultaner GBR, unten links)

**ZUSAMMENFASSUNG**

Computerunterstützte Implantattherapien können durch weniger invasive Behandlungstechniken zu geringerer Morbidität und zu höherer Patientenzufriedenheit führen. Dabei helfen prothetisch-orientierte digitale Implantatplanungen in Kombination mit einer schienengeführten Implantatinsertion, das Knochenangebot optimal auszunutzen und so die Notwendigkeit für ossäre Augmentationen zu minimieren. Bei einer 37-jährigen Patientin zeigten sich zwei Einzelzahnlücken mit moderatem (Regio 35) bzw. ausgedehntem (Regio 45) horizontalem Knochen-

defizit. Anhand der Planungssoftware wurden ideale Implantatpositionen definiert und eine Bohrschablone angefertigt. Die Implantation in Regio 35 erfolgte ohne Aufklappung (flapless), während in Regio 45 das unzureichende Knochenvolumen simultan augmentiert wurde. Auf beiden Seiten zeigten die erzielten Implantatpositionen eine hohe Übereinstimmung mit der initialen Planung. Die Patientin bevorzugte die Flapless-Prozedur in Regio 35, die nur dank der erfüllten Selektionskriterien an Knochen und Weichgewebe angewendet werden konnte.

## Einleitung

Ein reduziertes horizontales Knochenvolumen kann eine guided bone regeneration (GBR) bei Implantationen indizieren. Diese häufig angewandten regenerativen Eingriffe erreichen stabile Langzeitergebnisse (CHAPPUIS ET AL. 2018), sind jedoch mit postoperativen Beschwerden, einem grösseren Risiko für biologische Komplikationen und erhöhten Behandlungskosten verbunden (VISSER ET AL. 2016; SCHIMMEL ET AL. 2018).

Die digitale Transformation in der Zahnmedizin eröffnet vielversprechende Perspektiven für minimalinvasive und patientenzentrierte Therapiekonzepte, ohne die Erfüllung der primären Behandlungsziele wie Langzeiterfolg und niedrige Komplikationsraten zu kompromittieren. Digitale Implantatplanungen und intraoperative Führung über Bohrschablonen (static computer-assisted implant surgery, sCAIS) nutzen den vorhandenen Knochen optimal aus und können die Notwendigkeit für Augmentationen minimieren (SMITKARN ET AL. 2019). Im besten Fall, sprich bei ausreichenden Dimensionen von Knochen und keratinisierter Mukosa, ist eine Flapless-Chirurgie möglich. Dabei bleibt die periostale Blutversorgung erhalten und kann in Fällen von bukkalen Knochenwänden mit grenzwertigen Dimensionen einer Knochenresorption vorbeugen (MONJE ET AL. 2019). Auf der prothetischen Seite ermöglicht der präzise digitale Workflow eine angenehme und kostenreduzierte Behandlung für die Patienten (JODA ET AL. 2016; SFONDRINI ET AL. 2018).

Ziel dieses Fallberichtes ist es, den möglichen Ablauf einer voll digitalen Implantatbehandlung aufzuzeigen, wobei besonderer Fokus auf der Genauigkeit der Implantatposition und der Patientenzufriedenheit bei Anwendung unterschiedlich invasiver Operationstechniken liegt.

## Fallbericht

Eine 37-jährige allgemeinmedizinisch gesunde Patientin präsentierte Einzelzahnlücken in Regio 35 und 45 aufgrund von Nichtanlagen. Sie litt unter einer subjektiv eingeschränkten Kaufunktion und einer kompromittierten Ästhetik.

Die mesiodistale Lückenbreite betrug beidseits 9,4 mm bei einem breiten Band keratinisierter Mukosa und einem interokklusalen Platzangebot von ca. 5,5 mm. In der digitalen Volumetomografie (DVT; Accuitomo 170; Morita, Kyoto, Japan) mit 8\*5 cm bei 90 kV (5 mA, 9 s, 180°) präsentierte sich ein moderates (Regio 35) und ausgeprägtes (Regio 45) horizontales Knochendefizit mit beidseitiger Lageproximität des Canalis mandibulae/Foramen mentale und eines lingualen Unterschnittes.

## Material und Methodik

Es erfolgte ein Oberflächenscan (Trios® 3, 3Shape, Kopenhagen, Dänemark). In der Planungssoftware (CoDiagnostiX®; dental wings, Montreal, Kanada) wurden anschliessend diagnostische Set-ups erstellt und die Implantate gewählt. Die ausgedehnten Lücken erforderten einen nicht reduzierten Implantatdurchmesser und das eingeschränkte interokklusale Platzangebot die Verwendung von Implantaten mit reduzierter Höhe des maschinieren Implantathalses (SP 4,1 x 10 mm RN, Straumann, Basel, Schweiz). Die prothetisch und chirurgisch orientierten Implantatpositionen (Abb.1) erzielten eine ausreichend dimensionierte bukkale Knochenwand in regio 35 (1,2 mm), während in regio 45 nur 0,7 mm verblieben. Eine bogenumspannende, zahngestützte Bohrschablone wurde über additiv-stereolithografische Verfahren (p 30; Straumann P-Series by Rapidshape; Straumann, Basel, Schweiz) hergestellt.

Die Implantatosteotomie erfolgte beidseits vollgeführt anhand des chirurgischen Protokoll der Planungssoftware. In Regio 35 wurde dank der ausreichenden Dimensionen von keratinisierter Mukosa und Knochen auf die Bildung eines Mukoperiostlappens verzichtet (flapless). In Regio 45 hingegen wurde die dünne vestibuläre Knochenwand durch eine simultane Konturaugmentation mit autologem Knochen und Biomaterialien (Bio-Oss® und Bio-Gide®; Geistlich, Wolhusen, Schweiz) augmentiert. Dieser Eingriff erforderte eine Lappenbildung mit Periostschlitzung, einen primären Wundverschluss und eine Wiedereröffnungsoperation infolge der achtwöchigen Heilungsphase.

Nach einem erneuten Oberflächenscan wurden zwei vollkeramische monolithische Zirkoniumdioxid-Kronen (Prettau® Zirkon; Zirkonzahn, Gais, Italien) hergestellt und adhäsiv (Panavia™ V; Kuraray Noritake Dental, Chiyoda, Japan) mit Titanklebebasen (Variobase™; Straumann, Basel, Schweiz) verbunden. Die Kronen wurden mit einem Eindrehmoment von 35 Ncm auf den Implantaten inseriert. Durch virtuelle Überlagerung der ursprünglichen Planung und des postoperativen Oberflächenscans wurden die Achsen- und Distanzabweichungen zwischen der geplanten und erzielten Implantatposition ermittelt.

Ein Jahr postoperativ erfolgte bei der Patientin eine klinisch-radiologische Kontrolluntersuchung. Die seitenspezifische Patientenzufriedenheit wurde anhand des Oral-Health-Impact-Profile-Fragebogens (OHIP-14) (SLADE 1997) und sieben weiteren Fragen (100 mm visuelle Analogskala) ermittelt.

## Ergebnisse

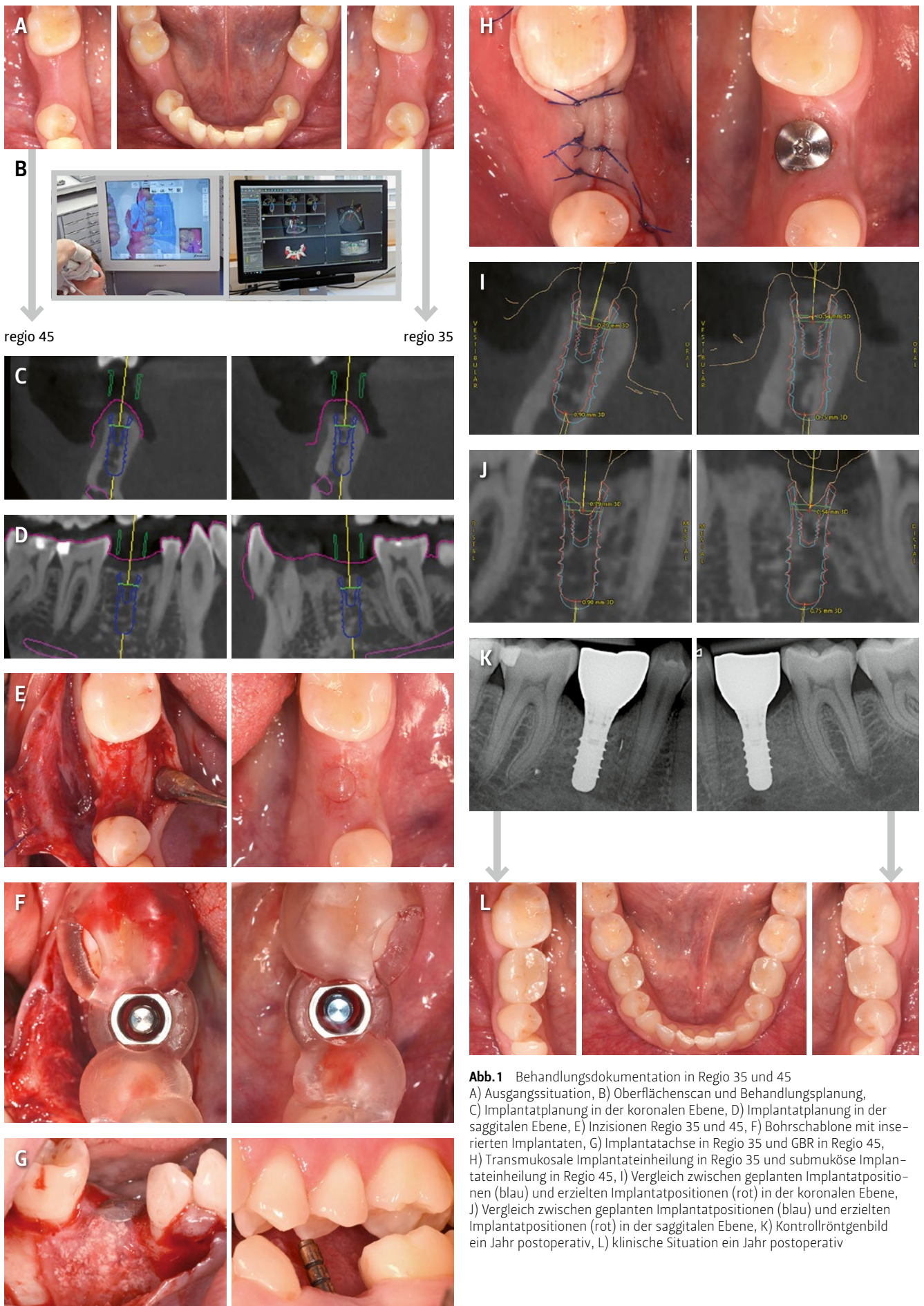
Die postoperative Heilung gestaltete sich komplikationslos. Zur Jahreskontrolle präsentierten sich klinisch reizlose periimplantäre Weichgewebe mit Sondierungswerten  $\leq 3$  mm und radiologisch stabilen ossären Verhältnissen beidseits. Die erzielte Implantatposition wich von der geplanten Lage um 2,4° und 0,10–0,51 mm horizontal in Regio 35 sowie 1,8° und 0,04–0,44 mm horizontal in Regio 45 ab. Im OHIP-14-Fragebogen ergab sich eine Punktzahl von 0. Die Ergebnisse der Beantwortung der visuellen Analogskala sind in Abbildung 2 aufgeführt.

## Diskussion und Schlussfolgerungen

Dieser Fallbericht evaluiert das Behandlungsergebnis und die Patientenzufriedenheit nach zwei unterschiedlich invasiven Implantationstechniken in einem Split-Mouth-Ansatz.

Nach der chirurgischen SAC-Klassifikation ist diese Behandlung als anspruchsvoll einzustufen. Die Komplexität des Eingriffes ist durch die Anwendung von sCAIS und Flapless-Technik weiter erhöht (DAWSON & CHEN 2009), da im Besonderen die fehlende intraoperative Übersicht viel Erfahrung vom Chirurgen erfordert. Die Flapless-Implantation ist ein Beispiel minimalinvasiver chirurgischer Konzepte und mit kurzen Heilungsphasen sowie wenig postoperativen Komplikationen verbunden (ARISAN ET AL. 2010). Die Besonderheit stellt die erhaltene periostale Blutversorgung im Implantationsgebiet dar, die im Falle von bukkalen Knochenwänden mit kritischer Dimension hilft, avaskulären Knochennekrosen mit folgender Knochenresorption vorzubeugen (MONJE ET AL. 2019). Jedoch schliesst diese «blinde» Technik Knochenaugmentationen aus, erfordert viel keratinisierte Mukosa und ist im Besonderen bei defizitärem Knochenangebot ohne Bohrschablone schwierig durchführbar (LEMONS ET AL. 2018).





**Abb. 1** Behandlungsdokumentation in Regio 35 und 45  
 A) Ausgangssituation, B) Oberflächenscan und Behandlungsplanung, C) Implantatplanung in der koronalen Ebene, D) Implantatplanung in der sagittalen Ebene, E) Inzisionen Regio 35 und 45, F) Bohrschablone mit inserierten Implantaten, G) Implantatachse in Regio 35 und GBR in Regio 45, H) Transmukosale Implantateinheilung in Regio 35 und submuköse Implantateinheilung in Regio 45, I) Vergleich zwischen geplanten Implantatpositionen (blau) und erzielten Implantatpositionen (rot) in der koronalen Ebene, J) Vergleich zwischen geplanten Implantatpositionen (blau) und erzielten Implantatpositionen (rot) in der sagittalen Ebene, K) Kontrollröntgenbild ein Jahr postoperativ, L) klinische Situation ein Jahr postoperativ

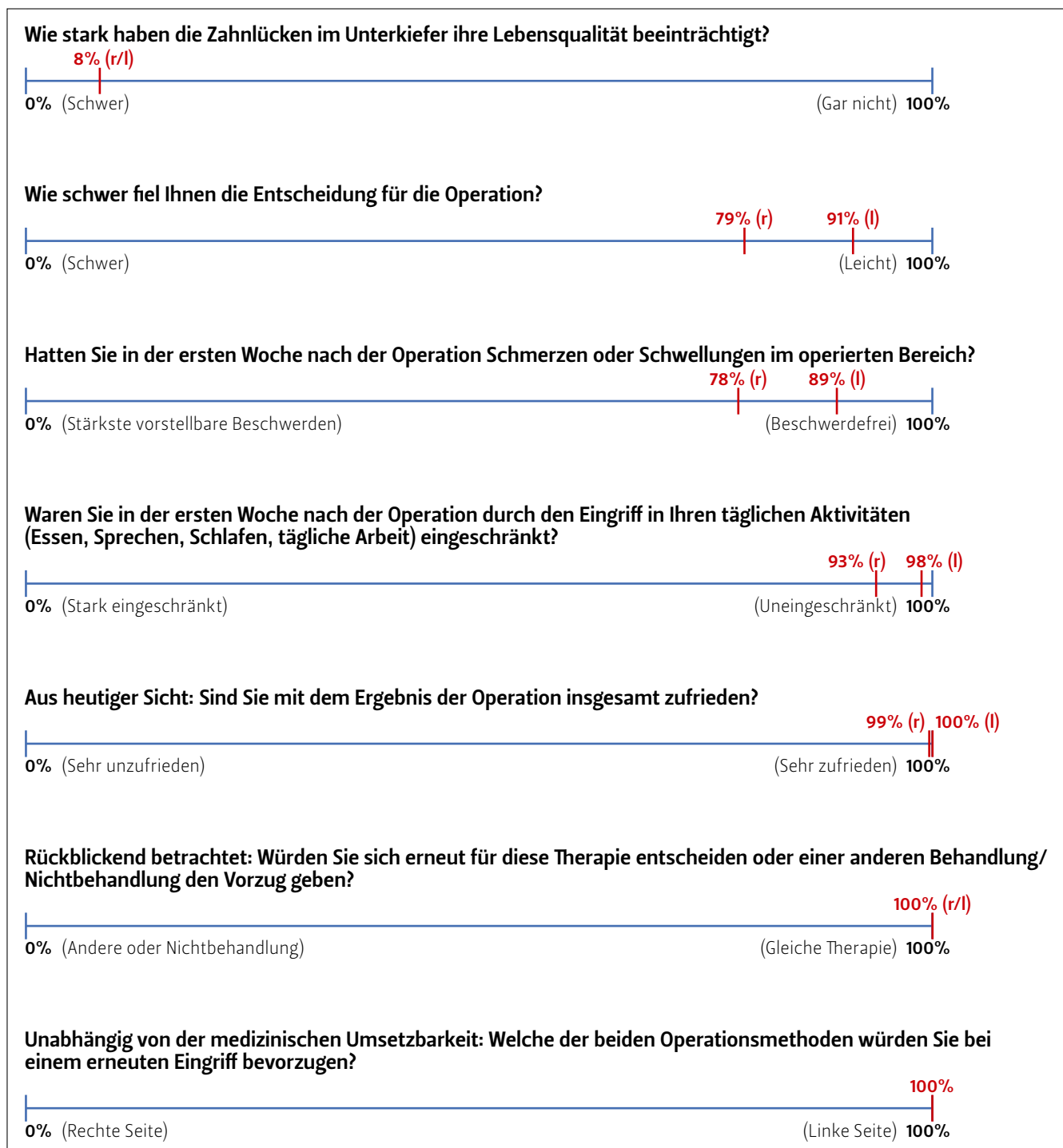


Abb. 2 Visuelle Analogskalen zur Patientenzufriedenheit  
 Seitenbezogene (r = rechts, l = links) Patientenantworten in rot dargestellt

Die Planung der navigierten Flapless-Implantation basiert auf Oberflächendaten, die auf eine DVT superpositioniert werden. Die DVT erlaubt als dreidimensionale Aufnahme eine genaue Analyse (z. B. linguale Unterschnitte, Kammdefizite, Gefäß-Nerv-Kanäle), die für Flapless-Implantationen in anatomisch sensiblen Regionen erforderlich ist.

Zahngetragene Schablonen erzielen mit mittleren Abweichungen von 0,9–1,2 mm und 3,3° genauere Implantatpositionierungen als mukosa- oder knochengestützte (1,3–1,5 mm, 3,3°) Schablonen (TAHMASEB ET AL. 2018). In Einzelzahnlücken ist die Abweichung zwischen geplanter und erzielter Implantat-

position noch geringer (TAHMASEB ET AL. 2018; EL KHOLY ET AL. 2019). Eine Freihand-Implantation («brain-guided») ist mit den ausgeprägtesten Abweichungen (1,3–2,2 mm, 7°) assoziiert (SMITKARN ET AL. 2019). Die gute Vorhersagbarkeit der finalen Implantatposition mit zahngetragenen Bohrschablonen in Einzelzahnlücken war Entscheidungsgrundlage für eine geführte Flapless-Implantation in das defizitäre Knochenvolumen regio 35, um eine allfällig notwendige Knochenaugmentation bei Freihandimplantation zu umgehen.

Im Split-Mouth-Vergleich anhand chirurgisch-orientierter Fragen zur patientenspezifischen Zufriedenheit bestätigt sich

die geringere postoperative Morbidität der Flapless-Implantation, übereinstimmend mit den Ergebnissen der Literatur (JODA ET AL. 2018). Dem behandelnden Implantologen muss jedoch das stark eingeschränkte Indikationsspektrum der Flapless-Technik gewahr sein, was die Notwendigkeit einer strengen Fallselektion unterstreicht.

## Abstract

RAABE C, JANNER S F M, ABOU AYASH S: **Comprehensive Digital Workflow and Computer-Assisted Implant Surgery in a Patient with Reduced Crest Width. Case Report of a Split-Mouth Approach** (in German). SWISS DENTAL JOURNAL SSO 131: 437–441 (2021)

Modern treatment protocols in implant dentistry focus on lower morbidity and patient-centered outcomes, in addition to commonly applied treatment success criteria. Prosthetically-driven digital planning followed by static computer-assisted implant surgery (sCAIS) may minimize the need for bone aug-

mentation by ideally utilizing the residual crest and thereby improve patient satisfaction.

A healthy 37-year-old female suffered from agenesis of both second mandibular premolars and presented wide single-tooth gaps on both sides of the mandible with a moderate (left) and pronounced (right) horizontal bone deficiency. 3D implant planning allowed ideal implant positioning in the residual bone volume while respecting critical anatomical structures. This enabled a flapless sCAIS procedure without bone grafting in the left mandible. On the right side, the insufficient bone volume was augmented simultaneously to the sCAIS using GBR.

The clinical and radiographic parameters showed a good oral health status in the 1-year postop examination. The final implant position presented a minimal angular and horizontal deviation from the initial planning. The patient was highly satisfied with the two applied methods but preferred the flapless procedure.

## Literatur

- ARISAN V, KARABUDA C Z, ÖZDEMİR 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* 21: 980–988 (2010)
- BUSER D, VON ARX T: Surgical procedures in partially edentulous patients with ITI implants. *Clin Oral Implants Res* 11: 83–100 (2000)
- CHAPPUIS V, RAHMAN L, BUSER R, JANNER S F M, BELSER U C, BUSER D: Effectiveness of contour augmentation with guided bone regeneration: 10-year results. *Journal of Dental Research* 97: 266–274 (2018)
- DAWSON A, CHEN S: The SAC classification in implant dentistry, 1st edn, Berlin: Quintessence, (2009)
- JODA T, DERKSEN W, WITTNEBEN J G, KUEHL S: Static computer-aided implant surgery (s-CAIS) analysing patient-reported outcome measures (PROMs), economics and surgical complications: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 29: 359–373 (2018)
- EL KHOLY K, LAZARIN R, JANNER S F M, FAERBER K, BUSER R, BUSER D: Influence of surgical guide support and implant site location on accuracy of static Computer-Assisted Implant Surgery. *Clin Oral Implants Res* 30: 1067–1075 (2019)
- LEMOIS C A A, VERRI F R, CRUZ R S, GOMES J M L, DOS SANTOS D M, GOIATO M C, PELLIZZER E P: Comparison between flapless and open-flap implant placement: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 49: 1220–1231 (2018)
- MONJE A, CHAPPUIS V, MONJE F, MUÑOZ F, WANG H-L, URBAN I, BUSER D: The critical peri-implant buccal bone wall thickness revisited: An experimental study in the beagle dog. *Int J Oral Maxillofac Implants* 34: 1328–1336 (2019)
- SCHIMMEL M, SRINIVASAN M, MCKENNA G, MÜLLER F: Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 29: 311–330 (2018)
- SLADE G D: Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dent Oral Epidemiol* 25: 284–290 (1997)
- SMITKARN P, SUBBALEKHA K, MATTHEOS N, PIMKHAOKHAM A: The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery. *J Clin Periodontol* 46: 949–957 (2019)
- TAHMASEB A, WU V, WISMEIJER D, COUCKE W, EVANS C: The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 29: 416–435 (2018)
- VISSER A, STELLINGSMA C, RAGHOEBAR G M, MEIJER H J, VISSINK A: A 15-year comparative prospective study of surgical and prosthetic care and after-care of overdenture treatment in the atrophied mandible: Augmentation versus nonaugmentation. *Clin Implant Dent Relat Res* 18: 1218–1226 (2016)