



Stefan Neumeyer, Michael Stelzel, Sabine Hopmann, Gernot Mörig, Werner Götz, Ludger Hanfland, Martin Gosau

Ein biologisches Behandlungskonzept für die Extraktionsalveole

Die Replantation und Extrusion von Wurzelsegmenten

INDIZES *biologisches Gewebemanagement, Replantation, Extrusion, Erhalt, Regeneration, Ästhetik, minimalinvasives Verfahren*

Für eine ansprechende und langfristig stabile implantatprothetische Versorgung sind die Qualität und das Volumen des Implantatlagers von grundlegender Bedeutung. Deshalb wurden zur Vermeidung und Behebung der extraktions- bzw. resorptionsbedingten Gewebeverluste umfangreiche Strategien zum Alveolenerhalt und zur suffizienten Defektauffüllung entwickelt. Eine Analyse der reaktiven Prozesse, die bei der Replantation und Extrusion von Zähnen zu beobachten sind, macht deutlich, dass aus den strukturellen und funktionellen Zusammenhängen die Grundlagen für ein alternatives biologisches Konzept abzuleiten sind. So kann die Replantation eines Zahnes durch die funktionelle Wiederanbindung der angrenzenden Gewebestrukturen deren nahezu vollständigen Erhalt gewährleisten¹⁻⁵. Die Extrusion eines Zahnes induziert eine koronale Bewegung der parodontalen und alveolären Gewebestrukturen (Follow-up). Das Ausmaß der vertikalen Geweberegeneration kann durch die funktionelle Anbindung gesteuert werden⁶⁻⁸. Von besonderer Bedeutung scheint dabei der supraalveoläre Faserapparat zu sein, denn umfangreiche Fallstudien haben gezeigt, dass isogingival replantierte Wurzelsegmente ein nahezu gleiches Erhaltungs- und Regenerationspotenzial zeigen wie ganze Zähne. Ein darauf aufbauendes biologisches Gewebemanagement weist viele Vorteile auf. Diese reichen von einer minimalinvasiven chirurgischen Intervention, einem umfangreichen Volumen- und Strukturhalt bis hin zu einer geringeren Belastung der Patienten.

■ Einleitung

Für ein langfristig stabiles und ästhetisch ansprechendes implantatprothetisches Ergebnis ist die strukturelle Qualität, Quantität und langfristige Stabilität des periimplantären Gewebes von ausschlaggebender Bedeutung. Es ist deshalb sehr wichtig, das Implantatlager optimal vorzubereiten. Da die Extraktion eines Zahnes zu resorptiven Prozessen führt, die in einem nicht unbeträchtlichen Verlust von alveolärem Gewebe resultieren, wurden verschiedene Behandlungsstrategien als Gegenmaßnahmen entwi-

ckelt⁹⁻¹¹. So befasst sich die Socket-Preservation mit der Verhinderung dieser Prozesse und mit unterstützenden Maßnahmen zum Erhalt der körpereigenen Strukturen^{12,13}. Augmentative Techniken kommen dagegen erst verspätet zum Einsatz und haben das Ziel, die ursprüngliche Situation so weit und gut wie möglich wieder herzustellen.

Eine kritische Analyse dieser Verfahrenstechniken macht trotz aller Erfolge aber auch deutlich, dass eine chirurgische Früh- oder Spätintervention einer prospektiven, gewebe- und strukturhaltenden Philosophie nicht ebenbürtig sein kann. Alle



Stefan Neumeyer
Dr. med. dent., M.Sc.
Leminger Straße 10
93458 Eschlkam

Michael Stelzel
Univ.-Prof. Dr. med. dent.
Donau-Universität Krems
Department für Interdisziplinäre Zahnmedizin u. Technik
Dr.-Karl-Dorrek-Straße 30
3500 Krems, Österreich

Sabine Hopmann
Dr. med. dent.
Untere Bergstraße 12
49448 Lemförde

Gernot Mörig
Dr. med. dent.
Lehrbeauftragter der Universität Düsseldorf
ZahnGesundheit Oberkassel
Schanzenstraße 20
40549 Düsseldorf

Werner Götz
Prof. Dr. med.
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Kieferorthopädie, Oralbiologische Grundlagenforschung
Welschnonnenstraße 17
53111 Bonn

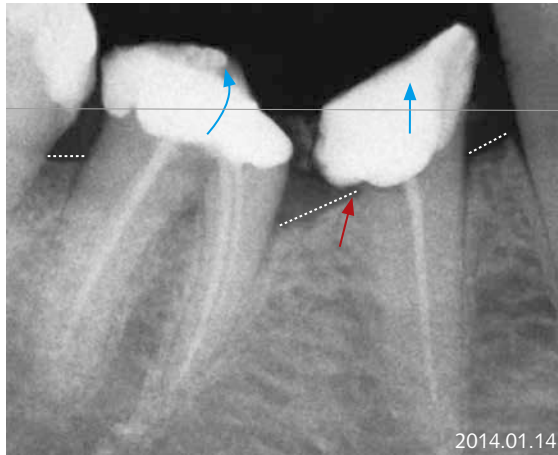
Ludger Hanfland
Dr. med. dent.
Hundemstraße 4
57368 Lennestadt

Martin Gosau
PD Dr. med. Dr. med. dent.
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie, Universitätsklinik Regensburg, Franz-Josef-Strauß-Allee 11
93053 Regensburg

Kontaktadresse:
Dr. Stefan Neumeyer
E-Mail:
praxis@dres-neumeyer.de

Manuskript
Eingang: 14.05.2014
Annahme: 28.05.2014

Abb. 1 Die Extrusion von Zähnen, mit (→) und ohne (---) suprakrestale Fibrektomie, mündet in einer unterschiedlichen Gewebeantwort: so in einem Follow-up der angrenzenden Gewebestrukturen oder in einer Bewegung des Zahnes aus der Alveole heraus. Eine selektive Anbindung führt zu einer partiellen Gewebeantwort.



beschriebenen chirurgischen Techniken sind zum Teil sehr invasiv, zeitaufwändig sowie kostenträchtig und erfordern ein großes operatives Können und viel Erfahrung. Mit zunehmender Komplexität wird nicht nur die Ergebnisvorhersage schwieriger, sondern auch die Patientenbelastung größer^{11,13–15}. Dies bedeutet, dass ein Alternativkonzept zu den chirurgischen Interventionsstrategien eine verbesserte Ergebnisvorhersage, vereinfachte Verfahrenstechnik und reduzierte Patientenbelastung gewährleisten muss.

Bei der Suche nach einem entsprechenden Verfahren wird erkennbar, dass aus der Replantation und Extrusion von Zähnen die Grundlagen für ein biologisches Konzept abgeleitet werden kann^{1,4,16–19}. Die Replantation eines Zahnes bewirkt den Erhalt und dessen nachfolgende Extrusion ein koronales Follow-up der angrenzenden Gewebestrukturen^{1,2,20–23}. Die klinische Erfahrung, dass die Art und Weise der Einbindung des supraalveolären Faserapparates bei der Extrusion zu unterschiedlichen Ergebnissen führt, weist auf ein vollkommen neues Konzept hin. Wird nämlich bei der Extrusion eines Zahnes eine suprakrestale Fibrektomie durchgeführt, so wird im Wesentlichen nur der Zahn aus der Alveole bewegt. Eine vollständige Anbindung des supraalveolären Faserapparates initiiert eine zirkuläre Gewebereaktion, während eine selektive Anbindung nur eine partielle Gewebeantwort bewirkt (Abb. 1). Klinisch betrachtet liefert dies den Hinweis auf eine besondere funktionelle Bedeutung dieser Gewebestruktur. Es legt den Schluss nahe, dass die Replantation einer Wurzelscheibe mit biologischer Breite zur Übermittlung der wesentlichsten Informationen ausreichend ist.

Aufgrund umfangreicher Fallstudien kann festgestellt werden, dass dieses Konzept viele Vorteile aufweist. So ist nicht nur der Erhalt der alveolären Strukturen gewährleistet, sondern es kann auch eine vertikale Augmentation durch die Extrusion dieses Wurzelsegmentes durchgeführt werden. Gleichzeitig ist es möglich, entzündliche apikale Prozesse direkt und ohne Schnittführungen durch die Extraktionsalveole zu eröffnen und auszuräumen. Dies ist gerade unter dem Gesichtspunkt der Ästhetik – besonders bei einer hohen Lippenlachlinie – von wesentlicher Bedeutung. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass durch die Replantation des Wurzelsegmentes die Alveole verschlossen und der gingivale Gefäßplexus erhalten wird.

■ Verfahrenstechnik

Aufgrund bisheriger Erfahrungen, die in einem Zeitraum von mehr als 8 Jahren gewonnen werden konnten, stellt sich die Verfahrenstechnik (Abb. 2) wie folgt dar:

1. Die Extraktion des Zahnes erfolgt mit Hebel und Zange. Schonende Techniken wie das Bennex®- oder Zalex®-Verfahren können zur Anwendung kommen. Periotome dürfen nicht verwendet werden. Bei tieferstörten oder frakturgefährdeten Zähnen kann zur Vereinfachung der Extraktion der Zahn davor etwas extrudiert werden. Damit wird der Zahn etwas aus der Alveole gezogen und so der Lockerungsgrad beträchtlich erhöht.
2. Der extrahierte Zahn wird in isotonischer Kochsalzlösung gelagert, um das parodontale Ligament vital zu halten.

3. Eine notwendige chirurgische Intervention im Bereich der Apikalregion erfolgt über die offene Alveole und unter Schonung der bukkalen Knochenlamelle.
4. Aus dem koronalen Anteil der Zahnwurzel wird eine Scheibe gebildet, die zirkulär von mindestens 2 mm intaktem parodontalem Ligament umgeben ist. Das Wurzelkanallumen wird mit einem lichthärtendem GIZ verschlossen.
5. Die Wurzelscheibe wird in die vollständig mit Blut gefüllte Alveole isogingival eingelegt und möglichst in der ursprünglichen Lage repositioniert. Die Wunde wird mit einer Miniplastschiene oder einem geeigneten Provisorium für 5 bis 10 Tage geschützt.
6. Während der Einheilphase muss die Wurzelscheibe frei von mechanischer Belastung sein.
7. Nach parodontaler Wiederanheftung kann die Wurzelscheibe extrudiert werden, wenn ein zusätzlicher vertikaler Gewebegewinn erreicht werden soll.
8. Die anschließende Stabilisierungsphase beträgt 6 bis 10 Wochen. Während dieser Zeit erfolgt im Rahmen der Wundheilung die Auffüllung der Alveole mit körpereigenem Knochen.
9. Extraktion des Wurzelsegmentes und Insertion eines Implantates.
10. Definitive prothetische Versorgung.
11. Konsequente prophylaktische Nachbetreuung.

Ergebnisse

Als Ergebnisse werden neben den harten Fakten, die die Qualität des Verfahrens bewerten, auch die weichen Fakten angegeben. Denn sowohl die Umsetzbarkeit unter Praxisbedingungen als auch der Schwierigkeitsgrad des Verfahrens, aber auch die Verfahrenstechnik per se haben einen maßgeblichen Einfluss auf den Einsatz in der täglichen Praxis. Die Ergebnisse stellen sich dabei wie folgt dar:

- Das vorgestellte biologische Behandlungskonzept ist einfach, klar gegliedert und problemlos in der täglichen Praxis umzusetzen.
- Bei tieferstörten und frakturgefährdeten Zähnen wird die Extraktion durch eine vorausgehende Extrusion wesentlich erleichtert. Diese Technik kann auch als Alternative zu den sehr schonenden Extraktionsverfahren, wie dem Ben-

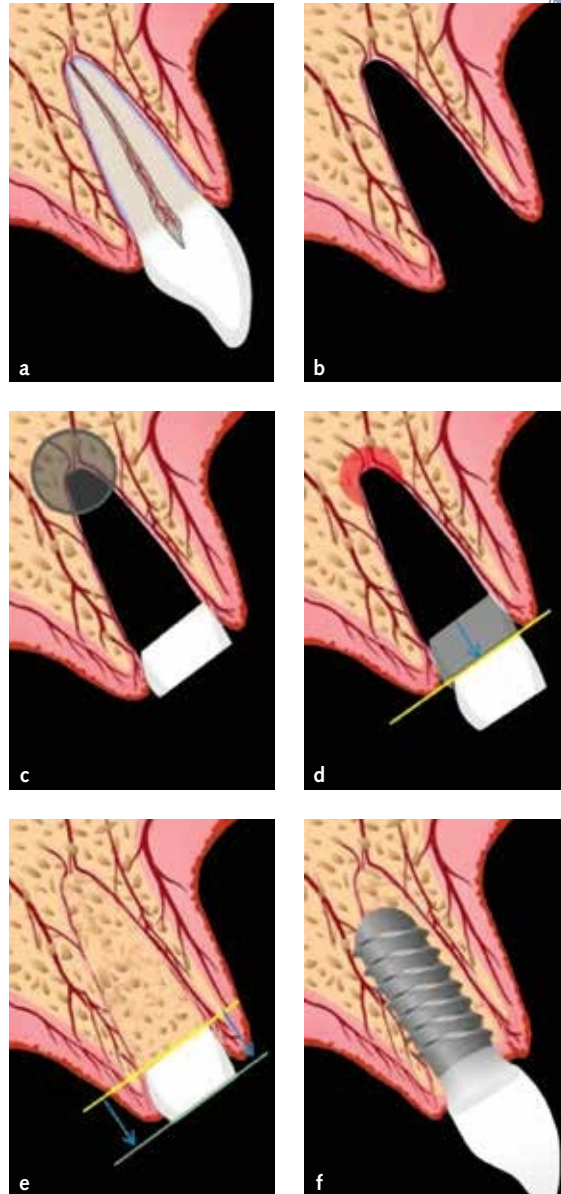


Abb. 2 Verfahrenstechnik: Extraktion – Replantation – Extrusion – Implantation: a) struktureller Ausgangsbefund, b) leere Alveole, c) apikale Revision und Replantation des Wurzelsegmentes, d) Extrusion des Segmentes für einen vertikalen Gewebegewinn, e) Ossifikation der Alveole, f) Implantatinserktion in eine verknöcherte Alveole.

nex®- oder Zalex®-System gesehen werden. Die retrograde Wurzelfüllung und die Replantatgewinnung gestalten sich ebenso einfach wie die Replantation selbst (Abb. 3). Erleichternd wirken sich dabei speziell gestaltete Pinzetten aus (Nemris, Neukirchen; Helmut Zepf, Seitingen-Oberflacht). Das Replantat wird in der Alveole durch den Druck der supraalveolären Weichgewebemanschette und das entstehende Blutkoagulum sicher stabilisiert (Abb. 4 und 5c). Nach der parodontalen Wiederanheftung kann eine Extrusion der Wurzelsegmente zum Ausgleich von alveolären Vertikaldefekten einfach und schnell durchgeführt werden. Arbeitserleichternd wirken



Abb. 3 Replantatbildung: a) extrahierter Zahn, b) Segmentbildung, c) ca. 3 mm hohe Wurzelscheibe, d) apikaler Verschluss mit GIZ.



Abb. 4 Extraktion und Replantation – Weichgewebe: a) replantiertes Wurzelsegment in Regio 41 mit sichtbarer Stützung der Weichgewebemanschette, Zusammenbruch der Weichgewebetextur in Regio 31 ohne Replantat; b) Resorption der bukkalen Knochenlamelle und inverses labiales Profil nach 5 Wochen in Regio 31, Beeinträchtigung der Regio 41.





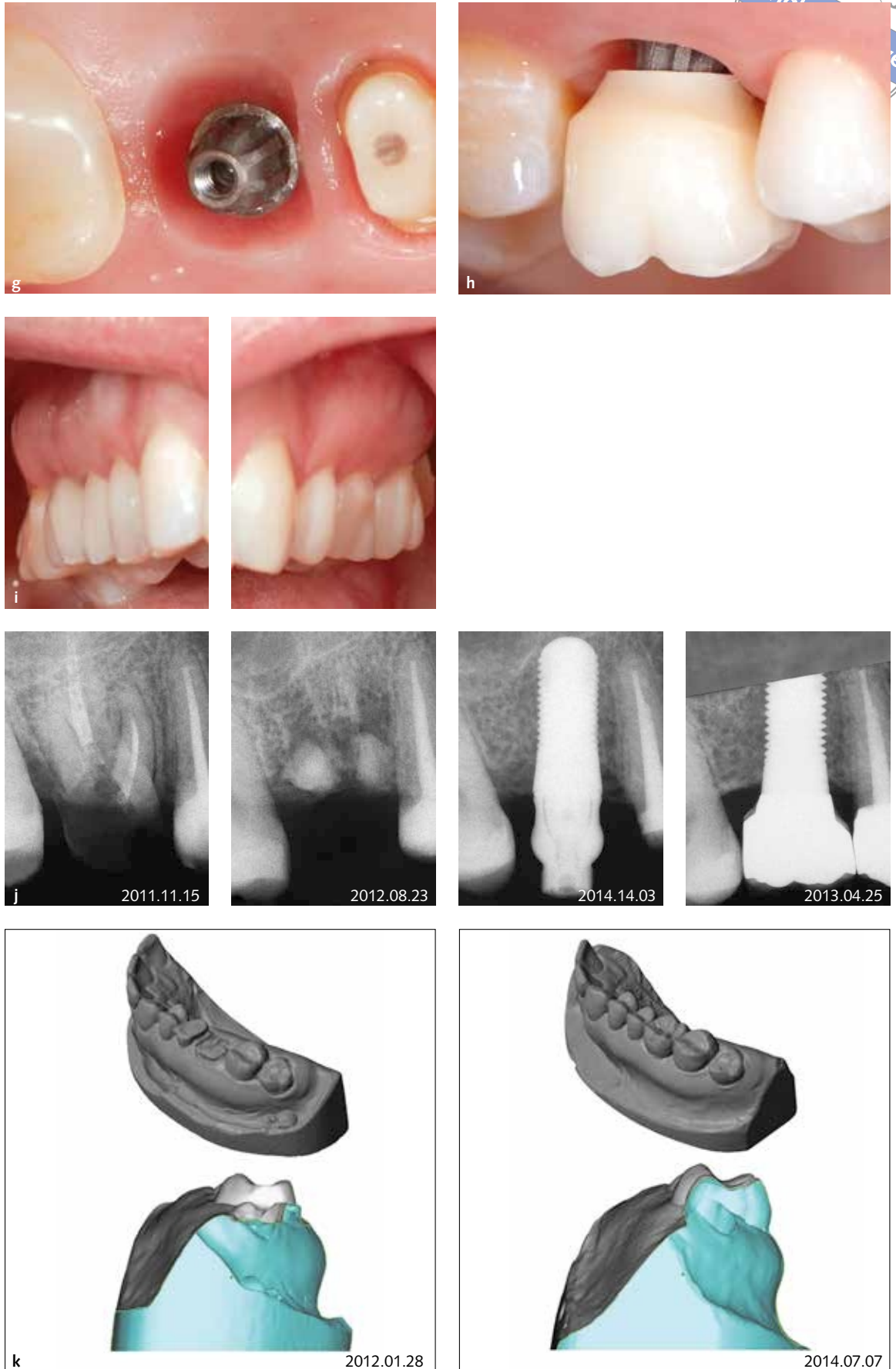
Abb. 5 Extraktion und Replantation – alveoläres Volumen: a) tiefzerstörter Zahn, b) extrahierter Zahn, c) Wurzelscheiben eingelegt, d) eingheilte Segmente, e) Implantatinsertion (Aesthura® Immediate), f) simultane Weichgewebeausformung.

sich dabei vorgefertigte Extrusionssets (Komet, Lemgo) aus.

Im Hinblick auf den Erhalt und die Regeneration alveolärer Strukturen stellen sich die Ergebnisse wie folgt dar:

- Replantierte Wurzelsegmente heilen bei zirkumferent intaktem parodontalen Ligament nahezu immer ein. Bei Formkongruenz beträgt die Einheilzeit 10 Tage und bei Forminkongruenz 30 Tage (Abb. 4, 5c und d).
- Formkongruente Wurzelsegmente unterstützen die supraalveoläre Weichgewebemanschette in ihrer natürlichen Form (s. Abb. 4).
- 3-D-Profilscans von Situationsmodellen zeigen, dass nach der Replantation von Wurzelsegmenten bei der alveolären Knochenregeneration nur ein geringes Volumendefizit entsteht (Abb. 5).
- Die Extrusion von Segmenten induziert einen vertikalen Gewinn funktionell und ästhetisch relevanter alveolärer Weich- und Hartgewebestrukturen (Abb. 6).
- Histologische Untersuchungen zeigen um die replantierten bzw. extrudierten Wurzelsegmente ein Weichgewebetegument von ca. 2 bis 3 mm Höhe auf. Die Knochendichten sind für die jeweiligen Kieferregionen typisch. Es werden Knochendichten nach Lekholm und Zarb von

Abb. 5 Extraktion und Replantation – alveoläres Volumen: g) optimal vorbereitetes periimplantäres Weichgewebe, h) formkongruent gestaltete Außenkontour der Krone, i) natürliches Erscheinungsbild im Seitenvergleich, j) Röntgenkontrolle, k) Volumenerhalt.



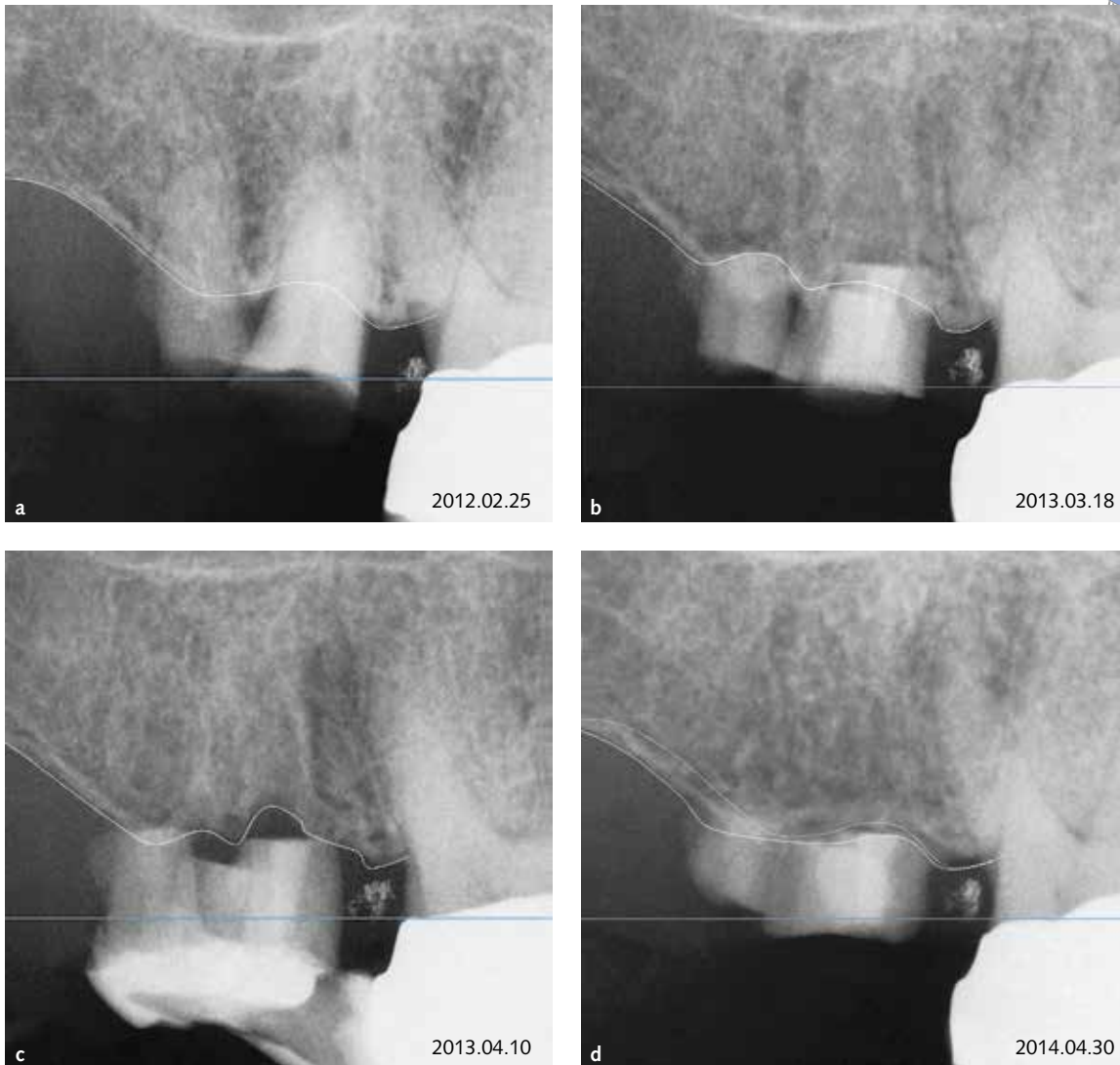


Abb. 6 Replantation und Extrusion – vertikaler Knochengewinn: a) tiefzerstörter Zahn, b) Replante in situ, c) Extrusion, d) vertikales Follow-up des alveolären Knochens.

II–IV bzw. nach Misch von D2–D4 vorgefunden (Abb. 7).

- Die Ergebnisse sind langzeitstabil oder zeigen nur sehr geringe strukturelle und volumenmäßige Veränderungen (Abb. 5k und 8).
- Die Ergebnisse sind vorhersagbar und genügen sowohl funktionellen als auch höchsten ästhetischen Ansprüchen. Sie sind denen augmentativer Techniken ebenbürtig.

■ Diskussion

Analysiert man die Verfahrenstechniken und Ergebnisse augmentativer Strategien, so ist festzustellen, dass damit vorhersagbare und stabile Ergebnisse möglich sind¹⁰. Neben den erfolgreichen Resultaten

muss aber auch konstatiert werden, dass im Hinblick auf die Langzeitstabilität noch gewisse Herausforderungen bestehen und die Techniken zum Teil sehr invasiv, zeitaufwändig und kostenträchtig sind sowie eine große Ergebnisabhängigkeit vom Können und der Erfahrung des Behandlers aufweisen. Mit Zunahme der Defektgröße wird zudem eine vollständige Defektauffüllung und Wiedergewinnung der biologischen Form und Funktion immer schwieriger^{11,13–15}. Da sich bei der Socket-Preservation eine ähnliche Problematik ergibt, sollte über einen neuen Ansatz nachgedacht werden⁷.

Dieser neue biologische Ansatz sieht in der supraalveolären Faserstruktur und dem parodontalen Ligament den Schlüssel zum Erhalt und Aufbau alveolärer Strukturen. Die Grundlage hierfür ist die Fähigkeit des parodontalen Ligaments, auf mechanische Reize

Abb. 7 Histologische Untersuchungen des alveolären Knochens nach Replantation von Wurzelsegmenten in Regio 13 und 26: a) spongiöser Knochen (D2) in Regio 13, b) spongiöser Knochen (D3/D4) in Regio 26 (siehe auch Abb. 5).

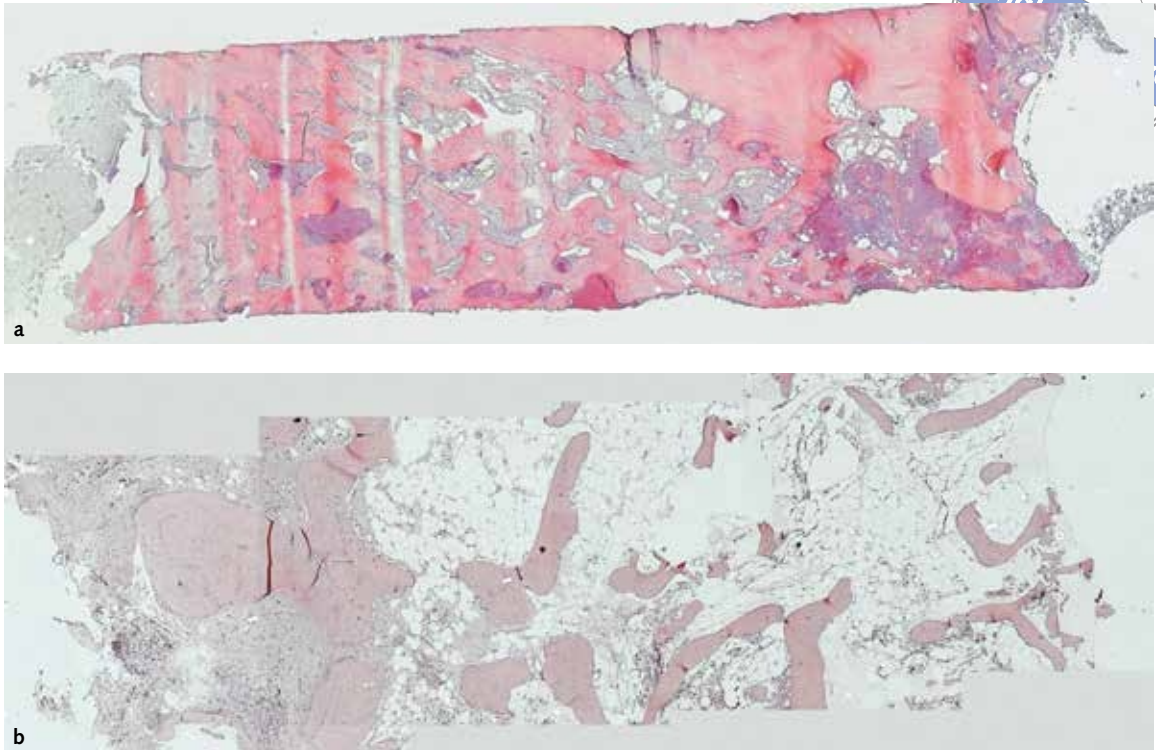
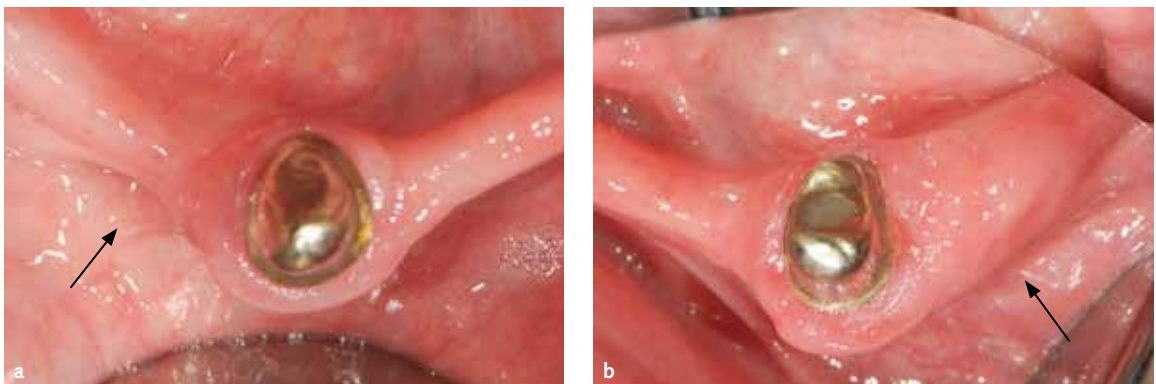


Abb. 8 Volumenerhalt bzw. alveoläre Resorption: a) Regio 44 18 Monate ohne Replantation eines Wurzelsegmentes, b) Regio 34 12 Monate nach Replantation eines Wurzelsegmentes.



mit einer differenzierten Gewebereaktion antworten zu können. Diese münden in zellulären und strukturellen Veränderungen, sodass ein räumlicher Gewebumbau entstehen kann²⁴. Dieser reaktive Zusammenhang ist für viele therapeutische Strategien von großer Bedeutung. Er bildet die Grundlage dafür, dass mithilfe von nicht erhaltungswürdigen Zähnen eine Regeneration parodontaler Knochendefekte und die Optimierung eines Implantataltagers möglich sind^{16,25–27}.

Ein sehr wichtiger struktureller und funktioneller Zusammenhang ergibt sich aus der klinischen Beobachtung des Follow-up von parodontalen und alveolären Strukturen im Zusammenhang mit der Extrusion von Zähnen, denn eine vollständige Anbindung

der supraalveolären Faserstruktur initiiert eine zirkuläre Gewebereaktion, während eine selektive Anbindung nur eine partielle Gewebeantwort bedingt. Dies macht deutlich, dass der supraalveolären Gewebestruktur eine besondere Bedeutung zukommen kann. Es macht außerdem verständlich, dass Wurzelsegmente ein ähnlich hohes Erhaltungs- und Regenerationspotenzial besitzen wie ganze Zähne^{28–30}. Die Regeneration von alveolären Strukturen lässt sich dadurch wesentlich einfacher gestalten, denn die der Extrusion eigenen Umbauvorgänge finden nur an der Oberfläche statt. In der Tiefe laufen die Regenerationsprozesse schneller ab und führen bereits nach 6 bis 10 Wochen zu einer Durchknöcherung der Alveolen bei einer nahezu vollständigen



Beibehaltung der ursprünglichen Struktur und des alveolären Volumens (s. Abb. 6). Im Hinblick auf die Qualität des so gewonnenen alveolären Knochens zeigen die histologischen Untersuchungen, dass die Knochendichten für die jeweiligen Kieferregionen typisch sind (s. Abb. 7).

Neben einer qualitativen und zeitlichen Optimierung der Gestaltung eines Implantatlagers bilden sie die Grundlage für weitere behandlungsstrategische Optionen, wie die Optimierung eines Ponticlagers oder die Beibehaltung der ursprünglichen Alveolarkammform in funktionell wichtigen Regionen. So kann trotz der notwendigen Extraktion eines Zahnes auch die Retention für einen totalen oder partiellen prothetischen Ersatz verbessert werden (s. Abb. 8).

Die Ergebnisse sind qualitativ sehr hoch, sehr vorhersagbar und langzeitstabil und lassen auch Kombinationsmöglichkeiten für bisher scheinbar konträre Verfahrenstechniken erkennen. Dies könnte dazu führen, dass vor der unumgänglichen Extraktion eines Zahnes zumindest dessen weitere Verwertung bedacht wird. Die Konsequenz wäre, dass vor den augmentativen Verfahren zuerst die Möglichkeiten der Extrusion überdacht werden. Die alveolären Strukturen bestehen nicht nur aus Knochen, sondern auch aus sehr reaktionsbereitem Weichgewebe. Damit wäre ein alveolärer Volumengewinn relativ schnell durchzuführen, sodass eine nachfolgende Augmentation mit Knochen wesentlich einfacher durchgeführt werden kann. Im Hinblick auf minimalinvasive Strategien und eine geringere Belastung der Patienten wäre dies zu überlegen.

■ Schlussfolgerungen

- Die Replantation und Extrusion von Zähnen ist ein evidenzbasiertes Verfahren und führt bei vielfältigen Indikationen zu sehr vorhersagbaren klinischen Ergebnissen.
- Die Replantation und Extrusion von Wurzelsegmenten ermöglicht den Erhalt und den vertikalen Gewinn funktionell und ästhetisch relevanter alveolärer Weich- und Hartgewebestrukturen. Dabei werden offenbar das natürliche Wundheilungspotenzial und die extrusionsinduzierte Geweberegeneration genutzt.
- Die Ergebnisse sind vorhersagbar und lassen nur ein geringes Volumendefizit erkennen.
- Die Ergebnisse genügen sowohl funktionellen als auch höchsten ästhetischen Ansprüchen und sind denen augmentativer Techniken ebenbürtig.
- Histologische Untersuchungen zeigen typische Knochendichten für die jeweilige Kieferregion.
- Das Verfahren ist einfach in der Handhabung, minimalinvasiv sowie zeit- und kostenorientiert.
- Aufgrund der Langzeitstabilität könnten neue Indikationsbereiche, wie z. B. in der Perio-, partiellen und totalen Prothetik erschlossen werden.
- Kombinationsmöglichkeiten mit bisher scheinbar konträren chirurgischen Verfahren könnten zu schonenderen, effizienteren und schnelleren Behandlungsstrategien führen.
- Weitere Untersuchungen sind notwendig, um das ganze Potenzial dieser neuen Methode zu ermitteln.

■ Literatur

1. Filippi A. Zahntransplantation. Biologischer Zahnersatz für Kinder, Jugendliche und manche Erwachsene. Berlin: Quintessenz, 2009.
2. Houston F, Sarhed G, Nyman S, Lindhe J, Karring T. Healing after root reimplantation in the monkey. *J Clin Periodontol* 1985;12:716–727.
3. Lindhe J, Karring T, Lang NP. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*: Wiley-Blackwell Publishing, 2003/2005.
4. Nasjleti CE, Caffesse RG, Castelli WA, Hoke JA. Healing after tooth reimplantation in monkeys. A radioautographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975;39:361–375.
5. Schatz JP, Dubrez B, Roehrich N. Muco-gingival and periodontal health recovery following reimplantation of teeth. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:216–220.
6. Mantzikos T, Shamus I. Forced eruption and implant site development: soft tissue response. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:596–606.
7. Salama H, Salama M. The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the management of extraction site defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993;13:312–333.
8. Spear FM, Kokich VG. A multidisciplinary approach to esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007;51:487–505, x–xi.
9. Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212–218.
10. Kleimann J. Sind Membranen bei infraalveolären Defekten im Vergleich zu Schmelzmatrixproteinen noch up-to-date? Masterthese MOP 2010.
11. Polimeni G, Xiropaidis AV, Wikesjo UM. Biology and principles of periodontal wound healing/regeneration. *Periodontol* 2000 2006;41:30–47.
12. Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler MB. Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1111–1118.

13. Morjaria KR, Wilson R, Palmer RM. Knochenheilung nach Zahnextraktion mit und ohne augmentative Maßnahmen: Ein systematischer Review anhand randomisiert kontrollierter Studien. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;8.
14. Bayerlein T, Proff P, Fanghanel J, Kauschke E, Rumpel E, Gerike W, Bienengräber V, Gedrange T. Wound management after the application of bone grafting substitutes in the orofacial region. *Folia Morphol* 2006;65:89–91.
15. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2012;23 (Suppl 5):22–38.
16. Amato F, Mirabella AD, Macca U, Tarnow DP. Implant site development by orthodontic forced extraction: a preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:411–420.
17. Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J, Thilander B, Liljenberg B. Periodontal tissue reactions to orthodontic extrusion. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 1991;18:330–336.
18. Danesh-Meyer MJ, Brice DM. Implant site development using orthodontic extrusion: a case report. *Z Dent J* 2000;96:18–22.
19. Dannan A, Darwish MA, Sawan MN. The Orthodontic Extrusion Movements and the Periodontal Tissues. *Internet Journal of Dental Science* 2009;8:1–14.
20. Kajiyama K, Murakami T, Yokota S. Gingival reactions after experimentally induced extrusion of the upper incisors in monkeys. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993;104:36–47.
21. König A, Hermann JS. Orthodontische Maßnahmen zur präimplantologischen Augmentation von Hart- und Weichgewebe. *Z Zahnärztl Impl* 2007;23:208–214.
22. Korayem M, Flores-Mir C, Nassar U, Olfert K. Implant site development by orthodontic extrusion. *Angle Orthod* 2008;78:752–760.
23. Oppenheim A. Artificial Elongation of Teeth. *Am J Orthod* 1940;26:931–940.
24. Salama H, Salama M, Kelly J. The orthodontic-periodontal connection in implant site development. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8:923–932.
25. Maiorana C, Speroni S, Herford AS, Cicciu M. Schonende Zahnentfernung zur Verbesserung der parodontalen Hart- und Weichgewebssituation vor Implantatinsertion im ästhetisch sichtbaren Bereich mittels schrittweiser kieferorthopädischer Extrusion. *Opden dent J* 2012;6:137–142.
26. Malmgren O, Malmgren B, Frykholm A. Rapid orthodontic extrusion of crown root and cervical root fractured teeth. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:49–54.
27. Zachrisson BU. Orthodontic tooth movement to regenerate new alveolar tissue and bone for improved single aesthetics. Abstract University of Oslo, Norway.
28. Hopmann S, Neumeyer S, Hannker C, Stelzel M, Thein T, Lampson C. Biologische Aspekte – Eine implantatprothetische Versorgung nach traumainduziertem Frontzahnverlust. *Teamwork* 2013;16:54–65.
29. Neumeyer S, Hopmann S, Stelzel M. Ein neues biologisches Konzept zur Implantatoptimierung. *Z Zahnärztl Implantol* 2013;29:139–146.
30. Neumeyer S, Wachtel H. Die Replantation und orthodontische Extrusion hoch resezierter Zähne. *Quintessenz* 2009;60:1141–1149.

A biologic treatment concept for the extraction alveoli: Replantation and extrusion of root segments

KEYWORDS *biologic tissue management, replantation, extrusion, preservation, regeneration, aesthetics, minimally invasive treatments*

For pleasing and long-lasting implant prosthetics, quality and volume of the implant bed are of utmost importance. Therefore, numerous strategies for preservation of the alveoli and a sufficient defect restoration were developed in order to avoid and correct tissue losses caused by extraction, especially resorption. An analysis of the reactive processes that can be seen at replantation and extrusion of teeth clearly shows that the basics for an alternative, biologic concept can be deduced from the structural and functional relations. As a result, the replantation of a tooth can ensure an almost complete preservation of the adjacent tissue structures by functionally reconnecting them. The extrusion of a tooth induces a coronal „follow-up“ of the periodontal and alveolar tissue structures. The extent of the vertical tissue regeneration can be guided by the functional connection. The suprabony fibre apparatus seems to be of special significance for this. Because extensive case studies show that isogingivally replanted root segments have nearly the same preservation and regeneration potentials as whole teeth, a biologic tissue management based on this presents many advantages. These range from a minimally invasive surgical intervention to extensive volume and structural preservation and less stress for the patient.