

Zahnmedizin *up2date*

1 · 2019

Prothetik 9

Der Stift im Wurzelkanal – differenzialtherapeutische Überlegungen

*Ralf Krug
Gabriel Krastl*

DOI: 10.1055/a-0826-8328

Zahnmedizin up2date 2019; 13 (1): 79–98

ISSN 1865-0457

© 2019 Georg Thieme Verlag KG

Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

CAD/CAM-gefertigte Einzelzahnrestaurationen: Empfehlungen zur Materialauswahl S. Rinke, I. Davarpanah, H. Ziebolz
Heft 1/2018

Die dentolabiale Ästhetik S. Mansour, P. Pospiech Heft 5/2017

Magnetattachments im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich
F. Blankenstein Heft 4/2017

Vertikalrelation K.-H. Utz Heft 5/2016

Abformung – konventionell versus digital D. Zügel, R. Luthardt,
M. Graf, H. Rudolph Heft 4/2016

Präparation zur Aufnahme von Vollkronen A. Podhorsky,
B. Wöstmann Heft 2/2016

Remontage von Totalprothesen E. König, T. de Sousa,
H.-C. Lauer Heft 1/2016

Teilkronen B. Ohlmann, S. Rues, P. Rammelsberg Heft 3/2015

Ist die herausnehmbare Teilprothese noch up to date?
P. Pospiech Heft 2/2015

Bisshebung – Möglichkeiten und Grenzen P. Rammelsberg
Heft 3/2014

Prothetische Versorgung auf kurzen Implantaten M. Brenner,
J. Brandt, H.-C. Lauer Heft 2/2014

Cerec-Verfahren Update S. Reich Heft 5/2013

Zirkonoxidkeramik in der zahnärztlichen Prothetik – eine Standortbestimmung 2013 S. Rinke, S. Schäfer, M. Rödiger
Heft 3/2013

Adhäsivbrücken K. Kuhn, R. Luthardt Heft 6/2012

Misserfolge in der zahnärztlichen Prothetik – Ursachen erkennen und vermeiden H. Tschernitschek Heft 5/2012

Doppelkronenversorgungen – noch up2date? C. Weinbach,
H.-C. Lauer Heft 4/2012

Orale Parafunktionen und Abrasion der Zähne U. Lotzmann
Heft 2/2012

Parodontale Therapie und prothetische Versorgung im parodontal vorgeschädigten Gebiss N. Zitzmann,
S. Lill Buset, R. Weiger Heft 1/2012

Begutachtung zahnärztlich-prothetischer Planungen
A. Berndt, D. Brose Heft 5/2011

Brückenprothetik P. Rammelsberg Heft 1/2011

Restauration im Seitenzahnbereich – Hilfen zur Entscheidungsfindung G. Meyer, R. Biffar Heft 5/2010

Die einseitig verkürzte Zahnreihe R. Biffar, T. Mundt
Heft 1/2010

Kaudruckableitung und -verteilung beim abnehmbaren Zahnersatz N. Müller Heft 6/2009

Kronen- und Brückenprovisorien T. Joda, S. Pieger,
G. Heydecke Heft 5/2009

Gerostomatologie und Prothetik B. Wöstmann, P. Rehmann
Heft 4/2009

Gesundheitsnutzen prothetischer Strategien R. Biffar,
S. Samietz Heft 3/2009

Die Versorgung des zahnlosen Patienten K.-E. Dette
Heft 2/2009

Kombinierter Zahnersatz: Planung und Realisierung K. Böning
Heft 6/2008

Vollkeramische Restaurationen H. Rudolph, R. Luthardt
Heft 5/2008

Die gegossene Teilprothese R. Biffar Heft 2/2007

Zahnverlust – Zahnersatz M. Walter Heft 1/2007

ALLES ONLINE LESEN



Mit der eRef lesen Sie Ihre Zeitschrift: online wie offline, am PC und mobil, alle bereits erschienenen Artikel. Für Abonnenten kostenlos!
<https://eref.thieme.de/zahn-u2d>

JETZT FREISCHALTEN



Sie haben Ihre Zeitschrift noch nicht freigeschaltet? Ein Klick genügt:
www.thieme.de/eref-registrierung

Der Stift im Wurzelkanal – differenzialtherapeutische Überlegungen

Ralf Krug, Gabriel Krastl



Wurzelkanalbehandelte Zähne wurden oftmals „reflexartig“ aus vermeintlichen Stabilisierungsgründen mit einem Stift restauriert. In der restaurativen Zahnheilkunde gibt es zahlreiche Möglichkeiten, die den Stift im Wurzelkanal bedingen oder relativieren können. Ziel der hier vorgestellten differenzialtherapeutischen Aspekte ist es, dass wurzelkanalbehandelte Zähne – bei korrekter Indikation oftmals auch ohne Stift – langfristig restauriert werden können.

Einleitung

Wurzelkanalbehandelte Zähne werden i. d. R. bei ausgedehntem Zahnhartsubstanzenverlust laborgefertigt restauriert. Dabei stellt sich immer wieder die Frage, ab welchem koronalen Defektausmaß eine Verankerung im Wurzelkanal in Form eines Stiftes notwendig ist. Die gegenwärtige Evidenz in der Zahnheilkunde misst dem Vorhandensein eines ausreichenden Ferrule-Effekts zur Restzahnartsubstanz einen höheren Stellenwert bei als der Entscheidung für die Notwendigkeit eines Stiftes [1].

Merke

Oberste Priorität sollte stets der Erhalt gesunder Zahnhartsubstanz haben, sodass zum einen moderne Verankerungskonzepte als Alternative zu herkömmlichen „bohrungsinvasiven“ Stift im Wurzelkanal geprüft werden müssen.

Zum anderen kann beispielsweise durch Versorgungen mit laborgefertigten Teilkronen als Restaurationsoption zu Vollkronen auf Stiftsysteme verzichtet und somit oftmals ein beträchtlicher Anteil an gesunder Zahnhartsubstanz geschont werden.

Bedeutsam für eine stabile koronale Restauration und den langfristigen Zahnerhalt sind vor allem:

- ausreichend dimensioniertes Ferrule-Design
- Schonung gesunder Zahnhartsubstanz
- adäquate Dentinqualität für den Zahnaufbau
- korrekte Anwendung des Adhäsivsystems

Es gibt einige Maßnahmen, z. B. die chirurgische Kronenverlängerung oder die Zahnextrusion, die es ermöglichen, auch bei tief zerstörten Zähnen ein Ferrule-Design wiederherzustellen. Stiftindikationen scheinen sich vor allem auf koronale Defekte ohne verbliebene Kavitätswände zu beschränken.

Im Beitrag sollen sowohl Indikationen als auch Limitationen von verschiedenen Stiftversorgungen aufgezeigt und ihre klinische Anwendung veranschaulicht werden. Dies erfolgt unter besonderer Berücksichtigung differenzialtherapeutischer Überlegungen für die Restauration wurzelkanalbehandelter Zähne.

Schonung gesunder Zahnhartsubstanz

Für eine erfolgreiche endodontische Therapie wird ein adäquater Zugang zum Wurzelkanalsystem (Trepanation) mit möglichst geradlinig sondierbaren Wurzelkanälen benötigt. Zudem wird während ihrer mechanischen Aufbereitung neben der koronalen Kanalerweiterung (*pre-flaring*) auf der gesamten Wurzelkanallänge radikuläres Dentin abgetragen. Wurzelkanalgefüllte Zähne weisen daher per se meist mehr Zahnhartsubstanzenverlust auf als vitale Zähne mit intaktem Pulpakammerdach und defektorientiertem Restaurationsbedarf. Für endodontisch behandelte Zähne stellt sich somit oftmals die Frage: Kann mit einem Stift im Wurzelkanal sicherer restauriert werden?

Die Verwendung eines Stiftes wird maßgeblich vom koronalen Defektgrad bestimmt, der an der Anzahl der verbliebenen Kavitätswände mit intakter Zahnhartsubstanz gemessen wird [2]. In einem aktuellen Review wurde resümiert, dass nur restaurierte Zähne mit massivem koronalen Zahnhartsubstanzenverlust ohne jegliche verbliebene Kavitätswand von einem inserierten Stift zu profitieren scheinen [1]. Eine prospektive Studie, in der 120 postendodontische Restaurationen im Mittel über 32 Monate nachuntersucht wurden, ergab, dass bereits 1 einzige verbliebene Kavitätswand den Effekt eines Stiftes relativieren kann [3]. Nur bei Defekten ohne jegliche Kavitätswände wurde eine signifikant höhere

Überlebensrate für restaurierte Zähne mit inseriertem Stift gegenüber gleichartig versorgten Zähnen ohne Stift festgestellt. Von einer Restauration mit einem Stift scheinen vor allem endodontisch behandelte Frontzähne mit Zahnhartsubstanzdefekten ohne übrige Kavitätenwände zu profitieren [4].

Es gilt in jedem Fall, den Abtrag gesunder Zahnhartsubstanz auf ein Minimum zu begrenzen. Hierzu zählt auch, die Indikation zur Stiftinsertion kritisch zu prüfen, insbesondere wenn mindestens 1 Kavitätenwand vorliegt und diese in ausreichender Dimensionierung erhalten werden kann.

Merke

Eine Kavitätenwand sollte mindestens 1,5 mm Restwandstärke haben.

PRAXISTIPP

Schonung der Zahnhartsubstanz

Die Schonung von gesunder Zahnhartsubstanz und – falls unausweichlich – ihr wohlüberlegter Abtrag (d. h. nicht mehr als unbedingt nötig) bei indizierter laborgefertigter Restauration, sind Prinzipien, an denen sich jeder Behandler orientieren sollte.

Dies gilt auch für die Restauration endodontisch behandelter Pfeilerzähne.

Es hat sich gezeigt, dass selbst die alleinige Trepanation den intakten Zahn in seiner Frakturresistenz beeinträchtigt. Verschiedene minimalinvasive Zugangskavitäten wurden als Alternative zur herkömmlich präparierten Kavität in vitro u. a. an Molaren geprüft und verglichen. Es zeigten sich hier zwar Vorteile hinsichtlich der Frakturresistenz bei minimalster Trepanation, die jedoch auf Kosten einer limitierten Effektivität der mechanischen Wurzelkanalaufbereitung geht [5, 6].

Cave

Kann jedoch die mikrobielle Besiedelung im endodontischen System nicht beseitigt werden, ist ein Misserfolg der endodontischen Therapie vorprogrammiert.

Es erscheint daher zweckmäßig und unausweichlich, mit dem Anspruch an eine adäquat dimensionierte Zugangskavität ein vertretbares Maß an Zahnhartsubstanz einschließlich des vollständigen Abtrags des Pulpakammerdachs zu opfern – jedoch nie mehr, als es für eine chemo-mechanische Wurzelkanalaufbereitung (unter Erhalt des originären Wurzelkanalverlaufs) lege artis unbedingt nötig ist. In der Regel wird bei Vorliegen einer infizierten Pulpanekrose nach ausreichender koronaler Erweiterung des oberen Wurzelkanaldrittels das Wurzelkanalinstrument mit der kleinsten ISO-Größe (als sog. initiale apikale

Feile), das als erstes an der apikalen Konstriktion klemmt, ermittelt. Anschließend lässt sich ungefähr das Ausmaß der mechanischen Präparation gemäß der Faustregel „mindestens um 4 weitere ISO-Größen aufbereiten“ abschätzen.

Es ist bekannt, dass die individuelle endgültige apikale Aufbereitungsgröße eine wesentliche Rolle für die Heilung einer Läsion endodontischen Ursprungs darstellt. Hierzu konnte in einer klinischen Studie mit 291 nachkontrollierten wurzelkanalgefüllten Zähnen bei einem durchschnittlichen Kontrollzeitraum von 2 Jahren die „unterdimensionierte“ Präparation der apikalen Box (definiert als ISO-Größe < 35) als einer von mehreren möglichen, die Heilung einer Läsion endodontischen Ursprungs limitierenden Faktoren ermittelt werden [7].

Adhäsion an die Zahnhartsubstanz – ein Muss nach der Wurzelkanalfüllung

Die optimale Adhäsion zum koronalen Dentin hat in der modernen Zahnheilkunde einen hohen Stellenwert, so auch bei zu restaurierenden endodontisch behandelten Zähnen. Auf der Dentineoberfläche befindliche Verunreinigungen (z. B. Partikel von Sealer und Wurzelfüllmaterial sowie Anteile von Debris oder der Schmierschicht) müssen vor jeder dentinadhäsiven Behandlung möglichst sicher entfernt sein. Auch die für die Desinfektion der Wurzelkanäle verwendeten Spüllösungen können die Qualität des adhäsiven Verbunds zum Dentin beeinträchtigen [8].

Hier ist insbesondere das gewebeauflösende und antibakteriell wirkende, sehr effektive Natriumhypochlorit zu nennen. Ungünstige Nebenwirkungen von Natriumhypochlorit auf den Komposit-Dentin-Haftverbund wurden untersucht und vielfach gezeigt [9–12]. Um ein Höchstmaß an optimaler adhäsiver Verbundqualität zu erzielen, müssen alle nachteiligen Effekte beseitigt werden – sei es als Folge der chemischen Wirkung an der Dentineoberfläche oder aufgrund einer Verunreinigung nach mechanischer Aufbereitung und Obturation des endodontischen Systems. Hierbei kann das intraorale Sandstrahlen mit Aluminiumoxid innerhalb der endodontischen Kavität im Sinne einer Mikropräparation und somit „Anfrischung“ der Dentineoberfläche nach erfolgter Wurzelkanalfüllung hilfreich sein (► **Abb. 1**).

Merke

Die Wurzelkanalfüllung erstreckt sich i. d. R. von apikal bis zu den Wurzelkanaleingängen nach koronal.

Dies erlaubt den adhäsiven Verbund zwischen dem (sandgestrahlten) Dentin des gesamten Pulpakammerbodens und dem für den Verschluss der endodontischen



► **Abb. 1** Wurzelkanalgefüllter Molar mit ausgedehntem koronalen Defekt.
 a Vor Reduktion der Wurzelkanalfüllung und Sandstrahlen der Kavität.
 b Nach Reduktion der Wurzelkanalfüllung und Sandstrahlen der Kavität.
 c Aufbaufüllung mit dualhärtendem Komposit und mittels chirurgischer Kronenverlängerung hergestelltem Ferrule-Design.
 d Konventionell zementierte PMMA-Krone.

Kavität eingebrachten Komposit. Eine ausgedehnte adhäsive Oberfläche und zusätzliche Retention des Komposits (auch in den Wurzelkanaleingängen) sind gewünschte Effekte. Sämtliche angrenzende Kavitätenwände, ob aus Dentin oder Aufbaufüllung, dürfen durch das Sandstrahlen mikroretentiv „angeraut“ werden, um eine qualitativ verbesserte Kompositadhäsion zu erhalten. Dies scheint auch eine Bedingung für einen stabilen und bakteriendichten Verschluss der Zugangskavität zu sein. Im Wurzelkanal scheint die Verwendung zusätzlicher Reinigungsmethoden wie Sandstrahlen oder die Verwendung spezieller Bürstchen aufgrund der schwierigen Zugänglichkeit keine entscheidenden Vorteile zu bieten [13]. Zusätzlich ist von einer Reduktion des adhäsiven Verbunds zu den Wurzelkanalwänden durch Alterungsprozesse auszugehen [14].

PRAXISTIPP

Dentin-Komposit-Haftverbund

Saubere endodontische Kavitäten und die korrekte Handhabung des jeweiligen Adhäsivsystems sind essenziell für einen optimalen Dentin-Komposit-Haftverbund. Die adhäsive Anbindung an den Pulpa-kammerboden sollte stets genutzt werden. Intra-orale Sandstrahlverfahren können für eine adäquate Oberflächenvorbehandlung von Dentin und bereits bestehenden suffizienten Kompositfüllungen (z. B. Aufbaufüllung) angewendet werden.

Ferrule First – Post Second

Endodontisch behandelte Zähne gelten gemeinhin als schwächer und anfälliger für Frakturen als vitale Zähne. Es scheinen jedoch weniger die chemisch am Dentin wirkenden Präparate oder materialbedingten Parameter der Wurzelkanalbehandlung selbst ursächlich dafür zu sein, dass endodontisch behandelte Zähne in klinisch relevanten Maßstäben schwächer sind. Dies ist vielmehr dem Abtrag bzw. Verlust gesunder Zahnhartsubstanz geschuldet. Neben der Substanzschwächung durch die Trepanation des Zahnes, in geringem Maße durch die Wurzelkanalpräparation selbst und in erheblich stärkerem Maße infolge von Revisionsbehandlungen, Stiftbohrungen oder Wurzelspitzenresektionen.

Wenn der möglichst hohe Anteil gesunder Zahnhartsubstanz das „Maß der Dinge“ für die Beständigkeit eines wurzelkanalgefüllten Zahnes zu sein scheint, verwundert es nicht, dass versucht wurde, für diesen Fall ein Minimum an koronaler Zahnhartsubstanz für eine vorher-sagbare Restorationsfähigkeit zu definieren. Ein sog. Ferrule-Design mit einer zirkulären Höhe von 1,5–2,0 mm (bestehend aus zervikaler Zahnhartsubstanz als positiver Effekt für die Frakturresistenz von überkronen endodontisch behandelten Zähnen) hat sich immer wieder bestätigt [15]. In 2 aktuellen Reviews hierzu wurde übereinstimmend zusammengefasst [1, 15]:

Merke

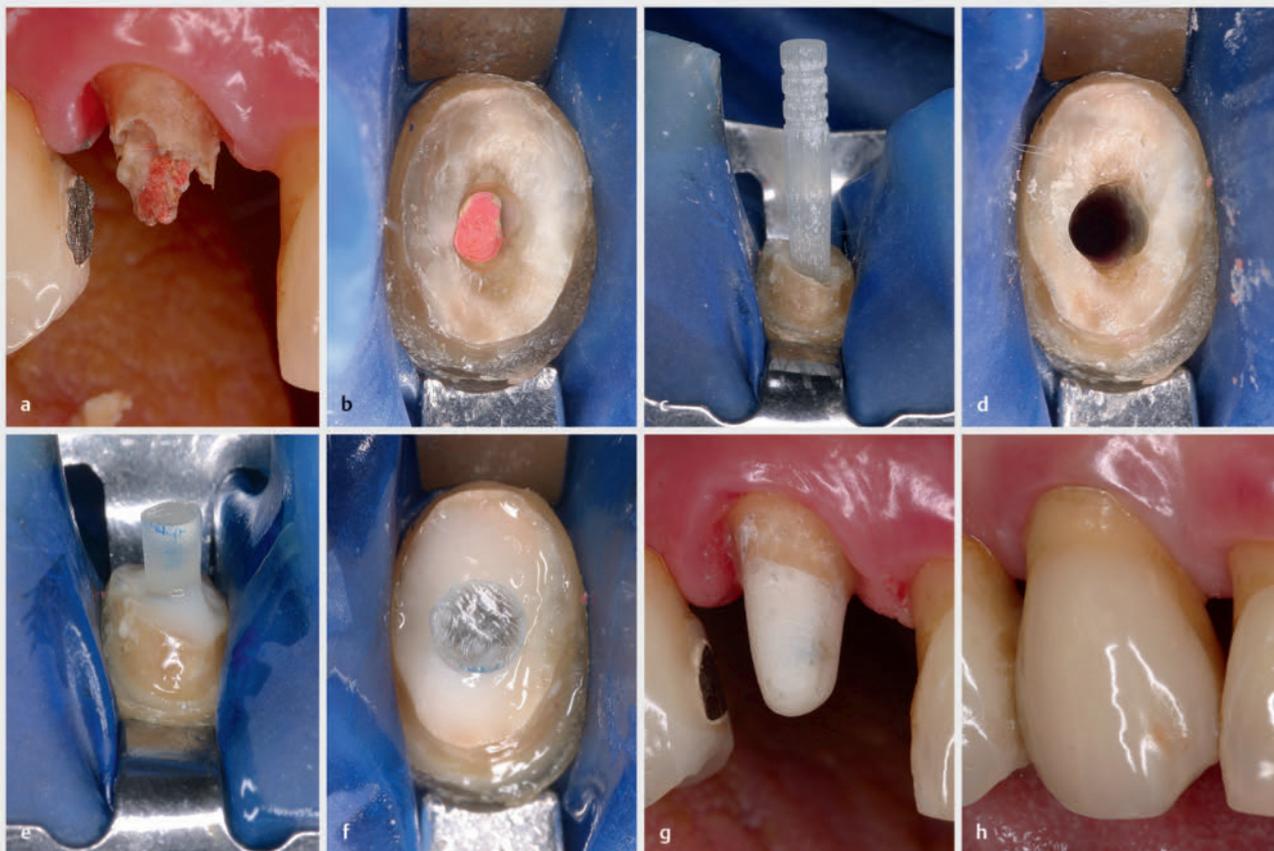
Bei einem adäquaten Ferrule nimmt die Relevanz eines Stiftes im Wurzelkanal deutlich ab.

Möglichkeiten der Stiftversorgung

Metall- und glasfaserbasierte Stiftsysteme

Gängige Stiftsysteme bestehen aus Metalllegierungen, Reintitan, Zirkoniumdioxidkeramik oder mit Glasfaser verstärktem Komposit (► **Abb. 2**). Die Frage nach dem optimalen Stiftmaterial wird in der Literatur seit vielen Jahren kontrovers diskutiert [16]. Während jahrzehntelang fast ausschließlich metallische Stiftsysteme Anwendung fanden, wurden seit Anfang der 1990er-Jahre Faserstifte zunehmend populär. Der im Vergleich zu Metallstiften reduzierte und damit dentinähnlichere E-Modul der Faserstifte versprach ein günstigeres biomechanisches Verhalten und eine verminderte Frakturgefahr der versorgten Zähne [17].

Diese Vorstellung klingt zunächst plausibel, andererseits stellten diverse Untersuchungen aus den letzten Jahren die Bedeutung des Elastizitätsmoduls in Bezug auf die Frakturresistenz wurzelkanalbehandelter Zähne berechtigterweise in Frage. Eine aktuell publizierte randomisierte kontrollierte Studie vergleicht den klinischen Erfolg überkronter Zähne mit ausreichendem Ferrule-Design nach Insertion von Titan- oder Glasfaserstiften. Während die Erfolgsrate für beide Gruppen nach 7 Jahren über 90% lag [18], kam es nach 11 Jahren zu einer Reduktion der kumulativen Überlebensrate auf 58,7% (Glasfaserstifte) bzw. 74,2% (Titanstifte) [19]. Somit konnte in dieser Studie kein signifikanter Einfluss der Biegefestigkeit der verwendeten Stifte auf die Überlebenswahrscheinlichkeit des restaurierten Zahnes identifiziert werden. Eine Metaanalyse basierend auf 7 randomisierten klinischen Stu-



- **Abb. 2** Stiftsystem aus mit Glasfaser verstärktem Komposit.
- a Versorgung eines Eckzahns nach Kronenfraktur.
 - b Nach erfolgter Wurzelkanalbehandlung.
 - c Anprobieren eines Glasfaserstifts nach Entfernung der Wurzelkanalfüllung.
 - d Reinigung des Wurzelkanallumens.
 - e Adhäsiv eingesetzter Glasfaserstift.
 - f Koronaler Aufbau.
 - g Präparation zur Aufnahme einer laborgefertigten Krone.
 - h Mit Krone.

dien und 7 Kohortenstudien mit einer Mindestbeobachtungsdauer von 5 Jahren konnte eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 90% für metallbasierte Stiftsysteme und 84% für Faserstifte demonstrieren [20].

Merke

Das Versagensmuster wird bei Faserstiften im Allgemeinen als günstiger eingestuft – dies konnte mehrfach in vitro nachgewiesen werden [21].

Eine systematische Analyse der verfügbaren klinischen Studien ergibt zwar vergleichbare Daten für metallbasierte und glasfaserbasierte Stiftsysteme. Bei genauer Betrachtung scheinen Glasfaserstifte (in der Gruppe der faserbasierten Stiftsysteme) und auch gegossene Stiftaufbauten (in der Gruppe der metallbasierten Stiftsysteme) weniger irreparable Wurzelfrakturen zu verursachen [20]. Der für die Zahnwurzel weniger destruktive Versagensmodus ermöglicht eine Neuversorgung im Falle einer Dezentementierung oder einer Fraktur des Stiftaufbaus [22, 23].

Obwohl die ersten verfügbaren intrakanalären Faserstifte aus Carbonfasern bestanden, spielen Carbonfaserstifte heutzutage keine Rolle mehr. Bei vergleichbaren mechanischen Eigenschaften werden der fehlende adhäsive Verbund zur Carbonfaser und die Ästhetik der schwarzen Stifte als Nachteile im Vergleich zu Glasfaserstiften genannt. Aus ästhetischer Sicht kann auch die Verwendung von Metallstiften die Lichttransmission und damit das optische Ergebnis beeinträchtigen. Auch hier bieten zahnfarbene Stifte aus faserverstärktem Komposit Vorteile. Dieser Vorteil gilt prinzipiell auch für Zirkoniumdioxidstifte. Der über viele Jahre als nachteilig angesehene hohe E-Modul von Zirkoniumdioxid (sehr starre Stifte) mag mittlerweile als überholt gelten, jedoch ist deren sehr schwere Entfernbarkeit im Revisionsfall nach wie vor als kritisch einzuschätzen.

Merke

Glasfaserstifte weisen geringere Misserfolgsraten auf, wenn Seiten- statt Frontzähne versorgt werden, wenn der Zahn als Brückenpfeiler diente statt einzeln überkront wurde und wenn mindestens 1 Approximalkontakt vorhanden war [24].

In einer prospektiven klinischen Beobachtungsstudie von bis zu 10 Jahren wurde anhand von insgesamt 149 gesetzten Glasfaserstiften 3 verschiedener Typen eine jährliche Verlustrate von 4,6% ermittelt. Hier zeigte sich eine niedrigere Verlustrate hinsichtlich des Zahntyps für die Restauration von Seitenzähnen und hinsichtlich der verbliebenen Dentinwände für die Zähne mit mindestens 1 noch vorhandener Dentinwand. Die insgesamt hohe Verlustrate in dieser Studie wird darauf zurückgeführt, dass nicht in allen Fällen ein Ferrule-Design konsequent eingehalten wurde [25].

Individuell angefertigte Stiftsysteme

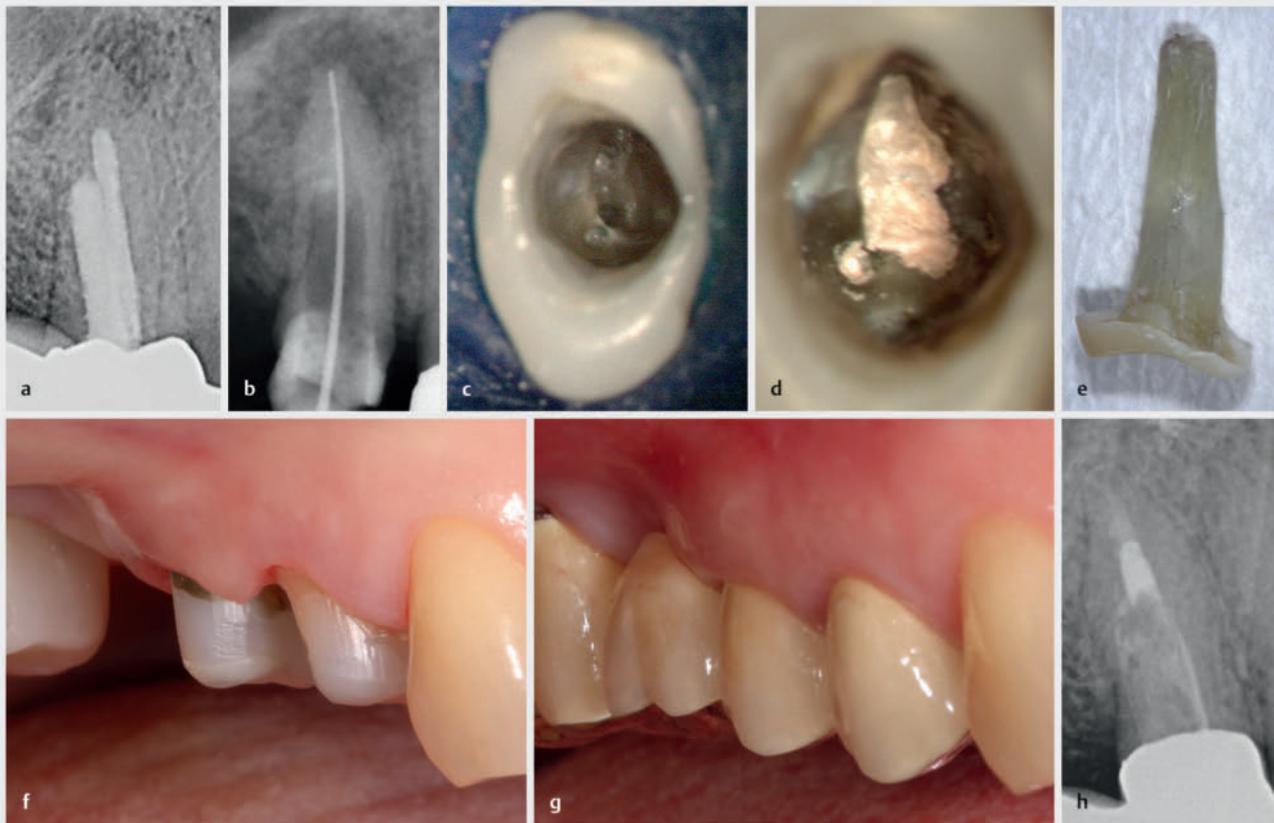
In Fällen mit besonders ausgedehntem Wurzelkanallumen erscheint es mitunter sinnvoll, individuell angefertigte Stiftsysteme zu bevorzugen. Hierzu gehören laborgefertigte, gegossene Stiftaufbauten oder individuelle Glasfaserstiftaufbauten (► **Abb. 3**). Studien zu individuell angefertigten Glasfaserstiften sind rar. Eine In-vitro-Untersuchung ermittelte keinen Unterschied hinsichtlich der Bruchfestigkeit zwischen konfektionierten und individuell hergestellten Glasfaserstiften [26]. In einer Finite-Element-Untersuchung zeigten sich nach einer Scherkräfteinleitung (45thinsp;° zur Zahnachse) auf den mit einem individuell gefertigten Stift versorgten Zahn höhere Belastungswerte an den Übergangsbereichen von Dentinoberfläche, Schicht des Befestigungskomposits und der Stiftoberfläche als an den entsprechenden Übergängen von präfabrizierten Glasfaserstiften [27].

Im Gegensatz dazu wurden in einer früheren experimentellen Studie mit vergleichbarer Analysemethodik geringere Belastungswerte bei den individualisierten Stiften auf angrenzende Dentinareale registriert [28]. Aus diesen Daten ließ sich bisher noch keine klinische Empfehlung für eines der beiden Stiftsysteme ableiten. In einer klinischen Studie konnte weder nach 3 Jahren [29] noch nach 6 Jahren Vorteile von individuell angefertigten gegenüber präfabrizierten Glasfaserstiften aufgezeigt werden [30].

Gegossene Stiftbauten

Gegossene Stiftbauten aus Metalllegierungen sind seit Jahrzehnten etabliert, vorrangig bei sehr stark zerstörten Zähnen. Trotz des höheren Aufwands und der ggf. eingeschränkten ästhetischen Möglichkeiten können gegossene Stiftaufbauten im Rahmen der postendodontischen Restauration nach wie vor als Alternative empfohlen werden. Mit adäquater koronaler Restauration wurden Erfolgsraten von über 90% sowohl nach 6 Jahren [31] als auch nach 8 Jahren nachgewiesen [32]. Allerdings konnte in der letztgenannten Studie eine vergleichbare Erfolgsquote von 93% auch für konfektionierte Metallstifte mit plastischem Aufbau ermittelt werden. Weitere aktuelle Studien konnten nach 3 Jahren [33] und nach 5 Jahren [34] ebenfalls keinen signifikanten Unterschied in der Erfolgsquote überkronter Zähne zwischen gegossenen Stiftaufbauten und plastischen Aufbauten unter Verwendung eines Glasfaserstifts nachweisen.

Es gibt Hinweise aus In-vitro-Untersuchungen, dass gegossene Stiftaufbauten an Zähnen mit koronal stark erweiterten Wurzelkanälen eine deutlich höhere Bruchfestigkeit aufweisen als faserverstärkte Stiftsysteme. Dies ging jedoch in dieser Studie mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eines ungünstigen Versagensmusters im Sinne einer nicht reparablen Fraktur einher [35].



► **Abb. 3** Individueller Glasfaserstiftaufbau.

- a Zustand vor Entfernung des Metallstifts und Wurzelkanalrevision bei asymptomatischer Parodontitis apicalis an Zahn 15 vor Brückenneuversorgung Regio 14–17.
- b Röntgenmessaufnahme mit distal geringer radikulärer Restdentinwand von Zahn 15.
- c Inspektion des intrakanalären radikulären Dentins mithilfe des Dentalmikroskops. Kein Anhalt für intraalveoläre Perforation.
- d Visuelle Kontrolle der Wurzelkanalfüllung mit Guttapercha nach zuvor apikal eingebrachtem Verschluss mit Mineral-Trioxid-Aggregat und sandgestrahlter intrakanalärer Kavität.
- e Individuell im Labor angefertigter Glasfaserstift (everStick Post, GC, Bad Homburg).
- f Adhäsiv eingesetzt zur bestehenden Aufbaufüllung an Zahn 15 und Präparation der Brückenpfeiler an Zahn 17, 15 und 14.
- g Klinische Kontrolle 1 Jahr nach Neuversorgung mit VMK-Brücke bei reizfreier Gingiva.
- h Kontrolle nach 3,5 Jahren des Zahnes 15 röntgenologisch mit vollständig geheimer Parodontitis apicalis und physiologischem Parodontalspalt.

PRAXISTIPP

Konfektionierte Stiftsysteme

Solange kein erheblicher Nutzen einer aufwendigen laborgefertigten Stiftindividualisierung in der jeweiligen klinischen Situation (bei Restauration eines endodontisch behandelten, stark zerstörten Zahnes) erkennbar ist [36], kann konfektionierte Stiftsystemen aufgrund ihres einfachen Handlings, der unmittelbaren Möglichkeit der Insertion sowie aufgrund einer Kosten- und Zeitersparnis der Vorzug gegeben werden.

Metallschrauben

Neben den bisher genannten Stiftarten, die passiv in den Wurzelkanal eingesetzt und befestigt werden, gibt es Metallschrauben, die mittels Gewinde aktiv (maschinell rotierend) im radikulären Dentin verankert werden und daher eine besonders gute Retention im Wurzelkanal versprechen. In einer prospektiven Studie wurde nach einem Mindestkontrollzeitraum von 5 Jahren eine signifikant geringere Überlebensrate für Metallschrauben (50%) im Vergleich zu faserverstärkten Stiften (72%) bei endodontisch behandelten Zähnen ermittelt [37].

Cave

Zu den Komplikationen bei den Metallschrauben gehörte oftmals eine Wurzelfraktur.

Die Verwendung von eher kurzen Metallschrauben hat sich allerdings in vitro als vorteilhaft erwiesen. Klinische Daten zur Eignung längenreduzierter Metallschrauben existieren derzeit nicht [38]. Daher kann die klinische Anwendung von Metallschrauben mit den Risiken eines erhöhten Zahnhartsubstanzverlusts und einer Krafteinleitung auf die Wurzelwände infolge ihrer aktiven Verankerung zur Versorgung endodontisch behandelter Zähne als techniksensitiver angesehen werden.

Wichtig: Haftverbund

Unabhängig von der Art des verwendeten Wurzelkanalstifts ist ein adhäsives Einsetzen mit einem Kompositmaterial sehr empfehlenswert, um einerseits die Retention im Wurzelkanal zu erhöhen und andererseits eine gewisse Stabilisierung der verbleibenden Zahnhartsubstanz zu erreichen. Ein adhäsiver Verbund zu Metallstiften lässt sich am besten durch Silikatisieren und Silanisieren der Oberfläche erzielen, während für Glasfaserstifte die Vorbehandlung des Stiftes durch Silanisierung der an der Oberfläche exponierten Glasfasern als positiv bewertet wird [39].

Manche Glasfaserstifte (z. B. DT Light SL, VDW, München) sind mit einer speziell optimierten Oberfläche versehen, wobei die an der Oberfläche befindliche Harzschicht die Voraussetzungen für einen chemischen Verbund zu Befestigungskompositen ohne den Einsatz eines Silans schaffen soll.

Keramikstifte aus Zirkoniumdioxid profitieren von einer Vorbehandlung der Oberfläche mit speziellen Primern, die Phosphatmonomere (z. B. MPD) enthalten und eine hohe chemische Affinität zur Zirkonoxidoberfläche besitzen.

Neben dem Verbund zur Stiftoberfläche scheint der optimale Haftverbund zum radikulären Dentin immer noch eine Herausforderung zu bleiben [22, 40]. Zum adhäsiven Befestigungsprozedere gehört stets die gründliche Reinigung der Dentinoberfläche (z. B. durch Sandstrahlen des Pulpakammerbodens und aktivierte Spülung des für den Stift bestimmten Wurzelkanalanteils) vor der korrekten Anwendung des Dentin-Adhäsiv-Systems. Generell gilt, dass sich eine Kombination aus Etch-and-Rinse- oder Self-Etch-Adhäsivsystemen mit dual härtendem Befestigungskomposit für die Eingliederung von Glasfaserstiften im Wurzelkanal bewährt hat [41, 42].

Merke

Es ist zwingend auf eine chemische Kompatibilität zwischen Adhäsiv und Befestigungskomposit zu achten.

Günstige Ergebnisse für die Stiftbefestigung liefern auch selbstkonditionierende Befestigungskomposite (z. B. Rely X Unicem, 3M, Seefeld) [43]. Diese können jedoch nicht für die Herstellung des koronalen Aufbaus empfohlen werden [44]. Signifikant schlechtere mechanische Eigenschaften wie geringere Biegefestigkeit, höhere Wasseraufnahme, geringerer E-Modul, höhere Polymerisationschumpfung wurden für ein selbstkonditionierendes Adhäsivsystem im Vergleich zu Mehrschritt-Adhäsivsystemen mit separatem Primer (traditionell als Etch-and-Rinse-Adhäsivsystem bezeichnet) im humanen Dentin festgestellt.

PRAXISTIPP

Haftverbund

Wichtig beim Haftverbund sind:

- Dentin-Bonding ist technik-sensitiv
- Systemkomponenten müssen aufeinander abgestimmt sein
- initial guter Haftverbund
- Verbundqualität steigt mit Eingliederungszeit

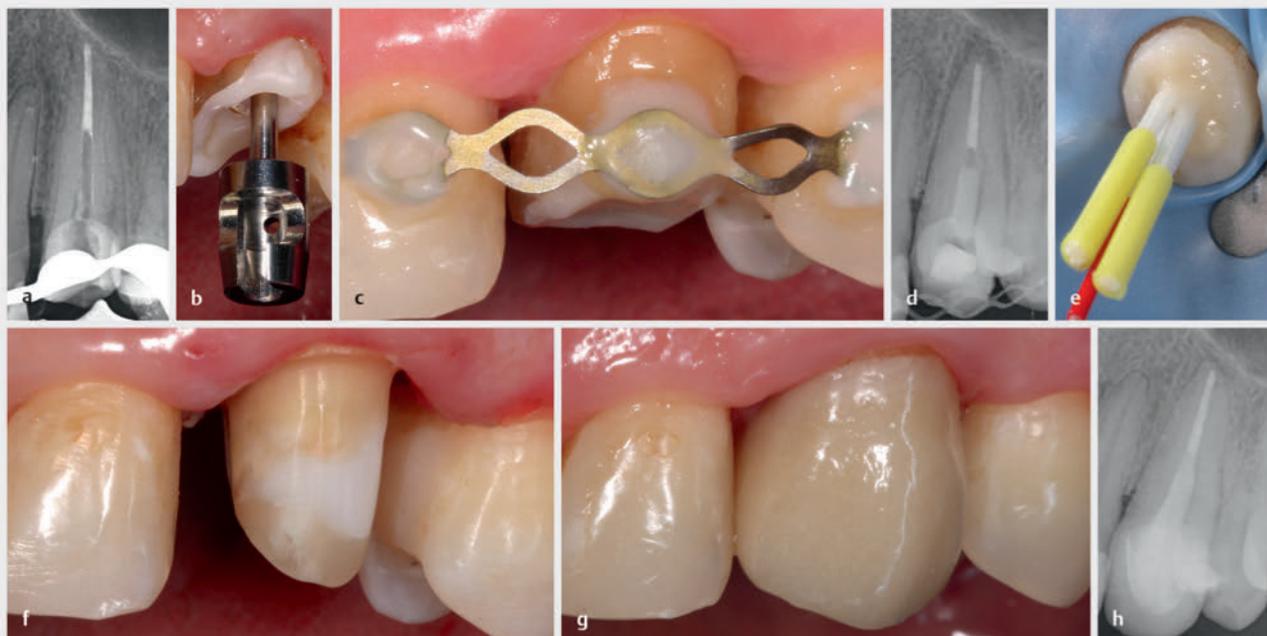
Stiftgeometrien

Von verschiedenen Herstellern werden zahlreiche Stiftsysteme angeboten. Die gängigen Stiftgeometrien beschränken sich vorrangig auf zylindrisch-konische Formen. Im Vergleich zu parallelwandigen Stiftsystemen entsprechen die konischen Stiftformen eher der sich in apikaler Region verjüngenden Anatomie der Zahnwurzel. Konische Stiftformen führen zu einer geringen Modifikation der Wurzelkanalanatomie und einer damit verbundenen Rigidität des Zahnes [45].

Glasfaserstifte bestehen aus zahlreichen, in eine organische Matrix eingebetteten Fasern. Im Herstellungsprozess wird der entstandene Rohling nach der Polymerisationsphase mittels Fräsung bis zur gewünschten Stiftgeometrie nachbearbeitet. Diese sog. „präfabrizierten Stifte“ sind in verschiedenen Durchmessern erhältlich und scheinen individuell angefertigten Glasfaserstiften aus vorimprägnierten Glasfasersträngen überlegen zu sein [29].

Merke

Die Wahl eines passenden Stiftes und seiner Geometrie zeichnet sich dadurch aus, dass die Zahnwurzel möglichst nicht oder nur minimal durch eine Stiftbettbohrung vorbereitet werden muss.



► **Abb. 4** Glasfaserverstärkte Bündeltechnik.

- a Zustand nach Wurzelkanalrevision an einem tief zerstörten Eckzahn mit Füllung des Wurzelkanals im apikalen Drittel.
 b Chirurgische Extrusion mit im Wurzelkanal verankerter Benex-Schraube (Benex; Helmut Zepf Medizintechnik GmbH, Seitingen-Oberflacht) zur koronalen Verlagerung des Zahnes für ein ausreichendes Ferrule-Design.
 c Schienung für 8 Wochen nach Extrusion um ca. 3 mm mit klinischer Kontrolle.
 d Röntgenologische Kontrolle.
 e Anwendung der „Glasfaser-Bündeltechnik“ im quer-ovalen Wurzelkanallumen des oberen Eckzahns.
 f Präparierter Zahnstumpf.
 g Kontrolle nach 6 Monaten der adhäsiv eingesetzten Vollkeramikkrone mit reizfreier Gingiva.
 h Wieder physiologisch ausgebildeter Parodontalspalt.

Jede Bohrung im Wurzelkanal führt zum Abtrag zusätzlicher Zahnhartsubstanz und somit zur Schwächung des endodontisch behandelten Zahnes. Wie bereits ausgeführt, kann der Wurzelkanalstift die Festigkeit noch vorhandener Zahnhartsubstanz nicht erhöhen.

Merke

Wenn jedoch aufgrund des Verlusts sämtlicher Kavitätenwände nicht auf einen Stift verzichtet werden kann, erscheint es sinnvoll, dass der Stift sich dem Wurzelkanallumen anzupassen hat und nicht umgekehrt.

Somit wird unabhängig vom Stiftsystem möglichst die zum bestehenden Wurzelkanal passende Dicke und Geometrie des Stiftes gewählt. Bei suboptimaler Passgenauigkeit kann – insbesondere bei ovalem oder irregulärem Wurzelkanalquerschnitt – die fehlende Formkongruenz durch das verwendete Kompositmaterial ausgeglichen werden [46]. Als neuartige Alternative zu herkömmlichen Stiften werden seit Kurzem auch Bündel aus einzelnen glasfaserverstärkten dünnen Kompositstiften (\varnothing 0,3 mm)

angeboten (Rebilda Post GT, VOCO GmbH, Cuxhaven). Diese äußerst zahnhartsubstanzschonende Technik erfüllt bisher am ehesten das Prinzip, ohne Stiftbettbohrung die gegebene Dimension des Wurzelkanallumens mit möglichst vielen einzelnen Glasfaserstiften auszufüllen (► **Abb. 4**). Das einfache Handling, mehrere „Glasfaserstiftbündel“ in den mit Befestigungskomposit aufgefüllten Wurzelkanal einzusetzen, und dadurch eine adhäsive Kompositverankerung passend zur Wurzelkanalmorphologie zu erhalten, erscheint zumindest bisher sehr überzeugend. Ausreichend valide Daten zu dieser Technik im Vergleich zu herkömmlichen Systemen fehlen noch. Selbstverständlich lassen sich sowohl mit dieser als auch mit anderen Techniken unter sich gehende Bereiche ausfüllen und somit für eine zusätzliche Retention nutzen.

PRAXISTIPP

Glasfaserbündel

Ein neuartiges Glasfasersystem, das in unterschiedlicher Anzahl Bündel von glasfaserverstärkten, sehr dünnen, einzelnen Stiften anbietet, ermöglicht es erstmals, sich von dem Gedanken einer für gewöhnlich praktizierten Stiftbettbohrung bei „Stiftversorgungen im Wurzelkanal“ vollständig zu lösen. Die „glasfaserverstärkte Bündeltechnik“ soll eine optimal zahnhartsubstanzschonende Methodik (ohne jegliche Bohrung) mit der inzwischen weitverbreiteten glasfasergestützten adhäsiven Verankerung eines Kompositaufbaus im Wurzelkanal vereinen.

Für die Tiefe eines Stiftes, der in den Wurzelkanal eingebracht werden soll, werden immer noch oftmals $\frac{2}{3}$ der Wurzellänge angestrebt. Dies mag für konventionell zementierte (gegossene) Metallstifte bei koronalen Zahnhartsubstanzverlusten ohne eine verbliebene Kavitätenwand notwendig erscheinen. Bei der Anwendung glasfaserverstärkter Kompositstifte genügt es unter Zuhilfenahme des adhäsiven Verbundes und unter ausreichendem Ferrule-Design die Länge des Stiftes auf etwa $\frac{1}{2}$ der Wurzellänge zu begrenzen [47]. In einer In-vitro-Untersuchung zur Frakturfestigkeit endodontisch behandelte Rinderzähne konnte gezeigt werden, dass das Frakturrisiko steigt, je geringer die Dentinwandstärke und je länger der Stift ist [48]. Eine dem Defektausmaß unangebrachte Stifttiefe und -breite wird daher i.d.R. keinen Vorteil bieten.

Cave

Stets bedacht werden muss die Gefahr einer sekundären Wurzellängsfraktur, deren Wahrscheinlichkeit bei massiven sowie tief eingebrachten Stiften im Wurzelkanal zunimmt.

Teil- versus Vollüberkronung

Der gegenwärtigen Evidenz nach scheinen endodontisch behandelte Zähne hinsichtlich ihrer Überlebensrate von einer laborgefertigten koronalen Restauration zu profitieren, insbesondere bei sehr ausgedehnten Defekten [49]. Eine differenzialtherapeutische Option zur Restauration eines endodontisch behandelten Seitenzahns mittels Vollüberkronung und Stiftversorgung kann die Teilkronenversorgung ohne Stift darstellen.

Dies setzt selbstverständlich voraus, dass die übrigen vorhandenen Kavitätenwände aus Zahnhartsubstanz, die im Zuge einer Vollkronenversorgung erheblich reduziert werden müssten, bei Teilkronenindikation ausreichend dimensioniert sind und es auch nach der Präparation bleiben. Trifft dies nicht zu, wird für gewöhnlich die Indikation zur Stiftsetzung im Wurzelkanal gesehen. Wie be-

reits ausgeführt, bestimmt hier das Maß an erhaltener Zahnhartsubstanz nach restaurativen Maßnahmen maßgeblich den Erfolg. Es gilt daher stets zu prüfen: Ist die noch vorhandene gesunde Zahnhartsubstanz (insbesondere intakte bukkale und linguale Kavitätenwände) ausreichend dimensioniert? Oder kann sie zumindest durch Kompositaufbaumaterialien derart stabilisiert werden, dass die koronale Restauration des Zahnes doch noch mittels Präparation einer Teilkrone anstatt einer Vollkrone erzielt werden kann (► **Abb. 5**)?

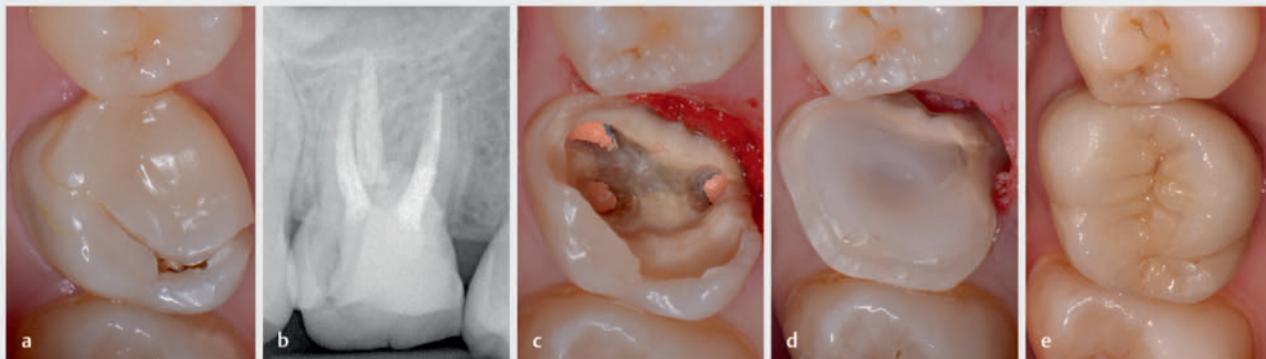
Merke

Bei einer Teilkronenversorgung ist die Notwendigkeit eines Stiftes nicht gegeben.

Die Indikationsbereiche für Teil- und Vollkronen können sich durchaus überschneiden. Neben restaurativen Gründen spielen auch funktionelle und ästhetische Gründe eine erhebliche Rolle bei der Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Versorgungsart. Es sollte dennoch stets ein zahnerhaltender Therapieaspekt durch eine möglichst wenig invasive und defektorientierte Präparation bei indirekter Restauration bedacht werden.

Zur Prognose wurzelkanalbehandelter Zähne nach Restauration mit keramischen Teilkronen oder Goldteilkronen im Vergleich zu Vollkronen existieren nur wenig klinische Daten. In-vitro-Studien legen nahe, dass abhängig von der Ausgangssituation Teilkronen eine adäquate Restaurationsart im Seitenzahnggebiet darstellen. In einer klinischen Studie wurde die mittlere Überlebensrate von wurzelkanalbehandelten Seitenzähnen in Abhängigkeit von ihrer koronalen Versorgung beurteilt. Restaurationen mit konfektionierten und gegossenen Stiften bei Seitenzähnen erzielten im Mittel 12,7 sowie 13,9 Jahre, Kronenversorgungen ohne Stift etwa 14,0 bis 15,3 Jahre [50]. Bemerkenswert erschien bei dieser Studie, dass die mit Goldteilkronen versorgten Zähne alle ohne eine einzige Fraktur überlebten. In einer prospektiven Split-Mouth-Studie wurden Teilkronen aus hochgoldhaltiger Legierung sowie aus Keramik an 44 (Prä-)Molaren miteinander verglichen und nach 5,5 Jahren ähnliche kumulative Überlebensraten (93,3 versus 88,8%) registriert – allerdings waren nur 1 bzw. 3 Zähne pro Gruppe endodontisch behandelte Seitenzähne [51].

Sog. „Endokronen“ stellen einen alternativen stiftfreien Behandlungsansatz für Zähne mit stark reduziertem koronalen Zahnhartsubstanzangebot dar [52]. Aufbau und Krone werden in einem einzigen Werkstück (zumeist aus Keramik) kombiniert und in der Pulpakammer verankert. Große pulpale Kavitäten können hier für eine akzeptable Retention bei wenig Scherkraft positiv wirken. Das Präparationsdesign für Endokronen ist im Vergleich zu herkömmlichen indirekten Restaurationen mit einem deutlich reduzierten Zahnhartsubstanzverlust verbunden [53]. Obwohl die Datenlage zur längerfristigen klinischen Be-



► **Abb. 5** Teilkronenrestauration.

a Insuffiziente Kompositfüllung an endodontisch behandeltem Zahn 16.

b Weit aufbereitete, homogen gefüllte Wurzelkanäle, ohne Hinweise auf eine Parodontitis apicalis.

c Zustand nach Entfernung von Restauration und kariösem Dentin mit mesiopalatal profunden Defekt.

d Adhäsiver Teilaufbau aus fließfähigem Komposit mit Stabilisation der noch vorhandenen unterminierten Kavitätenwände, anschließende Präparation für Keramik-Teilkrone mit umlaufender Stufe und okklusaler Makroretention.

e Zustand nach adhäsiv eingesetzter Keramik-Teilkrone mit reizfreier Gingiva.

währung noch unzureichend ist, deuten günstige Ergebnisse aus 3 verfügbaren retrospektiven klinischen Studien darauf hin, dass Endokronen insbesondere bei Seitenzähnen eine vielversprechende Behandlungsoption darstellen können [54–56].

PRAXISTIPP

Teilkronen

Benötigt ein endodontisch behandelter Zahn mit 2 oder mehr vorhandenen Kavitätenwänden eine neue koronale Restauration, erscheint es sinnvoll, Frontzähne möglichst direkt mit Komposit und Seitenzähne durch Teilkronen laborgefertigt zu rekonstruieren. Hierbei kann auf das Einbringen eines Stiftes in den Wurzelkanal verzichtet und weiterer Zahnhartsubstanzverlust im Zuge der sich oftmals anschließenden Präparation für eine Vollkrone vermieden werden. Im Seitenzahnbereich scheint die Teilkrone eine sehr langlebige Restaurationsart für wurzelkanalbehandelte Zähne zu sein.

Therapien zur Wiederherstellung eines ausreichenden Ferrule-Designs

Sobald ein Ferrule-Design für die koronale Restauration hergestellt werden kann, scheint die Relevanz eines Stiftes wie eingangs erläutert erheblich an Bedeutung zu verlieren [1, 15]. Verschiedene Techniken sind beschrieben worden, um an tief zerstörten, endodontisch vorbehandelten Zähnen einen Ferrule-Effekt zu erzielen [57].

Chirurgische Kronenverlängerung

Dieses klinisch sehr etablierte Verfahren gilt zumeist als Standardmethode, um trotz einer gewissen Invasivität mit Bildung eines Muko-Periost-Lappens und marginaler Knochenentfernung eine dem Ferrule-Design entsprechende neue Zahnhartsubstanzhöhe am Zahnstumpf zu erhalten [57]. Dabei werden krestal liegende Defekt-ränder der zerstörten Zahnkrone durch Neuposition des marginal lokalisierten Hart- und Weichgewebes in einen Bereich verlegt, der eine adäquate Trockenlegung bei Aufbaufüllung und Abformung vor prothetischer Versorgung erlaubt (► **Abb. 1**, **Abb. 1 c**).

Die Wiederherstellung der biologischen Breite mit Ausbildung einer Zone bindegewebigen Attachments als Grenze zur Knochenkante kann durch die chirurgische Kronenverlängerung erzielt werden (► **Tab. 1**) [58, 59]. Vorteilhaft erscheint hier die Bandbreite der Behandlungsmöglichkeiten von Defektarealen lokalisiert an einer einzelnen Zahnfläche bis hin zu zirkulärer Ausdehnung an einem Zahn oder sogar mehreren Zähnen. In der Regel wird diese Technik einmalig als zeitlich zügiger operativer Eingriff durchgeführt. Nach der Abheilungsphase kann die koronale Restauration langfristig stabil und mit reduziertem Frakturrisiko angefertigt werden.

Merke

In ästhetisch relevanten Arealen gilt die chirurgische Kronenverlängerung als nachteilig und zumeist als nicht sinnvoll.

► **Tab. 1** Chirurgische Kronenverlängerung.

Bereich	zu beachten
Indikationen	hohe Pfeilerwertigkeit, insbesondere lange Wurzel
	ausreichend keratinisierte Gingiva
	geringer Verlust von Hart- und Weichgewebe tolerabel
	ästhetische Verbesserung durch keine andere Technik erzielbar
Kontraindikationen	tief zerstörter Zahn mit schlechter Prognose
	sehr ungünstiges Kronen-Wurzel-Verhältnis
	äußerst wenig oder keine keratinisierte Gingiva
	Hart- und Weichgewebsverlust nicht tolerabel
	Hygienefähigkeit nicht gegeben (z. B. bei Furkationsbeteiligung) ästhetisch relevante Regionen (z. B. Frontzahnggebiet)
Vorteile	einmaliger operativer Eingriff
	intraoperativ durchführbare Aufbaufüllung unter Kofferdam
	Erhalt einer noch vitalen Pulpa
Nachteile	Eingriff in die ästhetische Zone mit möglichem Attachmentverlust
	Knochenverlust
	ungünstiges Kronen-Wurzel-Verhältnis
	erhöhter Mundhygieneaufwand (z. B. bei Furkationsbeteiligung)

Chirurgische Extrusion

Eine weitere eher invasivere Therapieoption zur Herstellung eines Ferrule-Designs ist die koronale Verlagerung von tief subgingivalen Defektgrenzen durch die sog. chirurgische Extrusion (► **Abb. 6**; ► **Tab. 2**). Sie kann entweder durch Extraktion mithilfe einer Zange oder durch axialen Zug mithilfe eines speziellen Instruments, dem sog. Benex-Apparatus (Benex; Helmut Zepf Medizintechnik GmbH, Seitingen-Oberflacht), unter Vermeidung einer Kompression der Zellen auf der Wurzeloberfläche erfolgen [60]. Hierbei wird in 1 Sitzung durch axialen Extrusionszug nach Verankerung einer speziellen Schraube im Wurzelkanal der Zahn in die gewünschte Position befördert, um ihn schließlich in dieser neuen (weiter koronal gelegenen) Position geschient an die Nachbarzähne für 6–8 Wochen einheilen zu lassen (► **Abb. 4**, **Abb. 4 b**).

Meist genügt für die Zahnextrusion der alleinige Zug durch den Benex-Apparatus (► **Abb. 7**), ggf. müssen unterstützend auch feine Luxatoren angewendet werden. Es empfiehlt sich, jede unnötige Kompression des parodontalen Ligaments durch den forcierten Einsatz von Hebeln o. ä. zu vermeiden. In einer Studie an extrudierten und anschließend wieder replantierten Affenzähnen konnte gezeigt werden, dass der Zementblastenverlust auf der Wurzeloberfläche größer ist, wenn die Zahnwurzel (mit oval-rundem Querschnitt) rotierend mittels Zange entfernt wird im Vergleich zur Anwendung eines rein axialen Zugsystems [61].

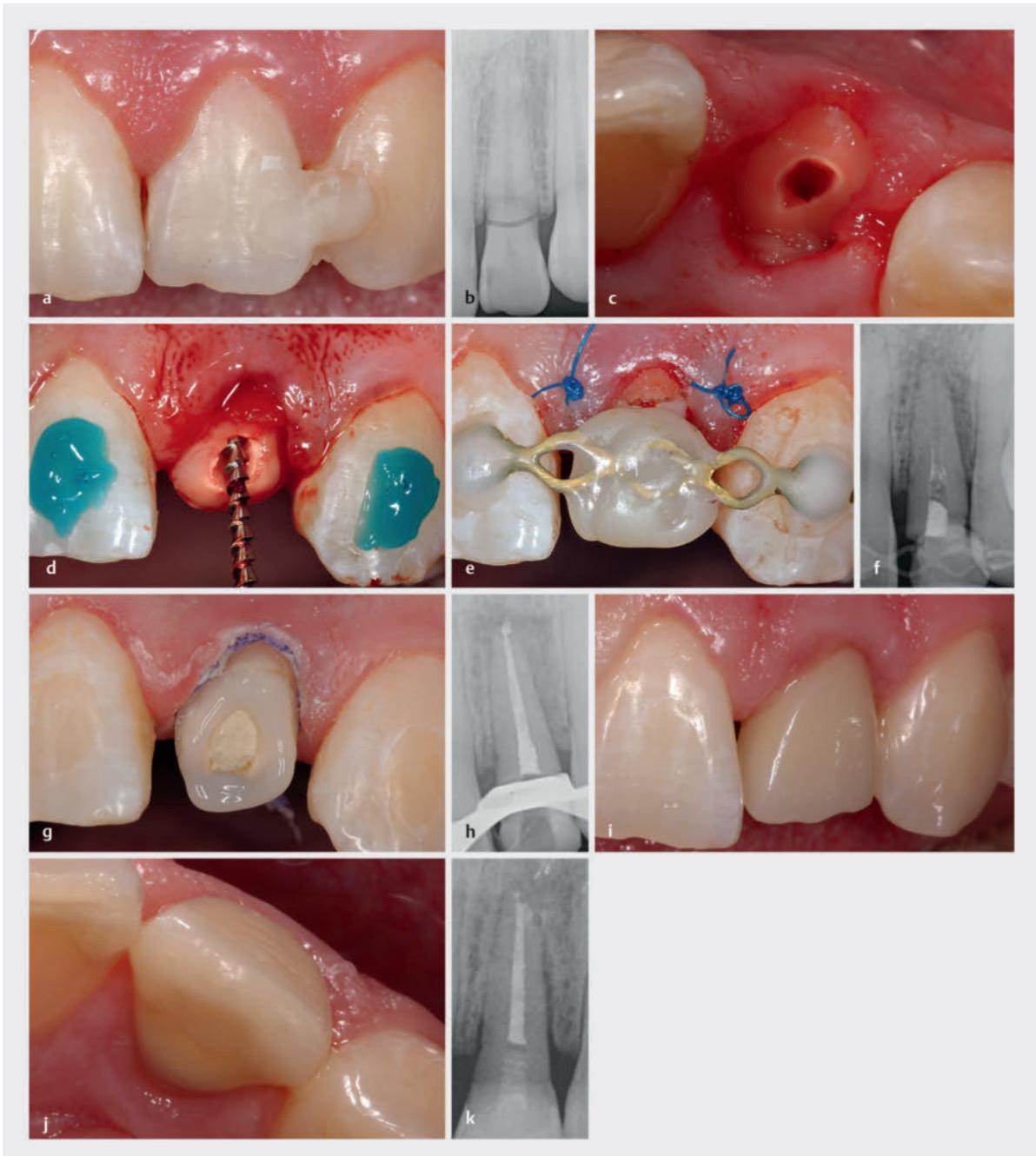
Der größte Vorteil der chirurgischen Extrusion liegt im Erzielen einer günstigen roten Ästhetik unter Schonung des

Weichgewebes und der Papillen im Gegensatz zu einer mit Weichgewebstrauma behafteten Kronenverlängerung [60, 62].

Merke

Die Indikation dieser Technik erscheint prädestiniert für einwurzelige Zähne mit abgeschlossenem Wurzelwachstum in ästhetisch relevanten Bereichen.

Der biologische Erfolg dieser Technik gilt als recht überzeugend und langzeitstabil. Die Erfolgsrate eines funktionellen Zahnerhalts nach chirurgischer Extrusion wurde in einem Review mit 95% nach bis zu 14,5 Monaten im Median angegeben [63]. In einer Kasuistik konnte die Behandlung eines chirurgisch extrudierten Frontzahns auch nach 16 Jahren als ästhetischer und funktioneller Erfolg gewertet werden [64]. In einem aktuelleren Review (einschließlich 8 Fallserien und 11 Fallberichten) wurde auf Basis von 243 Zähnen ermittelt, dass zu 30% nicht progressive Wurzelresorptionen nach chirurgischer Extrusion auftraten. In keinem Fall wurde eine Ersatzresorption als massive Schädigung des Parodonts festgestellt, stattdessen bildete sich in fast allen Fällen erneut ein funktionelles Parodont aus – jedoch mit teils veränderter Wurzelkontur. Progressive Wurzelresorptionen traten zu 3,3% auf, marginaler Knochenverlust zu 3,7% und ein Zahnverlust zu 5% [65]. Effekte, die den Zahnerhalt ernsthaft gefährden könnten, sind eher gering, sodass letztlich immer noch eine tendenziell geringe biologische Komplikationsrate trotz der Invasivität der chirurgischen Extrusion vorliegt.



► **Abb. 6** Chirurgische Extrusion.

- a Zervikale Wurzelquerfraktur an Zahn 22 mit provisorisch an den Nachbarzahn 23 adhäsiv geschientem koronalem Fragment.
 b Röntgenologische Ausgangssituation mit erkennbarem Frakturspalt und bereits sehr wahrscheinlicher Infektion der Pulpa, Primärversorgung erst nach 5 Tagen.
 c Fragmententfernung.
 d Chirurgische Extrusion mit Hedström-Feile ISO 100.
 e Schienungskontrolle klinisch.
 f Schienungskontrolle röntgenologisch.
 g In ca. 3,5 mm koronaler Position, parodontal wieder eingehelter Zahn 22 mit Aufbaufüllung vor endodontischer Therapie.
 h Wurzelkanalfüllung mit deutlicher Sealer-Extrusion.
 i Direkter Kompositaufbau ohne Stiftversorgung von labial.
 j Palatinal mit reizfreier Gingiva und Lockerungsgrad I.
 k Kontrolle nach 1,5 Jahren röntgenologisch mit distal erweitertem Parodontalspalt ohne Hinweise auf eine Parodontitis apicalis oder Wurzelresorption.

► **Tab. 2** Chirurgische Extrusion.

Bereich	zu beachten
Indikationen	einwurzeliger Zahn mit abgeschlossenem Wurzelwachstum
	(sub-)krestaler Zahnhartsubstanzverlust (kariogen oder nach Trauma)
	suffizient durchführbare endodontische Therapie mit guter Prognose
Kontraindikationen	mehrwurzelliger Zahn
	schwere Parodontopathie
	kein Nachbarzahn zur Schienung vorhanden
	limitierte/inadäquate endodontische Therapie mit unsicherer Prognose
	sehr ungünstiges Kronen-Wurzel-Verhältnis
Vorteile	sofortige einzeitige Verlagerung der Defektgrenzen in equi-/supragingivale Bereiche
	vollständige Inspektion der Zahnwurzel bei Dentinfraktionen mit Beurteilung der Erhaltungswürdigkeit (als minimalinvasive atraumatische Extraktion)
	günstige rote Ästhetik mit Schonung der Papillen
	endodontische Therapie während/nach Heilungsphase unter Kofferdam
Nachteile	Heilungsphase mit Schienung für 6–8 Wochen mit oftmals ästhetisch kompromissbehafteter provisorischer Versorgung
	sehr gute Mundhygiene erforderlich für günstige Wundheilung bei vollständig durchtrenntem Parodont und erhöhter Plaqueretention an der Schienung
	restaurative Neuversorgung der Zahnkrone (direkt oder laborgefertigt)
	ungünstiges Kronen-Wurzel-Verhältnis
	resorptiv veränderte Wurzelkontur trotz neu ausgebildetem Parodontalligament möglich

Ein wesentliches technisches Komplikationsrisiko liegt in einer unverhältnismäßigen Erweiterung des Wurzelkanals für den intrakanalären Halt des Extrusionshilfsmittels (Benex-Zugschraube, Hedström-Feile, o. ä.). Dies gilt es zu vermeiden.

Merke

Es empfiehlt sich stets, erst den Wurzelkanal vollständig zu instrumentieren und zu präparieren, um dann den vorgegebenen Kanal idealerweise als Bohr- und Zugfad für die Extrusion zu nutzen.

Des Weiteren muss betont werden, dass der wiederhergestellte Ferrule-Effekt (nach einer Extrusion um meist 2–3 mm bei tief zerstörten Zähnen) zu einem ungünstigeren Kronen-Wurzel-Verhältnis führt. Die Stabilität des Zahnes wird bei physiologischen Knochenverhältnissen i. d. R. nicht beeinträchtigt.

Cave

Unbehandelte Parodontopathien und vertikale Knocheneinbrüche würden das Zahnverlustrisiko erheblich erhöhen und stellen daher absolute Kontraindikationen für diese Technik dar.



► **Abb. 7** Benex-Apparatus (Benex; Helmut Zepf Medizintechnik GmbH, Seitingen-Oberflacht) als mögliches Hilfsmittel für die chirurgische Extrusion an einwurzeligen Zähnen.

Magnetextrusion

Eine sehr gewebeschonende Technik zur Herstellung eines Ferrule-Designs bei tief zerstörten Zähnen ist die Extrusion mithilfe eines Magneten (als Option zur kieferorthopädischen Extrusion mithilfe von Brackets, Apparaturen mittels Gummizügen, o. ä.) [66,67]. Diese Art der Extrusionstechnik eignet sich vor allem in der ästhetischen Zone [68,69], da hier im Vergleich zu allen anderen (invasiveren) Techniken kein Gewebeerlust auftritt (► **Abb. 8**; ► **Tab. 3**). Vielmehr kann sogar die biologische Breite durch eine „langsame magnetgesteuerte“ Zahn-

extrusion ohne oder mit Migration des Hart- und Weichgewebes wiederhergestellt werden, beeinflussbar durch die optional regelmäßige Durchtrennung des parodontalen Ligaments während der Extrusionsphase [69].

Merke

Die Kraft des Magneten entscheidet über die Art der Extrusion, als sog. verzögerte (bis zu 0,3 N mit ca. 1 mm Extrusionsbetrag pro Woche) oder forcierte Variante (ab 0,5 N mit > 1 mm pro Woche) [70].



► **Abb. 8** Magnetextrusion.

- a Zustand nach Keramikronenfraktur und gelockertem adhäsiven Kompositaufbau mit Glasfaserstift an Zahn 12 mit endodontisch kompromittierter Ausgangssituation ohne Hinweise für Parodontitis apicalis oder Wurzellängsfraktur.
- b Endodontisch kompromittierter Zahn 12 mit individuellem Glasfaserstift und Via falsa im mittleren Wurzel Drittel.
- c Adhäsiv befestigter Magnet für Extrusion.
- d Extrusionsdistanz von ca. 2,5 mm nach etwa 2,5 Monaten.
- e Extrudierter Zahn 12 parodontal eingeeilt.
- f Adhäsiver Aufbau mit Verwendung von Glasfaserbündeln ohne Stiftbettbohrung als Alternative zum herkömmlichen Glasfaserstift.
- g Präparierter Zahnstumpf.
- h Eingliederte Vollkeramikkrone mit reizfreier Gingiva.

► **Tab. 3** Magnetextrusion.

Bereich	zu beachten
Indikationen	tief zerstörter Zahn (auch mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum)
	ästhetische Zone
	ein- und mehrwurzelige Zähne
Kontraindikationen	subgingivaler Defekt ohne sichere adhäsive Magnetfixation
	Noncompliance des Patienten
	sehr ungünstiges Kronen-Wurzel-Verhältnis
Vorteile	Erhalt einer vitalen Pulpa
	sehr gute Hygienefähigkeit
	gewebeschonende Technik
	geringer Materialaufwand
	Migration von Knochen und Weichgewebe wenn nötig (z. B. bei Rezessionen)
Nachteile	schwierige adhäsive Fixation des Magneten bei krestalen Defekten
	regelmäßige Durchtrennung der Sharpey-Fasern (alle 1–2 Wochen)
	Extrusionsdauer (meist 2–3 Monate plus Retentionsphase von ca. 2 Monaten)
	ästhetisch kompromissbehaftete provisorische Versorgung während der Extrusionsphase
	limitierte Extrusionsdistanz (ca. 2 mm) ohne Neupositionierung des Kontermagneten
	Neupositionierung des Kontermagneten bei Extrusionsdistanzen von > 2 mm

Verschiedene Magnetsysteme sind auf dem Markt erhältlich (siehe Übersicht bei [70]). Zudem scheinen sich insbesondere für die forcierte Extrusion auch Neodym-Scheibenmagnete zu eignen (für Frontzähne z.B. 2 × 2 mm mit ca. 1,5 N bei direktem Kontakt) [66]. Für die intraorale Anwendung muss bei Extrusionsbeginn ein Abstand von 0,5–2,0 mm zwischen den Magneten durch einen Abstandhalter definiert werden. Der Kontermagnet wird dann in eine Tiefziehschiene (oder entsprechendes Provisorium mit Abstützung an den Nachbarzähnen) einpolymerisiert.

Merke

Die äußerst leichte Hygienefähigkeit bei dieser Technik und ein i. d. R. intaktes Weichgewebe sind die großen Vorteile der Magnetextrusion, wenn auch die Extrusion selbst und die sich anschließende Retentionsphase von ca. 6–8 Wochen teilweise als langwierig angesehen werden muss.

Die Evidenz in der Literatur für die Therapie der Magnetextrusion ist gering. Es liegen wenige Kasuistiken für erfolgreiche Behandlungen mit Nachkontrollen von meist wenigen Monaten vor [71, 72], vereinzelt mit bis zu 3 Jahren [70]. In einem Review wurde gerade bei koronalen Defekten ohne eine verbliebene Kavitätenwand die (orthodontische) Extrusionstherapie im Gegensatz zur chirurgischen Kronenverlängerung als besonders vorteilhaft betrachtet [15].

KERNAUSSAGEN

- Endodontisch behandelte Zähne können von einem Stift im Wurzelkanal profitieren, insbesondere bei tief zerstörten Zähnen.
- Dennoch tragen zahlreiche weitere Aspekte zu ihrer langfristig stabilen Restauration bei.
- Oberste Priorität sollte stets der Erhalt gesunder Zahnhartsubstanz sein.
- Vor allem ein Ferrule-Design sollte bei Überkronung stets vorhanden sein, ggf. müssen die Voraussetzungen dafür erst durch eine spezifische Vorbehandlung geschaffen werden.
- Bei einem adäquaten Ferrule nimmt die Relevanz eines Stiftes im Wurzelkanal deutlich ab.
- Als geeignete Techniken gelten hierfür die chirurgische Kronenverlängerung und die Extrusion (chirurgisch, mit Magnet) der Zahnwurzel. Sie sind entsprechend ihrer Indikationsbereiche zu prüfen und gegeneinander abzuwägen.
- Auch wenn die Anwendung dieser Techniken sicherlich keine Standardbehandlung darstellt, können sie für den Behandler eine wertvolle therapeutische Option sein, tief zerstörte Zähne sicher und vorhersagbar – mit oder ohne Stift – zu erhalten.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

Autorinnen/Autoren



Ralf Krug

Dr. med. dent.; 2002–2008 Studium der Zahnheilkunde an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und der Università Padova (Italien), 2008–2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Universitätsklinikums Würzburg, 2011

Promotion, seit 2015 Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Universitätsklinikums Würzburg, seit 2016 Ernennung zum Spezialist für Endodontologie der DGET, seit 2018 Teilzeit in der Privatpraxis für Zahnheilkunde Prof. Dr. Fickl & Dr. Krug.



Gabriel Krastl

Prof. Dr. med. dent.; 1993–1998 Studium der Zahnheilkunde in Tübingen, 2000 Promotion, 2002–2005 Oberarzt an der Poliklinik für Zahnerhaltung der Universitätsklinikum Tübingen, 2005–2014 Oberarzt an der Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie in

Basel, 2006–2014 Gründung und Leitung des Zahnunfall-Zentrums Basel zusammen mit Prof. Dr. A. Filippi, 2014 Habilitation, seit 2014 Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Würzburg.

Korrespondenzadresse

Dr. med. dent. Ralf Krug

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Pleicherwall 2
97070 Würzburg
krug_r@ukw.de

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Dr. Ralf Krug, Würzburg.

Literatur

- [1] Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R et al. "Ferrule comes first. Post is second!" Fake news and alternative facts? A systematic review. *J Endod* 2018; 44: 212–219
- [2] Edelhoff D, Heidemann D, Kern M et al. Aufbau endodontisch behandelter Zähne. Gemeinsame Stellungnahme der DGZMK, der DGZPW und der DGZ. *Dt Zahn Z* 2003; 58: 199
- [3] Bitter K, Noetzel J, Stamm O et al. Randomized clinical trial comparing the effects of post placement on failure rate of postendodontic restorations: Preliminary results of a mean period of 32 months. *J Endod* 2009; 35: 1477–1482
- [4] von Stein-Lausnitz M, Bruhnke M, Rosentritt M et al. Direct restoration of endodontically treated maxillary central incisors: post or no post at all? *Clin Oral Investig* 2019; 23: 381–389
- [5] Krishan R, Paque F, Ossareh A. Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to fracture assessed in incisors, premolars, and molars. *J Endod* 2014; 40: 1160–1166
- [6] Plotino G, Grande NM, Isufi A et al. Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity designs. *J Endod* 2017; 43: 995–1000
- [7] Azim AA, Griggs JA, Huang GT. The Tennessee study: factors affecting treatment outcome and healing time following non-surgical root canal treatment. *Int Endod J* 2016; 49: 6–16
- [8] Moreira DM, Almeida JF, Ferraz CC et al. Structural analysis of bovine root dentin after use of different endodontics auxiliary chemical substances. *J Endod* 2009; 35: 1023–1027
- [9] Farina AP, Cecchin D, Barbizam JV et al. Influence of endodontic irrigants on bond strength of a self-etching adhesive. *Austr End J* 2011; 37: 26–30
- [10] Morris MD, Lee KW, Agee KA et al. Effects of sodium hypochlorite and rc-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001; 27: 753–757
- [11] Santos JN, Carrilho MR, De Goes MF et al. Effect of chemical irrigants on the bond strength of a self-etching adhesive to pulp chamber dentin. *J Endod* 2006; 32: 1088–1090
- [12] Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics – a review. *Int Endod J* 2010; 43: 2–15
- [13] Bitter K, Eirich W, Neumann K et al. Effect of cleaning method, luting agent and preparation procedure on the retention of fibre posts. *Int Endod J* 2012; 45: 1116–1126
- [14] Bitter K, Perdigião J, Exner M et al. Reliability of fibre post bonding to root canal dentin after simulated clinical function in vitro. *Oper Dent* 2012; 37: 397–405
- [15] Juloski J, Radovic I, Goracci C et al. Ferrule effect: A literature review. *J Endod* 2012; 38: 11–19
- [16] Schmitter M, Sterzenbach G, Faggion CM jr. et al. A flood tide of systematic reviews on endodontic posts: methodological assessment using of r-amstar. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 1287–1294
- [17] Duret B, Reynaud M, Duret F. [A new concept of corono-radicular reconstruction, the composipost (2)]. *Chir Dent Fr* 1990; 60: 69–77
- [18] Sterzenbach G, Franke A, Naumann M. Rigid versus flexible dentine-like endodontic posts-clinical testing of a biomechanical concept: Seven-year results of a randomized controlled clinical pilot trial on endodontically treated abutment teeth with severe hard tissue loss. *J Endod* 2012; 38: 1557–1563
- [19] Naumann M, Sterzenbach G, Dietrich T et al. Dentine-like versus rigid endodontic post: 11-year randomized controlled pilot trial on no-wall to 2-wall defects. *J Endod* 2017; 43: 1770–1775
- [20] Figueiredo FE, Martins-Filho PR, Faria-E-Silva AL. Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fibre post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2015; 41: 309–316
- [21] Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 431–437
- [22] Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fibre-reinforced composite post systems: A review. *Am J Dent* 2007; 20: 353–360

- [23] Krastl G, Zitzmann NU, Weiger R. Adhäsiv Aufbau bei wurzelkanalgefüllten Zähnen. Zahnmedizin up2date 2008; 4: 323–346
- [24] Naumann M, Blankenstein F, Kiessling S et al. Risk factors for failure of glass fibre-reinforced composite post restorations: A prospective observational clinical study. Eur J Oral Sci 2005; 113: 519–524
- [25] Naumann M, Koelpin M, Beuer F et al. 10-year survival evaluation for glass-fibre-supported postendodontic restoration: A prospective observational clinical study. J Endod 2012; 38: 432–435
- [26] Costa RG, De Moraes EC, Campos EA et al. Customized fibre glass posts. Fatigue and fracture resistance. Am J Dent 2012; 25: 35–38
- [27] Anchieta RB, Rocha EP, Almeida EO et al. Influence of customized composite resin fibre glass posts on the mechanics of restored treated teeth. Int Endod J 2012; 45: 146–155
- [28] Genovese K, Lamberti L, Pappalettere C. Finite element analysis of a new customized composite post system for endodontically treated teeth. J Biomech 2005; 38: 2375–2389
- [29] Cagidiaco MC, Garcia-Godoy F, Vichi A et al. Placement of fibre prefabricated or custom made posts affects the 3-year survival of endodontically treated premolars. Am J Dent 2008; 21: 179–184
- [30] Ferrari M, Vichi A, Fadda GM et al. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. J Dent Res 2012; 91: 725–785
- [31] Bergman B, Lundquist P, Sjogren U et al. Restorative and endodontic results after treatment with cast posts and cores. J Prosth Dentistry 1989; 61: 10–15
- [32] Jung RE, Kalkstein O, Sailer I et al. A comparison of composite post buildups and cast gold post-and-core buildups for the restoration of nonvital teeth after 5 to 10 years. Int J Prosthodont 2007; 20: 63–69
- [33] Sarkis-Onofre R, de Castilho Jacinto R, Boscato N et al. Cast metal vs. Glass fibre posts: A randomized controlled trial with up to 3 years of follow up. J Dent 2014; 42: 582–587
- [34] Cloet E, Debels E, Naert I. Controlled clinical trial on the outcome of glass fibre composite cores versus wrought posts and cast cores for the restoration of endodontically treated teeth: A 5-year follow-up study. Int J Prosthodont 2017; 30: 71–79
- [35] Maccari PC, Cosme DC, Oshima HM et al. Fracture strength of endodontically treated teeth with flared root canals and restored with different post systems. J Esthet Restor Dent 2007; 19: 30–36; discussion 37
- [36] Heydecke G, Peters MC. The restoration of endodontically treated, single-rooted teeth with cast or direct posts and cores: A systematic review. J Prosth Dent 2002; 87: 380–386
- [37] Schmitter M, Hamadi K, Rammelsberg P. Survival of two post systems—five-year results of a randomized clinical trial. Quintessence Int 2011; 42: 843–850
- [38] Schmitter M, Lippenberger S, Rues S et al. Fracture resistance of incisor teeth restored using fibre-reinforced posts and threaded metal posts: Effect of post length, location, pretreatment and cementation of the final restoration. Int Endod J 2010; 43: 436–442
- [39] Rathke A, Haj-Omer D, Muche R et al. Effectiveness of bonding fibre posts to root canals and composite core build-ups. Eur J Oral Sci 2009; 117: 604–610
- [40] Bitter K, Perdigo J, Exner M et al. Reliability of fibre post bonding to root canal dentin after simulated clinical function in vitro. Oper Dent 2012; 37: 397–405
- [41] Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: A literature review. Austr Dent J 2011; 56: 77–83
- [42] Gu XH, Mao CY, Liang C et al. Does endodontic post space irrigation affect smear layer removal and bonding effectiveness? Eur J Oral Sci 2009; 117: 597–603
- [43] Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS et al. The role of resin cement on bond strength of glass-fibre posts luted into root canals: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. Oper Dent 2014; 39: E31–E44
- [44] Bitter K, Schubert A, Neumann K et al. Are self-adhesive resin cements suitable as core build-up materials? Analyses of maximum load capability, margin integrity, and physical properties. Clin Oral Investig 2016; 20: 1337–1345
- [45] Lang H, Korkmaz Y, Schneider K et al. Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root. J Dent Res 2006; 85: 364–368
- [46] Krastl G, Gugger J, Deyhle H et al. Impact of adhesive surface and volume of luting resin on fracture resistance of root filled teeth. Int Endod J 2011; 44: 432–439
- [47] Krastl G. Die postendodontischer Restauration – Wurzelkanalstifte: wann und wie? Endodontie 2005; 14: 129–142
- [48] Junqueira RB, de Carvalho RF, Marinho CC et al. Influence of glass fibre post length and remaining dentine thickness on the fracture resistance of root filled teeth. Int Endod J 2017; 50: 569–577
- [49] Shu X, Mai QQ, Blatz M et al. Direct and indirect restorations for endodontically treated teeth: A systematic review and meta-analysis, IAAD 2017 consensus conference paper. J Adhes Dent 2018; 20: 183–194
- [50] Dammaschke T, Nykiel K, Sagheri D et al. Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: A retrospective study. Aust Endod J 2013; 39: 48–56
- [51] Federlin M, Hiller KA, Schmalz G. Controlled, prospective clinical split-mouth study of cast gold vs. ceramic partial crowns: 5,5 year results. Am J Dent 2010; 23: 161–167
- [52] Naumann M, Schmitter M, Krastl G. Postendodontic restoration: Endodontic post-and-core or no post at all? J Adhes Dent 2018; 20: 19–24
- [53] Sedrez-Porto JA, Rosa WL, da Silva AF et al. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. J Dent 2016; 52: 8–14
- [54] Bindl A, Mormann WH. Clinical evaluation of adhesively placed cerec endo-crowns after 2 years – preliminary results. J Adhes Dent 1999; 1: 255–265
- [55] Decerle N, Bessadet M, Munoz-Sanchez ML et al. Evaluation of ceric endocrowns: A preliminary cohort study. Eur J Prosthodont Restor Dent 2014; 22: 89–95
- [56] Otto T. Computer-aided direct all-ceramic crowns: Preliminary 1-year results of a prospective clinical study. Int J Periodontics Restorative Dent 2004; 24: 446–455
- [57] Behring J, Cujé J, Hergt A et al. Erhalt tief zerstörter Zähne – eine Entscheidungshilfe. Endodontie 2017; 26: 437–444
- [58] Goldberg PV, Higginbottom FL, Wilson TG. Periodontal considerations in restorative and implant therapy. Periodontol 2000 2001; 25: 100–109
- [59] Lanning SK, Waldrop TC, Gunsolley JC et al. Surgical crown lengthening: Evaluation of the biological width. J Periodontol 2003; 74: 468–474
- [60] Krug R, Connert T, Soliman S et al. Surgical extrusion with an atraumatic extraction system: A clinical study. J Prosthet Dent 2018; 120: 879–885

- [61] Oikarinen KS, Stoltze K, Andreasen JO. Influence of conventional forceps extraction and extraction with an extrusion instrument on cementoblast loss and external root resorption of replanted monkey incisors. *J Periodontol Res* 1996; 31: 337–344
- [62] Reich S, Krug R, Krastl G. Die chirurgische Extrusion bei Kronen-Wurzel-Fraktur – eine Falldarstellung. *Endodontie* 2017; 26: 411–416
- [63] Caliskan MK, Turkun M, Gomel M. Surgical extrusion of crown-root-fractured teeth: A clinical review. *Int Endod J* 1999; 32: 146–151
- [64] Moura LF, Lima MD, Moura MS et al. Treatment of a crown-root fracture with intentional replantation – case report with 16-year follow-up. *Int Endod J* 2012; 45: 955–960
- [65] Elkhadem A, Mickan S, Richards D. Adverse events of surgical extrusion in treatment for crown-root and cervical root fractures: A systematic review of case series/reports. *Dent Traumatol* 2014; 30: 1–14
- [66] Bondemark L, Kurol J, Hallonsten AL et al. Attractive magnets for orthodontic extrusion of crown-root fractured teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112: 187–193
- [67] Kolpin M, Sterzenbach G, Naumann M. Composite filling or single crown? The clinical dilemma of how to restore endodontically treated teeth. *Quintessence Int* 2014; 45: 457–466
- [68] Camargo PM, Melnick PR, Camargo LM. Clinical crown lengthening in the esthetic zone. *J Calif Dent Assoc* 2007; 35: 487–498
- [69] Carvalho CV, Bauer FP, Romito GA et al. Orthodontic extrusion with or without circumferential supracrestal fibreotomy and root planing. *Int J Period Restorative Dent* 2006; 26: 87–93
- [70] Hergt A, Christofzik D. Die Magnetextrusion. *Endodontie* 2017; 26: 423–435
- [71] Mehl C, Wolfart S, Kern M. Orthodontic extrusion with magnets: A case report. *Quintessence Int* 2008; 39: 371–379
- [72] Wirsching E. Extrusion eines frakturierten Zahnes mittels Magneten und nachfolgende Restauration. *ZWR* 2011; 120: 248–254

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0826-8328>
 Zahnmedizin up2date 2019; 13: 79–98
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 ISSN 1865-0457

Service für unsere Leser

**Sammelordner
voll?**



Neuen Ordner bestellen:

www.thieme.de/mein-up2date-ordner

up2date – Fortbildung mit dem roten Faden

Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Den genauen Einsendeschluss finden Sie unter <https://eref.thieme.de/CXCGEK8>. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/CXCGEK8> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests.



Frage 1

Was ist für eine stabile koronale Restauration und den langfristigen Zahnerhalt *nicht* wichtig?

- A adäquate Dentinequalität
- B ausreichendes Ferrule-Design
- C kleiner koronaler Defekt
- D Schonung gesunder Zahnhartsubstanz
- E korrekte Anwendung des Adhäsivsystems

Frage 2

Welcher Aspekt sollte stets oberste Priorität in der restaurativen Zahnheilkunde haben?

- A Erhalt gesunder Zahnhartsubstanz
- B Ferrule-Design
- C Gewinnmaximierung
- D Stiftsystem statt Überkronung
- E Adhäsion an die Zahnhartsubstanz

Frage 3

Welche Aussage zur Stiftgeometrie ist richtig?

- A Gängige Stiftgeometrien beschränken sich vorrangig auf parallelwandige Formen.
- B Präfabrizierte Stifte scheinen individuell angefertigten Glasfaserstiften aus vorimprägnierten Glasfasersträngen unterlegen zu sein.
- C Die Wahl eines passenden Stiftes und seiner Geometrie zeichnet sich dadurch aus, dass die Zahnwurzel möglichst nicht oder nur minimal durch eine Stiftbettbohrung vorbereitet werden muss.
- D Der Wurzelkanalstift kann die Festigkeit noch vorhandener Zahnhartsubstanz erhöhen.
- E Das Kompositmaterial kann die fehlende Formkongruenz nicht ausgleichen.

Frage 4

Welche Aussage über den Haftverbund ist *nicht* richtig?

- A Silikatisieren bzw. Silanisieren der Oberflächen.
- B Initial muss kein guter Haftverbund bestehen.
- C Die Systemkomponenten müssen aufeinander abgestimmt sein.
- D Die Verbundqualität steigt mit der Eingliederungszeit.
- E Das Dentin-Bonding ist techniksensitiv.

Frage 5

Welche Reststärke sollte eine Kavitätenwand mindestens noch haben?

- A 1,0 mm
- B 1,3 mm
- C 1,5 mm
- D 1,7 mm
- E 1,9 mm

Frage 6

Welche Aussage ist *falsch*?

- A Endodontisch behandelte Zähne sind schwächer und anfälliger für Frakturen als vitale Zähne.
- B Glasfaserstifte und gegossene Stiftaufbauten verursachen weniger irreparable Wurzelfrakturen.
- C Zu den Komplikationen bei den Metallschrauben gehörte oftmals eine Wurzelfraktur.
- D In ästhetisch relevanten Arealen ist die chirurgische Kronenverlängerung vorteilhaft.
- E Die Gefahr einer sekundären Wurzellängsfraktur muss stets bedacht werden.

Frage 7

Worin liegt *kein* Vorteil von Glasfaserstiften?

- A Die Länge des Stiftes kann auf etwa die Hälfte der Wurzellänge begrenzt werden.
- B Wenn der Zahn als Brückenpfeiler diente statt einzeln überkront wurde.
- C Wenn mindestens 1 Approximalkontakt vorhanden ist.
- D Bei der Versorgung von Seiten- statt Frontzähnen.
- E Bei einem Ferrule-Design < 1,3 mm.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung...

Frage 8

Welche Aussage zu Teilkronen ist richtig?

- A Bei einer Teilkronenversorgung ist die Notwendigkeit eines Stiftes nicht gegeben.
- B Sie stellt bei der Restauration eines endodontisch zu behandelnden Seitenzahns keine differenzialtherapeutische Option dar.
- C Der Vorteil liegt in der Unabhängigkeit von bukkalen und linguale Kavitätenwänden.
- D Zur Versorgung mit Teilkronen existieren ausreichende klinische Daten.
- E Neu entwickelte Endokronen stellen künftig eine vielversprechende Behandlungsoption bei der Versorgung von Frontzähnen dar.

Frage 9

Welche Aussage zum Ferrule-Design ist falsch?

- A Der Ferrule-Effekt hat aktuell in der Zahnheilkunde einen höheren Stellenwert als die Entscheidung für die Notwendigkeit eines Stiftes.
- B Die zirkuläre Höhe des Ferrule-Designs sollte 1,5–2,0 mm betragen.
- C Sobald ein Ferrule-Design für die koronale Restauration hergestellt werden kann, verliert der Stift erheblich an Bedeutung.
- D Bei der Stiftversorgung spielt das Ferrule-Design keine Rolle.
- E Auch bei tief zerstörten Zähnen kann ein Ferrule-Design wiederhergestellt werden.

Frage 10

Was ist *keine* Therapiemöglichkeit zur Wiederherstellung eines ausreichenden Ferrule-Designs?

- A chirurgische Extrusion mit Hedström-Feile
- B Wurzelkanalfüllung
- C Magnetextrusion
- D Kronenverlängerung
- E Zahnwurzelextrusion mit Benex-Apparatus