

# Überbrückende Maßnahmen bei verunfallten Zähnen mit infauster Prognose

Gabriel Krastl, Ralf Krug, Dirk Nolte



## Indizes

Zahntrauma, Dekoronation, Resorption, Ankylose, Adhäsivbrücke, Extrusion, Zahntransplantation

## Zusammenfassung

Bei Kindern und Jugendlichen mit nicht erhaltungswürdigen Zähnen stehen viele im Erwachsenenalter geeignete Therapieoptionen nicht unmittelbar zur Verfügung. Daher ist es in solchen Situationen entscheidend, die Zeit bis zu einer definitiven Versorgung so zu überbrücken, dass knöcherne und Weichgewebestrukturen weitgehend erhalten werden und idealerweise die spätere Versorgung schon vorbereitet wird. Die überbrückenden Maßnahmen schließen Extrusionen bei tiefen Frakturen, Dekoronationen bei ankylosierten Zähnen und restaurative Versorgungen mit Adhäsivbrücken sowie Zahntransplantation bei Zahnverlust mit ein.

Manuskriptingang: 19.12.2021, Annahme: 06.01.2022

## Einleitung

Mit dem enossalen Implantat steht heutzutage eine gute Möglichkeit zur Verfügung, um nicht erhaltungswürdige Zähne bzw. Zähne mit infauster Prognose zu ersetzen. Allerdings können Implantate nicht in jeder klinischen Situation und nicht in jeder Altersgruppe zum Einsatz kommen<sup>2,26,32</sup>. Während üblicherweise mit dem 18. Lebensjahr das Ende des skelettalen Wachstums angenommen und ein Implantat auch im anterioren Oberkiefergebiet empfohlen wird, zeigen Studien, dass das Kieferwachstum noch wesentlich länger andauert<sup>8</sup>. Selbst bei jungen Erwachsenen zwischen dem 18. und dem 31. Lebensjahr ist mit einer durchschnittlichen Infraokklusion der Implantatkrone von 1,7 mm (Maximum: 6 mm) zu rechnen<sup>24</sup>. Auch Studien aus dem kieferorthopädischen Fachbereich zeigen, dass wachstumsbedingte Veränderungen des Gesichtsschädels bis ins mittlere Erwachsenenalter zu erwarten sind<sup>19</sup>. Die Überlegung, die auftretende Infraokklusion bei der Implantatversorgung bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen therapeutisch zu antizipieren, wurde klinisch

verfolgt<sup>25</sup>, jedoch existieren dazu noch keine validen klinischen Studien, die eine Implantation bei Patienten im Wachstumsalter rechtfertigen.

Vor diesem Hintergrund erscheint es nach derzeitigem Wissensstand ratsam, den Zeitpunkt für eine Implantatversorgung hinauszuzögern, sofern adäquate überbrückende Maßnahmen zur Verfügung stehen. Diese sollten immer so gewählt werden, dass kein negativer Einfluss während der Überbrückungsphase zu erwarten ist und idealerweise die Situation für die definitive Versorgung günstig beeinflusst wird.

## Überbrückende Maßnahmen bei tiefen, nicht restaurierbaren Frakturen

Bei tief verlaufenden Kronen-Wurzel-Frakturen oder Wurzelfrakturen mit Kommunikation zur Mundhöhle sind die Möglichkeiten des Zahnerhalts üblicherweise stark limitiert. Mit der kieferorthopädischen Extrusion<sup>21</sup> und der chirurgischen Extrusion<sup>20</sup> stehen hierfür zwei zahnerhaltende Therapiemöglichkeiten zur Verfügung.

Eine typische Indikation für die chirurgische Extrusion (synonyme Bezeichnung: intraalveoläre Transplantation) besteht bei palatinal oft tief verlaufenden Kronen-Wurzel-Frakturen<sup>11</sup>. Zunächst wird das koronale Bruchstück entfernt. Die verbleibende tief frakturierte Zahnwurzel wird anschließend gewebeschonend in Lokalanästhesie extrahiert und in Supraposition wieder eingesetzt. Die Supraposition sollte so gewählt werden, dass sich nun der gesamte Frakturspalt extraalveolär und möglichst auch supragingival befindet. Aufgrund des bis zu 2 mm vorhandenen Niveau-Unterschieds im Gingivaverlauf (bukkal vs. palatinal) kann durch die Rotation der Zahnwurzel eine deutlich geringere Supraposition erreicht werden. Damit wird die verbleibende Wurzellänge begünstigt und das Austrittsprofil für die spätere Rekonstruktion verbessert<sup>14</sup>. Nach einer Schienungsdauer, die je nach gewählter Supraposition und korrespondierender Primärstabilität zwischen 2 und 8 Wochen betragen kann, wird der Zahn definitiv restauriert. Eine Wurzelkanalbehandlung ist bei chirurgischer Extrusion immer erforderlich und sollte vorzugsweise innerhalb von 1 bis 2 Wochen nach der Replantation begonnen werden, um infektionsbedingte Wurzelresorptionen zu vermeiden.

Bei korrekter Durchführung und anschließender restaurativer Versorgung bietet die chirurgische Extrusion eine gute Möglichkeit, um solche Zähne langfristig zu erhalten. Limitationen für einen langfristigen Zahnerhalt bestehen bei Zähnen, die nach Extrusion einen nur noch sehr kurzen Wurzelanteil besitzen. Dies kann bei tiefen Frakturen von Zähnen mit unvollständigem Wachstum gegeben sein.

In solchen Fällen ist ein langfristiger Zahnerhalt unter Umständen nicht realistisch. Als überbrückende Maßnahme leistet diese Maßnahme aber hervorragende Dienste. Kommt es wie erwartet nach Extrusion zu einer parodontalen Heilung, besteht keine Wachstumsstörung der betroffenen Region und der Alveolarknochen kann sich normal entwickeln<sup>12</sup>. Bei sehr kurzer Wurzel und dadurch erhöhtem Lockerungsgrad kann eine Dauerschienung mithilfe eines palatinalen Retainers sinnvoll sein.

## Überbrückende Maßnahmen bei infektionsbedingten Resorptionen

Infektionsbedingte Resorptionen treten typischerweise nach schweren Dislokationsverletzungen wie Intrusionen und Avulsionen infolge einer unterlassenen Wurzelkanalbehandlung auf. Der Prozess wird mit zunehmender Schä-

digung des Wurzelzements und einsetzender bakterieller Besiedlung des Endodonts ausgelöst. Die schnelle Progression führt bei Kindern häufig zu einer schnellen Resorption der Wurzel innerhalb von Monaten. Bei Zähnen, die bereits stark ausgeprägte Resorptionen aufweisen, ist die Prognose deutlich eingeschränkt. Auch wenn ein langfristiger Zahnerhalt nicht realistisch erscheint, ist bei jungen Patienten ein zumindest temporärer Erhalt anzustreben. Aus therapeutischer Sicht steht die sofortige Wurzelkanalauflbereitung mit Elimination der Infektion im Endodont im Mittelpunkt<sup>13</sup>. In günstigen Fällen kann es im Zuge der Ausheilung zu einer parodontalen Heilung kommen. Meistens gehen erfolgreich therapierte infektionsbedingte Resorptionen nichtsdestotrotz in eine Ersatzgeweberesorption (Ankylose) über. In diesen Fällen greifen die unten skizzierten Therapieansätze für ankylosierte Zähne.

## Überbrückende Maßnahmen bei ankylosierten Zähnen

Bei posttraumatisch ankylosierten Zähnen führt die fortschreitende Ersatzresorption unausweichlich zu einem sukzessiven Ersatz der Wurzel durch Knochen. Bei Patienten im Wachstum ist damit immer eine Wachstumshemmung des benachbarten Alveolarknochens verbunden, was ein nicht zu vernachlässigendes Problem darstellt. Dennoch ist eine sofortige Entfernung ankylosierter Zähne nicht immer zu empfehlen.

### Temporäres Belassen des ankylosierten Zahns

Das Belassen eines ankylosierten Zahns vor Abschluss des Kieferwachstums ist nur vertretbar, wenn keine sinnvollere Option zur Verfügung steht, der pubertäre Wachstumsspur weitgehend abgeschlossen ist und kein nennenswertes Wachstum mit zunehmender Infraposition mehr zu erwarten ist<sup>15</sup>. Die Zunahme einer Infraposition ist mit dem noch ausstehenden Körperwachstum korreliert, wobei pro 10 cm Körperwachstum weitere 1 bis 1,5 mm Infraposition zu erwarten sind<sup>4</sup>. Bei der Beurteilung des weiteren Verlaufs kann die Formel nach Westphal hilfreich sein. Hierbei wird zunächst das arithmetische Mittel der Körpergrößen von Vater und Mutter gebildet, das die geschlechtsneutrale Zielgröße des Kindes ergibt. Von diesem Wert werden bei Jungen 6,5 cm addiert und bei Mädchen subtrahiert<sup>31</sup>. Ein auf die Formel nach Westphal basierender Ankyloserechner findet sich in der AcciDent App<sup>30</sup>. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass diese Berechnung den weiteren Verlauf nur

grob abschätzen kann, da andere individuelle Faktoren wie die Wachstumsrichtung der Kiefer ebenfalls relevant sind<sup>16</sup>. Entscheidet man sich nach Berücksichtigung aller Einflussfaktoren für ein temporäres Belassen des ankylosierten Zahns, können kleine ästhetische Korrekturen zur Verlängerung der Zahnkrone problemlos mit Komposit durchgeführt werden. Regelmäßige klinische und radiologische Kontrollen sind notwendig, um zu beurteilen, ob sich die Situation erwartungsgemäß entwickelt oder der weitere Zahnerhalt durch pathologische Prozesse wie z. B. zervikale Resorptionen limitiert ist.

## Dekoronation

Bei jungen Patienten ist ein Erhalt ankylosierter Zähne selten sinnvoll, da die damit verbundenen Nachteile durch die Wachstumshemmung des Alveolarknochens zu gravierend sind. Eine chirurgische Entfernung der ankylosierten Zahnwurzel kann allerdings zu einem erheblichen Knochenverlust insbesondere im Bereich der dünnen bukkalen Knochenwand führen und ist daher für weit fortgeschrittene Gewebersatzresorptionen meistens nicht zu empfehlen.

Gute Voraussetzungen für den Erhalt und ggf. die Wiederherstellung normaler alveolärer Verhältnisse bietet die Dekoronation (Abb. 1a bis j). Hierbei wird die klinische Krone nach Bildung eines Mukoperiostlappens bis knapp unterhalb des knöchernen Alveolenrands entfernt, während die ankylosierte und weiter resorbierende Wurzel als Matrix für die Knochenneubildung erhalten wird. Sowohl dem Behandler als auch dem Patienten kann so eine aufwendige Osteotomie des Zahns erspart werden.

Eine vorhandene Wurzelkanalfüllung muss ebenfalls vollständig entfernt werden, wobei ein höherer Substanzverlust an den Wurzelkanalwänden unproblematisch ist. Dennoch kann es schwierig sein, sämtliche Reste der Wurzelkanalfüllung zu entfernen. Dies gilt insbesondere für apikale Mineral Trioxid Aggregat (MTA)-Plugs. Bei Zahnverletzungen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Ankylose führen und bei denen die Dekoronation als geeignete Therapieform erscheint, kann es daher ratsam sein, keine definitive Wurzelkanalfüllung, sondern eine Langzeiteinlage aus Calciumhydroxid einzubringen.

Nach erfolgter Dekoronation sollte das Ergebnis radiologisch überprüft werden. Der Mukoperiostlappen wird reponiert und durch mehrere Nähte fixiert. Eine plastische Papillenadaptation mesial und distal durch aufstellende Rückstichnähte ist ausreichend, da die Anfrischung von

Dentin und krestalem Knochen eine sehr gute sekundäre Heilung und Epithelialisierung mit sich bringt. Eine sofortige Versorgung der Zahnücke kann entweder durch eine vorbereitete Tiefziehschiene oder Drahtklammerprothese mit Ersatzzahn oder durch Ankleben der natürlichen Zahnkrone an einem Nachbarzahn erfolgen. Herausnehmbare Apparaturen haben den Vorteil, dass der Ersatzzahn in der Region der durchgeführten Dekoronation problemlos regelmäßig unterfüttert und angepasst werden kann, um das Weichgewebe entsprechend zu formen. Für eine mittelfristige Versorgung der Lücke nach Dekoronation eignet sich die einflügelige Adhäsivbrücke (s. unten).

Im weiteren Verlauf kommt es zur Apposition einer dünnen, von Periost bedeckten Knochenschicht über der zu resorbierenden Wurzel. Die fortschreitende Eruption der benachbarten Zähne induziert die Knochenanlagerung durch Zug der Fasern am Periost. Dadurch wird das Volumen des marginalen Alveolarkamms erhalten und idealerweise auch verbessert, was günstige Bedingungen für eine zukünftige implantatprothetische Lösung schafft.

Das ideale Alter für die Durchführung der Dekoronation ist für Mädchen das 13. Lebensjahr und für Jungen das 14. bis 15. Lebensjahr<sup>17</sup>. Die Maßnahme kann allerdings auch zu einem früheren Zeitpunkt durchgeführt werden (ab ca. 11. Lebensjahr). Nach Ende des pubertären Wachstums spurts (ca. 16. Lebensjahr) hat eine Dekoronation keinen günstigen Einfluss mehr auf das Kieferwachstum.

## Überbrückende Maßnahmen bei Zahnverlust

Bei nicht erhaltungsfähigen Zähnen oder auch nach einer Dekoronation mit temporärem Erhalt der Zahnwurzel ist eine restaurative Versorgung der Lücke notwendig. Die Wahl der überbrückenden Maßnahmen bis zu einer definitiven Lösung nach Zahnverlust richtet sich primär nach dem Alter und dem zu überbrückenden Zeitraum.

### Herausnehmbare Apparaturen

Die Versorgung einer Frontzahnücke mit herausnehmbaren Apparaturen (Klammerprothese, Tiefziehschiene mit Zahn) ist prinzipiell möglich, aber aufgrund des mangelnden Patientenkomforts kaum als längerfristige überbrückende Maßnahme geeignet. Zudem ist zu berücksichtigen, dass gerade im Wechselgebiss häufige Korrekturen oder Neuanfertigungen notwendig werden. Ein Vorteil heraus-



**Abb. 1a bis j** 14-jähriger Patient mit Ankylose in Regio 21 infolge einer Avulsion vor 2 Jahren (a). Röntgenbild in Regio 21 mit deutlicher Ersatzgeweberesorption (b). Dekoronation von Zahn 21 mit Entfernung der Wurzelkanalfüllung (c). Tiefziehschiene zur sofortigen Versorgung nach Dekoronation (d). Klinische Situation 1 Woche post operationem vor Nahtentfernung (e). Klinische Situation 4 Monate post operationem (f). Inzisale Ansicht: gute Breite des Alveolarkamms in Regio 21 (g). Adhäsivbrücke vor Eingliederung (h). Eingesetzte Adhäsivbrücke (i). Radiologische Kontrolle post operationem: Adhäsivbrücke in situ, gute Höhe des Alveolarkamms (j).



**Abb. 2a bis e** Traumabedingter Zahnverlust in Regio 21 (a). Temporäre Versorgung mit angeklebter natürlicher Zahnkrone (b). Ansicht von palatinal (c). Radiologische Darstellung der Situation in Regio 21 (d). Klinische Situation nach 2 Jahren: deutlicher Abbau des Kieferkamms in Regio 21 (e).

nehmbarer Versorgung ist, dass diese auch bei deutlich lückiger Frontzahnregion noch eine akzeptable ästhetische Versorgung bieten können. Wenn andere Optionen ausscheiden, sind daher herausnehmbare Apparaturen eine verlässliche Möglichkeit, um kurzfristig eine akzeptable Lückenversorgung zu ermöglichen. Zweifellos werden die herausnehmbaren Apparaturen von Patienten und Eltern nur ungern angenommen.

### Indirekte Adhäsivbrücken

Vollkeramische Adhäsivbrücken bieten eine minimalinvasive Behandlungsmöglichkeit zum Ersatz von Frontzähnen und weisen eine hervorragende klinische Langlebigkeit von über 95 % nach 15 Jahren auf, insbesondere wenn ein einflügeliges Design gewählt wird<sup>9</sup>. Daher sind sie bei korrekter Indikation und Durchführung nicht nur als überbrückende Maßnahme, sondern durchaus auch als definitive Versorgung anzusehen. Für Details zur Indikation und klinischer Versorgung mit vollkeramischen Adhäsivbrücken wird auf das Lehrbuch von Kern<sup>10</sup> verwiesen.

Deutlich ungünstiger sind die Langzeitdaten für indirekte Adhäsivbrücken aus Komposit. Mit einer Überlebensrate von 64 % nach 5 Jahren<sup>29</sup> eignen sie sich dennoch als überbrückende Maßnahme für einige Jahre<sup>6</sup>. Bei vergleichbarem Aufwand und ungünstigerer Prognose ist die Indikation für indirekte Kompositbrücken allerdings fraglich.

### Direkte Adhäsivbrücke (Kompositanhänger)

Die Versorgung von Frontzahnlücken mit direkten, meist glasfaserverstärkten Adhäsivbrücken aus Komposit ist ebenfalls möglich. Die direkte Herstellung im Mund ist aufwendig und erfordert ein nicht unerhebliches Maß an Geschick des Behandlers. Die Langzeitdaten sind vergleichbar mit indirekten Adhäsivbrücken aus Komposit. Ebenfalls werden vergleichbare Misserfolgsursachen wie Abplatzungen des Verblendkomposits vom Glasfasergerüst und (partielle oder vollständige) Frakturen im Verbindungsbereich zum Nachbarzahn angegeben<sup>6</sup>.



**Abb. 3a bis c** Situation nach Milcheckzahntransplantation in Regio 21 bei einer 8-jährigen Patientin (a). Zahnumformung mit Komposit (b). Klinische Situation nach 3 Monaten (c).

Um die Degradation des Verbunds zwischen Glasfaser und Komposit als Misserfolgsursache auszuschließen, wurde die Herstellung von Kompositanhängern ohne verstärkendes Material als interessante Alternative empfohlen. Anstatt einer Verstärkung durch ein zusätzliches Material setzt diese Technik auf ausreichende Volumina und Schichtstärken aus Komposit, um Frakturen zu vermeiden<sup>22</sup>.

### Ankleben der natürlichen Zahnkrone am Nachbarzahn

Eine weitere Option zur restaurativen Versorgung besteht im Ankleben der Zahnkrone an die Nachbardentition (Abb. 2a bis e). Wie bei den Adhäsivbrücken sollte der Zahn nur an einem Nachbarzahn geklebt werden, um Torsionsbelastungen zu vermeiden und das Wachstum durch die Verblockung nicht negativ zu beeinflussen.

Diese Möglichkeit bietet sich z. B. nach Dekoronation an, da die vom Wurzelanteil abgetrennte Krone ohnehin keine weitere Verwendung mehr findet. Basal sollte die anzuklebende Zahnkrone mit Komposit im Sinne eines ovalen

Pontic-Designs („ovate pontic design“) im Querschnitt eiförmig gestaltet werden. Dies ermöglicht eine positive Beeinflussung des Heilungsverlaufs der Alveole nach Zahnextraktion durch eine funktionell und ästhetisch günstigere Unterstützung des Weichgewebes für eine spätere (implantat-)prothetische Versorgung<sup>3</sup>. Bis auf Fallberichte existieren keine klinischen Daten zu dieser Versorgungsoption. Diese Maßnahme bietet sich unter anderem bei der implantologischen Versorgung des Frontzahnbereichs durch Sofortimplantation an. Wie bei der Lückenversorgung mit Kompositanhänger ist darauf zu achten, eine in bukkoraler Richtung ausreichende Schichtstärke aus Komposit aufzubauen<sup>22</sup>, um Frakturen im Bereich des Verbinders vorzubeugen.

### Zahntransplantation

Die Transplantation eines Milcheckzahns mit anschließender ästhetischer Rekonstruktion (Abb. 3a bis c) stellt eine ausgezeichnete biologische Möglichkeit dar, einen verloren gegangenen Frontzahn bereits im frühen Kindesalter (ab

dem 7. Lebensjahr) zu ersetzen, da in diesem Zeitfenster die bleibenden Prämolaren noch zu unreif sind und daher noch nicht für eine Transplantation infrage kommen. Es konnte gezeigt werden, dass das umliegende Hart- und Weichgewebe durch natürliche Resorption der Milchzahnwurzel zuverlässig erhalten und der Fortschritt des Kieferwachstums gewährleistet werden kann<sup>7,28</sup>. Bei korrekter Indikation und Durchführung ist die Erfolgssicherheit dieser temporären Überbrückungsmaßnahme hoch<sup>7</sup>. Ziel dieser Maßnahme ist es, Wachstum, Ästhetik und Funktion des betroffenen Kieferabschnitts bis ins späte Wechselgebiss (10. bis 12. Lebensjahr) zu befördern, bis eine bessere langfristige Therapieoption zur Verfügung steht, z. B. die Prämolarentransplantation<sup>1,5,20</sup> oder der kieferorthopädische Lückenschluss<sup>23</sup>. Die chronologische Abfolge von Milchzahntransplantation gefolgt von dem langfristig angedachten Versorgungskonzept der Prämolarentransplantation wird als Zwei-Phasen-Transplantationskonzept bezeichnet<sup>18,27</sup>. Was die Umformung des Milchzahn zu einem Frontzahn betrifft, wird man sich aufgrund des temporären

Charakters der Maßnahme auf direkte Kompositversorgungen beschränken.

## Allgemeine Anmerkungen zu überbrückenden Maßnahmen bei Patienten im Wachstum

Die in diesem Beitrag beschriebenen überbrückenden Maßnahmen haben das Potenzial, eine temporäre funktionelle und – soweit möglich – auch ästhetische Versorgung der kleinen Patienten sicherzustellen. Teilweise handelt es sich um Kompromisstherapien, die in Ermangelung anderer Therapiealternativen gewählt werden. Eine Nutzen-Risiko-Abwägung ist daher immer erforderlich. Aufgrund des teils kompromissbehafteten Charakters der Maßnahmen sind engmaschige klinische und bei Bedarf auch radiologische Kontrollen erforderlich, um rechtzeitig Komplikationen festzustellen, die sich in Hinblick auf die nachfolgende Therapie nachteilig auswirken könnten.

## Literatur

- Akhlef Y, Schwartz O, Andreasen JO, Jensen SS. Autotransplantation of teeth to the anterior maxilla: A systematic review of survival and success, aesthetic presentation and patient-reported outcome. *Dent Traumatol* 2018;34:20–27.
- Bohner L, Hanisch M, Kleinheinz J, Jung S. Dental implants in growing patients: A systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2019;57:397–406.
- Dieterich H. Temporäre Restaurationen als Schlüsselement zur Erarbeitung der Ästhetik. *Quintessenz* 2011;62(6):759–767.
- Ebeleseder K. Kieferorthopädisch relevante Aspekte des Zahntraumas. *Inf Orthod Kieferorthop* 2009;41:3–11.
- Filippi A. Zahntransplantation. *Quintessenz* 2008;59:497–504.
- Frese C, Schiller P, Staehle HJ, Wolff D. Fiber-reinforced composite fixed dental prostheses in the anterior area: A 4.5-year follow-up. *J Prosthet Dent* 2014;112:143–149.
- Hoss F, El-Mahdy K, Linsenmann R, Franz CW, Nolte D. Primary tooth autotransplantation: Update and retrospective clinical study. *Acta Odontol Scand* 2021;79:582–592.
- Jemt T, Ahlberg G, Henriksson K, Bondevik O. Tooth movements adjacent to single-implant restorations after more than 15 years of follow-up. *Int J Prosthodont* 2007;20:626–632.
- Kern M. Fifteen-year survival of anterior all-ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses. *J Dent* 2017;56:133–135.
- Kern M. Adhäsivbrücken. Minimal-invasiv – ästhetisch – bewährt. Berlin: Quintessenz, 2. Aufl. 2018.
- Krastl G, Filippi A, Weiger R. Frontzahntrauma: Zahnhartsubstanzverletzungen. *Zahnmedizin up2date* 2008;2:519–537.
- Krastl G, Weiger R, Filippi A. Grenzfälle der Zahnerhaltung. Intra-alveoläre Transplantation und intentionelle Replantation im Frontzahngebiet. *Zahnmedizin up2date* 2015;9:15–30.
- Krastl G, Weiger R, Filippi A et al. European Society of Endodontology position statement: Endodontic management of traumatized permanent teeth. *Int Endod J* 2021;54:1473–1481.
- Krug R, Krastl G. Therapieoptionen nach Kronen-Wurzel-Fraktur. *Quintessenz* 2019;70(9):1032–1039.
- Krug R, Kremer K, Krastl G. Long-term retention of avulsed maxillary permanent incisors replanted after prolonged non-physiological storage. *Dent Traumatol* 2019;35(2):147–152.
- Malmgren B, Malmgren O. Rate of infraposition of reimplanted ankylosed incisors related to age and growth in children and adolescents. *Dent Traumatol* 2002;18:28–36.
- Malmgren B, Tsilingaridis G, Malmgren O. Long-term follow up of 103 ankylosed permanent incisors surgically treated with decoronation – A retrospective cohort study. *Dent Traumatol* 2015;31:184–189.
- Nolte D, Tschammler C, Henzler M, Linsenmann R, Angermair J. Two-phase transplantation (TPTX) concept: A new approach for instant rehabilitation of young children after avulsion of central incisor. *Open J Stomatol* 2017;7:136–146.

19. Pecora NG, Baccetti T, McNamara JA Jr. The aging craniofacial complex: A longitudinal cephalometric study from late adolescence to late adulthood. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:496–505.
20. Plotino G, Abella Sans F, Duggal MS et al. European Society of Endodontology position statement: Surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation. *Int Endod J* 2021;54:655–659.
21. Reichardt E, Krug R, Bornstein MM et al. Orthodontic forced eruption of permanent anterior teeth with subgingival fractures: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:12580.
22. Staehle HJ. Versorgung von Einzelzahn­lücken mit direkten metall-, keramik- und glasfaserfreien Kompositrestaurationen. Teil 2: Zahnanhänger bei Schall­lücken (Kategorie II). *Quintessenz* 2019;70(11):1268–1282.
23. Stenvik A, Zachrisson BU. Orthodontic closure and transplanta­tion in the treatment of missing anterior teeth. An overview. *Endod Dent Traumatol* 1993;9:45–52.
24. Terheyden H. Implantatversorgungen bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen. *Implantologie* 2018;26:115–122.
25. Tetsch J. Prospektive Implantatversorgung nach traumatischem Frontzahnverlust beim wachsenden Patienten mit dem 5-D-Konzept. *Quintessenz* 2018;69(7): 758–768.
26. Thilander B. Orthodontic space closure versus implant placement in subjects with missing teeth. *J Oral Rehabil* 2008;35(Suppl 1):64–71.
27. Tschammler C, Angermair J, Grüner F, Nolte D. Milcheckzahntransplantation: Eine neue Technik zur Rehabilitation des traumatischen Zahnverlustes im Kindes- und Jugendalter. *Kieferorthopädie* 2015(4);29:395–401.
28. Tschammler C, Angermair J, Heiligen­setzer M et al. Primary canine auto-transplantation: A new surgical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2015;119:158–169.
29. van Heumen CC, van Dijken JW, Tanner J et al. Five-year survival of 3-unit fiber-reinforced composite fixed partial dentures in the anterior area. *Dent Mater* 2009;25:820–827.
30. Weiger R, Krastl G, Filippi A, Lienert N. *AcciDent 3.0* (App for iOS and Android), 2019.
31. Westphal O. Normal growth and growth disorders in children. *Acta Odontol Scand* 1995;53:174–178.
32. Zitzmann NU, Krastl G, Hecker H, Walter C, Weiger R. Endodontics or implants? A review of decisive criteria and guidelines for single tooth restorations and full arch reconstructions. *Int Endod J* 2009;42:757–774.



### Gabriel Krastl

Prof. Dr. med. dent.  
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit  
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie/  
Zahnunfallzentrum  
Pleicherwall 2  
97070 Würzburg

**Gabriel Krastl**

### Ralf Krug

Dr. med. dent.  
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit  
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie/  
Zahnunfallzentrum Würzburg

### Dirk Nolte

Prof. Dr. Dr. med.  
Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische  
Gesichtschirurgie München-Großhadern

### Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Gabriel Krastl, E-Mail: Krastl\_G@ukw.de