

Fallpräsentation für den VDZE Endo Award
in der Kategorie „Dentales Trauma“

Chirurgische Extrusion und intraalveoläre Transposition
eines lateralen Schneidezahnes nach Kronen-Wurzel-Fraktur
mit Pulpabeteiligung

Korrespondenz:

PD Dr. Matthias Widbiller

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie

Universitätsklinikum Regensburg

Franz-Josef-Strauß-Allee 11

93053 Regensburg

Deutschland

Telefon: 0941 944 6024

Fax: 0941 944 6025

E-Mail: matthias.widbiller@ukr.de

Anamnese und Befund

Die elfjährige Patientin stellte sich am Mittwoch, den 22. März 2019, um 18.20 Uhr im Zahnärztlichen Notdienst des Universitätsklinikums Regensburg vor. Sie stürzte an diesem Tag um ca. 15.00 Uhr behelmt mit ihrem Fahrrad auf einer verkehrsberuhigten Straße, wobei der genaue Unfallhergang aufgrund ihrer fehlenden Erinnerung nicht rekonstruiert werden konnte.

Im Zuge der ersten Befunderhebung wurden eine Riss-Quetschwunde der Oberlippe sowie eine Risswunde an der zervikalen Gingiva des Zahnes 22 festgestellt. An Zahn 21 lag eine Schmelzfraktur ohne Beteiligung von Dentin vor. Der Zahn reagierte positiv auf die Sensibilitätsprobe mit Kältespray, war nicht gelockert und wies einen leichten Schmerz bei vertikaler Perkussion auf. An Zahn 22 war an der Vestibulärfläche der Zahnkrone ein Frakturspalt erkennbar, der aufgrund seiner Lage im mittleren Kronendrittel eine Beteiligung der Zahnpulpa nahelegte und palatinal stark subgingival zu enden schien. Das koronale Zahnfragment war sehr mobil und Bewegung führte zu Schmerzen. Der Zahn reagierte auf die Sensibilitätsprobe mit Kältespray positiv. Die Zähne des ersten Quadranten zeigten keine pathologischen Auffälligkeiten, der Zahn 23 befand sich im Durchbruch und der Zahn 64 stand ebenfalls kurz vor seiner physiologischen Exfoliation. Begleitverletzungen und Frakturen der Kiefer- und Gesichtsknochen wurden durch Palpation und Funktionstests ausgeschlossen.

Die initiale radiologische Diagnostik erfolgte im Rahmen des Zahnärztlichen Notdienstes durch einen Zahnfilm (**Abb. 1**). Darauf zeigten sich keine zusätzlichen Frakturen an den Zahnwurzeln. An Zahn 22 war im Bereich des koronalen Bruchspaltes Komposit zu erkennen, welches das Fragment stabilisierte und in Position hielt. Der apikale Teil des Frakturspaltes ist aufgrund des schrägen Verlaufs nicht abgrenzbar.

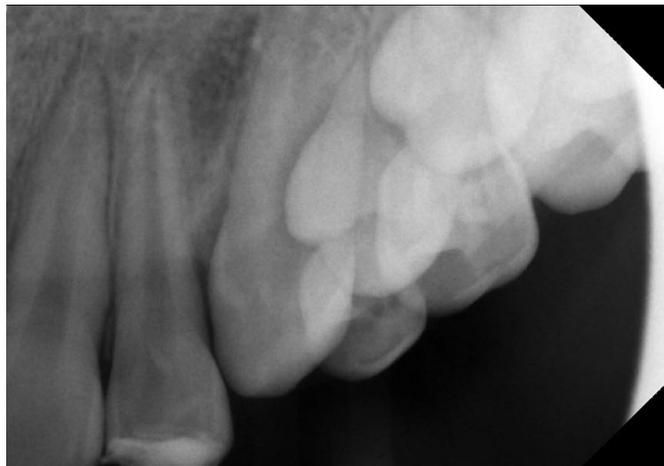


Abbildung 1 Zahnfilm, der am Unfalltag nach der Akutversorgung angefertigt wurde.

Diagnose und Behandlungsplanung

Auf Basis der Anamnese sowie der klinischen und radiologischen Befunde stellten sich für die Zähne 21 und 22 Diagnosen gemäß der American Association of Endodontists (AAE)

bzw. der International Association of Dental Traumatology (IADT) dar (1,2). Der Zahn 21 erlitt demnach eine unkomplizierte Kronenfraktur mit reiner Schmelzbeteiligung. Der Zahn 22 wies eine komplizierte Kronen-Wurzel-Fraktur mit Beteiligung von Schmelz, Dentin und Wurzelzement sowie einer Exposition der Zahnpulpa auf.

Im Allgemeinen lag bei der jungen Patientin ein gut gepflegtes Wechselgebiss ohne Kariesaktivität oder restaurative Versorgung vor. Es gab keine parodontalen Auffälligkeiten und keine pathologischen Befunde bei den benachbarten Zähnen. Der Patientin und ihren Eltern lagen die Zahngesundheit und die Erhaltung der natürlichen Zähne sehr am Herzen.

Die Akutversorgung im Zahnärztlichen Notdienst des Universitätsklinikums Regensburg beschränkte sich auf eine provisorische, adhäsive Fixierung des mobilen koronalen Fragmentes an Zahn 22 mit Komposit (Scotchbond Universal, 3M; Venus Flow Base Liner, Kulzer), um zunächst Schmerzfreiheit für die Patientin zu herzustellen. Der Defekt an Zahn 21 wurde mit einer adhäsiven Komposit-Füllung (Scotchbond Universal, 3M; Filtek Supreme, 3M ESPE) rekonstruiert. Da es keinen Hinweis auf Dislokationsverletzungen gab, erfolgte keine Schienung.

Wenige Tage nach dem Unfall stellte sich die Patientin entsprechend der Empfehlung erneut zur Bewertung der Erhaltungsmöglichkeit des Zahnes 22 und zur detaillierten Planung weiterer Maßnahmen in der Zahntraumasprechstunde der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie vor. Im Zuge dessen wurde das Komposit zur Fixierung des mobilen Fragmentes entfernt, um den Befund nochmals vollständig beurteilen zu können, und es erfolgte die fotografische Dokumentation (**Abb. 2**). Darüber hinaus wurde

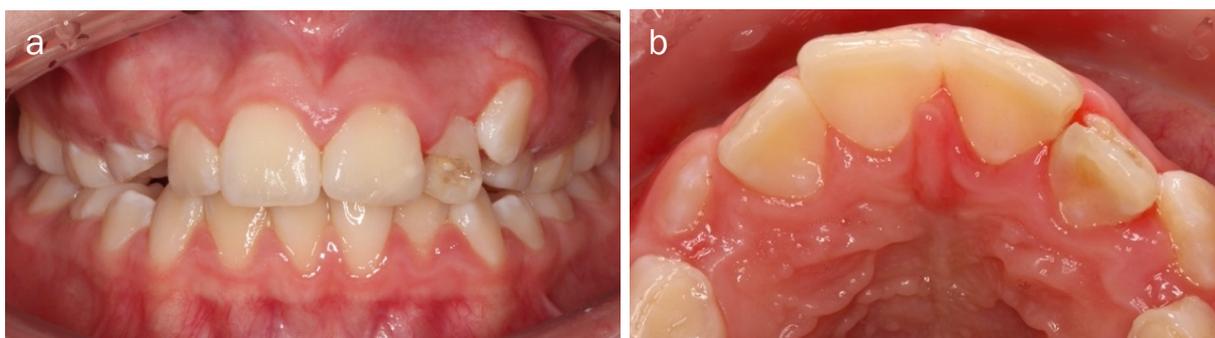


Abbildung 2 Klinische Situation wenige Tage nach dem Zahnunfall. (a) Frontalansicht. (b) Okklusale Aufsicht auf den Oberkiefer.

eine digitales Volumentomogramm (DVT) angefertigt (4×4 cm, X550, Morita). Damit konnten der Verlauf des Bruchspaltes nachvollzogen, die Länge des apikalen Zahnteiles vermessen und weitere Frakturen ausgeschlossen werden (**Abb. 3**). Die dreidimensionale Röntgendiagnostik bestätigte den Befund am Zahn 22 und zeigte einen Frakturspalt, der

durch das Dach der Pulpakammer verlief und auf der palatinalen Seite subkrestal im Übergang vom koronalen zum mittleren Wurzel Drittel endete. Trotz des tiefen palatinalen Frakturspaltes wurde der Zahn als erhaltungswürdig erachtet.

Nach Abwägung aller therapeutischen Möglichkeiten wurde die Patientin mit ihren Eltern ausführlich aufgeklärt und es erfolgte die Planung einer chirurgischen Extrusion mit intraalveolärer Transposition des Zahnes 22.

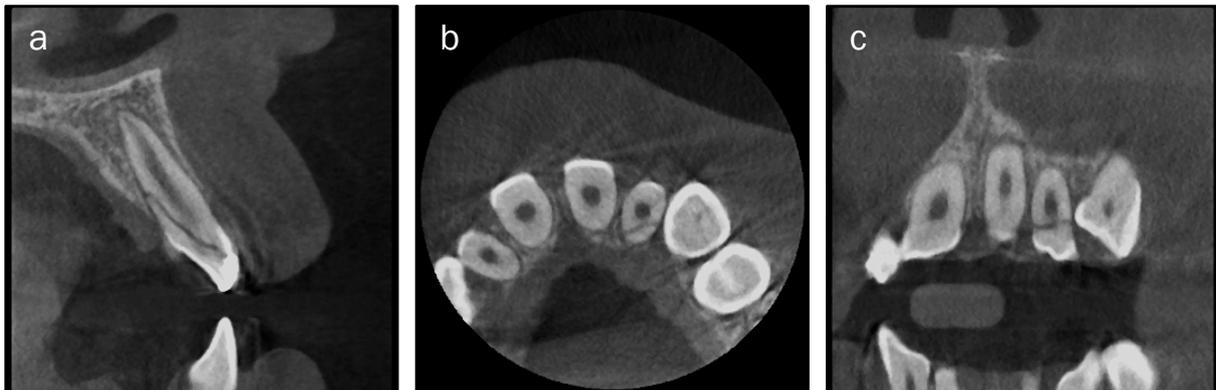


Abbildung 3 Digitales Volumentomogramm der Oberkieferfront. (a) Sagittale Ebene. (b) Transversale Ebene. (c) Frontale Ebene.

Therapie

Der chirurgische Eingriff zur Erhaltung des Zahnes 22 wurde unmittelbar im Anschluss an die Beratung in der Zahntraumasprechstunde durchgeführt. Nach der Oberflächenanästhesie (Xylocain Pumpspray, Aspen) erfolgte eine lokale Infiltrationsanästhesie (Ultracain DS, Sanofi) im Vestibulum des Zahnes 22. Mit einem Periotom wurde der parodontale Faserapparat durchtrennt und das koronale Zahnfragment mobilisiert. Dieses konnte mit Hilfe einer Extraktionszange entfernt werden, so dass ein direkter Blick auf die Kronenpulpa, die gesamte Frakturfläche und den Wurzelkanal möglich war (**Abb. 4a**). Klinisch war das palatinale Ende der Frakturebene aufgrund des tiefen Verlaufs und der Blutung nur schwer zu beurteilen.

Unter dem Operationsmikroskop wurde mit einem schnellrotierenden Diamantschleifer das Pulpakammerdach vollständig entfernt. Das Pulpagewebe wurde exstirpiert und der Wurzelkanal mit K-Feilen (ISO 10-15, VDW) sondiert, um dessen Verlauf eindeutig beurteilen zu können. Die chirurgische Extrusion des Zahnes 22 wurde mit Benex–Control (Meisinger) durchgeführt. Dazu wurde der koronale Teil des Wurzelkanals zunächst mit dem zugehörigen Bohrer auf einen Durchmesser von 1,6 mm erweitert, um die zugehörige Zugschraube aufnehmen zu können. Diese wurde mittels Einbringhilfe ohne starke Kraftanwendung im Wurzelkanal platziert (**Abb. 4b**). Anschließend erfolgte die schonende Extrusion mit intermittierenden vertikalen Zugkräften, bis die Zahnwurzel vollständig aus der Alveole gelöst wurde. Die direkte Inspektion der Zahnwurzel zeigte keine weiteren

Frakturen und die Alveole blieb dabei intakt (**Abb. 4c**). Während der Vorbereitung der folgenden Schritte lagerte der Zahn in einer Zahnrettungsbox (Miradent) die mit 1 mg Dexamethason und 1 mg Tetrazyklin versetzt wurde (Hausapotheke, Universitätsklinikum Regensburg).

Um den Zahn in seiner Zielposition fixieren zu können, wurde vorab eine TTS-Schiene (Medartis) angebracht (Total Etch, Ivoclar Vivadent; Scotchbond Universal, 3M; Venus Flow Base Liner, Kulzer), die sich von Zahn 11 bis 23 erstreckte. Die Schraube wurde mit Teflonband isoliert und der Zahn nach vorsichtiger Reinigung und Trocknung konditioniert und mit einem Flowable-Komposit im tief liegenden Bereich der Bruchfläche rekonstruiert. Mit Hilfe der Schraube als Haltegriff konnte er in 180°-gedrehter Position in der Alveole platziert und an der Schiene fixiert werden (**Abb. 4d**).

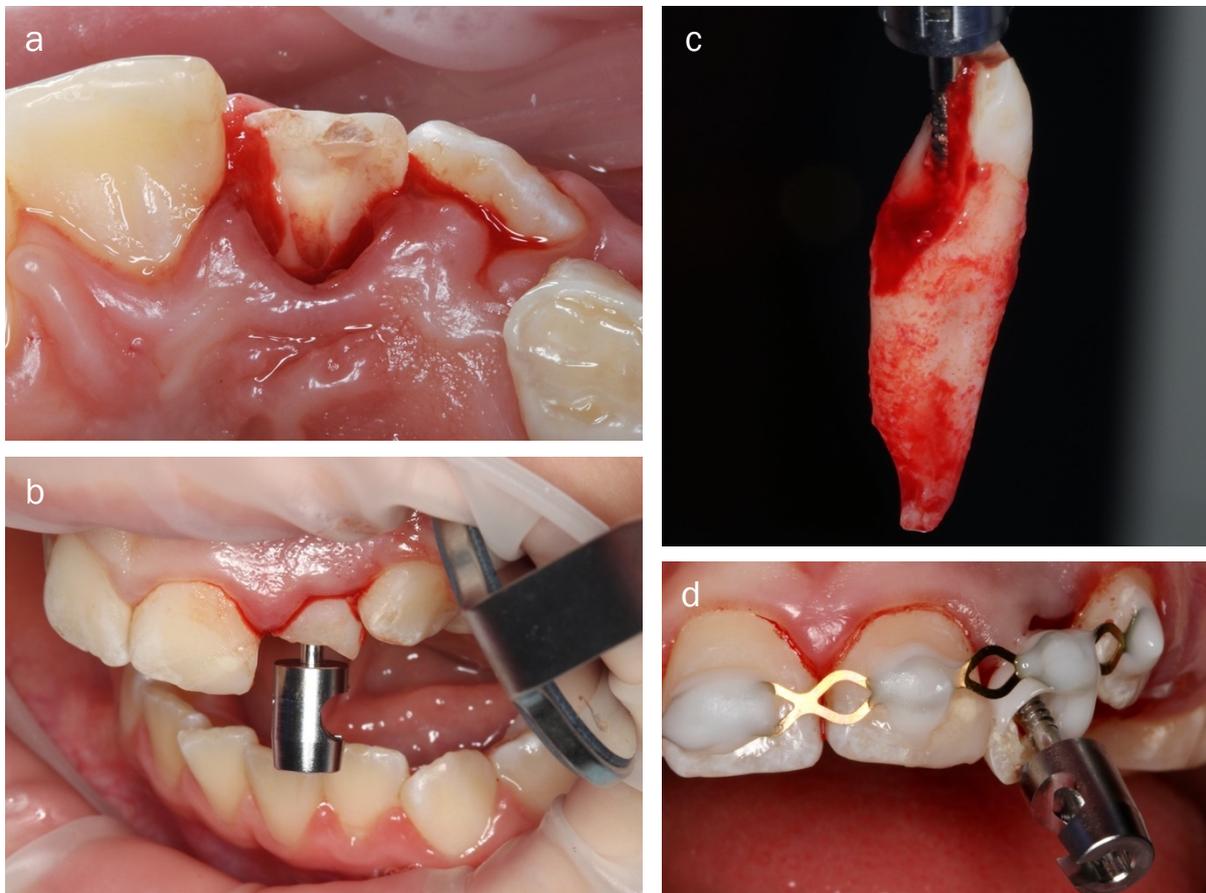


Abbildung 4 Chirurgische Extrusion des Zahnes 22. (a) Zustand nach Entfernung des koronalen Fragmentes. (b) Platzierung der Zugschraube im Wurzelkanal. (c) Extrudierte Zahnwurzel mit intakter Wurzelhaut. (d) Um 180° rotierte und repositionierte Wurzel fixiert an der Schiene.

Daraufhin erfolgte die Spülung des Wurzelkanals mit 0,9 % physiologischer Kochsalzlösung (Braun) und die medikamentöse Einlage mit Ledermix (Riemser). Nach Platzierung eines Teflonbandes auf dem Wurzelkanaleingang wurde der Zahn adhäsiv verschlossen (Scotchbond Universal, 3M; Venus Flow Base Liner, Kulzer) und ein Zahnfilm angefertigt, um die Zahnposition und die Extrusionsstrecke zu überprüfen (**Abb. 5**).

Die Patientin wurde instruiert, ihre Nahrung für die kommenden zwei Wochen anzupassen und den Zahn weitgehend nicht zu belasten. Die gute Mundhygiene sollte aufrechterhalten werden, aber mit gebotener Vorsicht im Bereich des Zahnes 22.

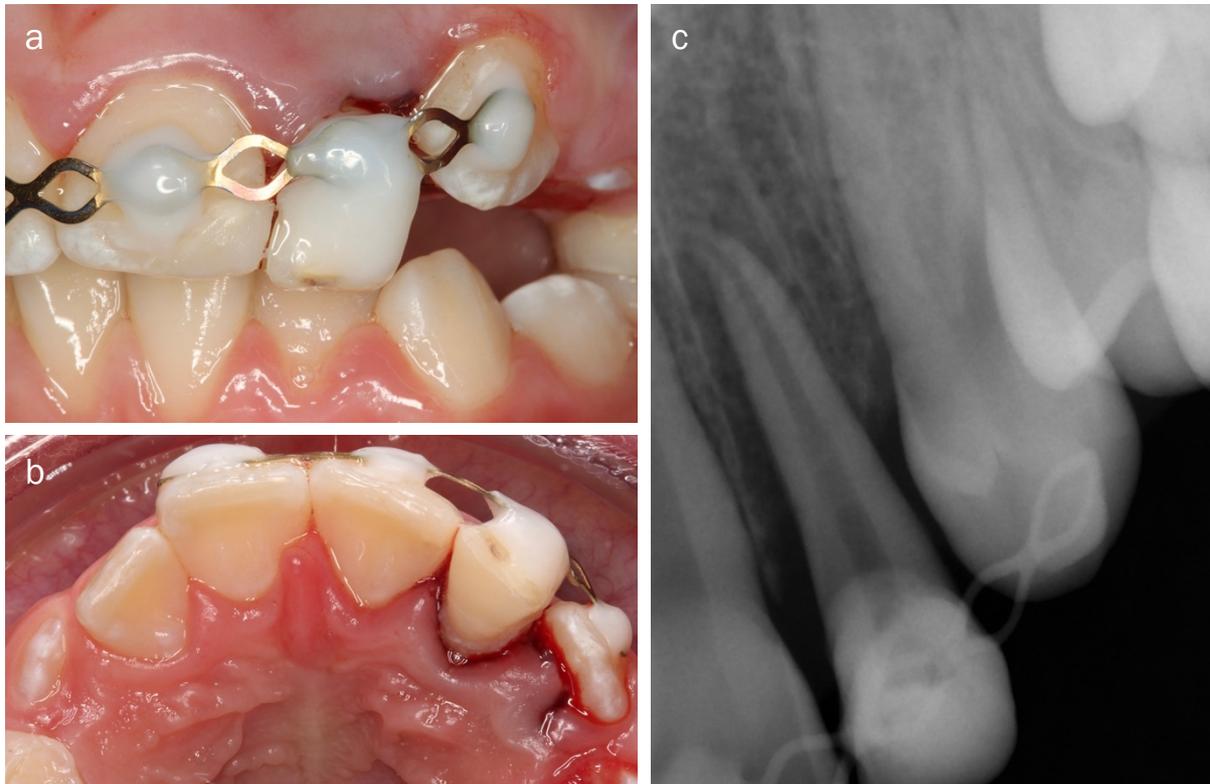


Abbildung 5 Zustand nach chirurgischer Extrusion und intraalveolärer Transposition. (a) Frontalansicht. (b) Okklusale Aufsicht. (c) Zahnfilm mit 180°-rotiertem Zahn in extrudierter Position.

Eine Woche nach chirurgischer Extrusion und intraalveolärer Transposition stellte sich die Patientin zur ersten Nachkontrolle vor. Sie gab keinerlei Schmerzen an und kam gut mit der vorliegenden Situation im Hinblick auf die Ernährung und Mundhygiene zurecht. Klinisch zeigte sich eine blasse und reizfreie Gingiva mit weißlich keratinisierten Regionen um den Zahn 22 (**Abb. 6**).



Abbildung 6 Zustand eine Woche nach chirurgischer Extrusion und intraalveolärer Transposition. (a) Frontalansicht. (b) Okklusale Aufsicht.

Im Rahmen der Nachkontrolle nach drei Wochen stellte sich ein unverändertes Bild dar. Die Sensibilitätskontrollen des Zahnes 21 und der Nachbarzähne waren weiterhin positiv. Zudem wurde ein Kontrollröntgenbild angefertigt, um das Stadium der Verknöcherung an Zahn 22 zu bewerten sowie mögliche Resorptionen frühzeitig zu erkennen (**Abb. 7**). Auf dem Zahnfilm ist die zunehmende Mineralisation der Alveole zu erkennen, deren ehemalige Kontur sich kaum noch abgrenzen lässt.

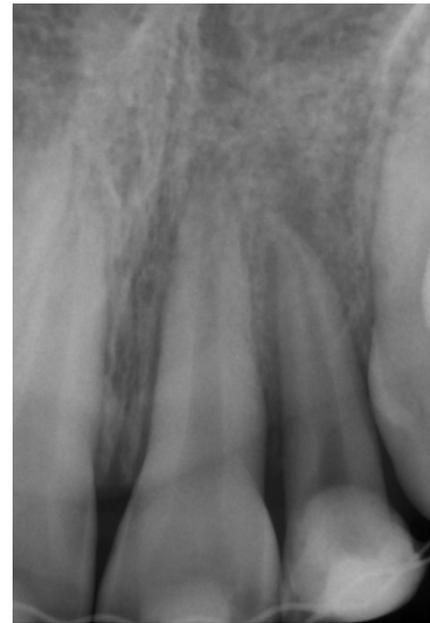


Abbildung 7 Zahnfilm 3 Wochen nach chirurgischer Extrusion und intraalveolärer Transposition.

Fünf Wochen nach der chirurgischen Extrusion wurde letztendlich die TTS-Schiene entfernt und der provisorische Aufbau des Zahnes bearbeitet und poliert.

Die Patientin gab schmerzlose Verhältnisse an und belastet den Zahn weiterhin noch nicht. Klinisch zeigte sich eine girlandenförmige Gingiva mit gutem Attachment zum Zahn. Die Gingiva erschien im Bereich der Papillen und des palatinalen Saumes leicht gerötet (**Abb. 8**).

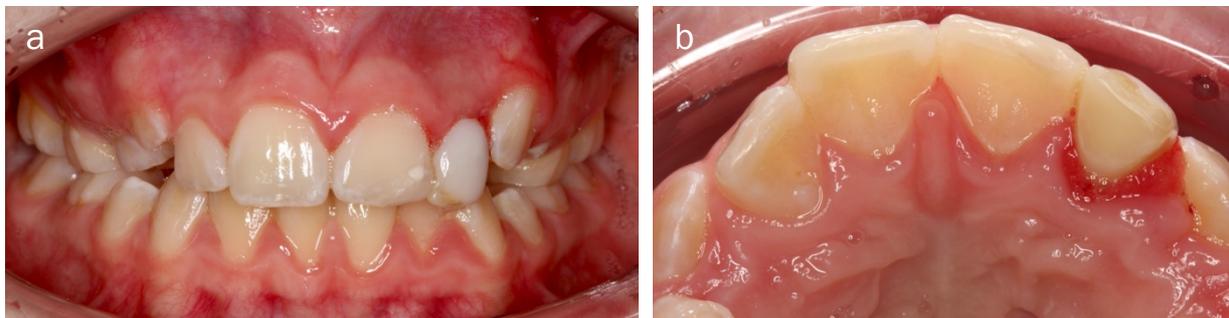


Abbildung 8 Zustand nach der Schienentfernung fünf Wochen nach chirurgischer Extrusion und intraalveolärer Transposition. (a) Frontalansicht. (b) Okklusale Aufsicht.

Sieben Wochen nach dem Eingriff wurde der Zahn 22 endodontisch weiterbehandelt. Dazu erfolgte die Isolation des Zahnes mit Kofferdam (Dental Dam, Coltene), welcher aufgrund der komplizierten Wechselgebissituation mit Wedjets (Coltene) und Opaldam (Ultradent) fixiert wurde. Unter dem Operationsmikroskop wurde der primäre Zugang zum Wurzelkanal angelegt. Sogleich erfolgte die Desinfektion des Pulpakavums und des Wurzelkanals mit 5,25 % Natriumhypochlorit (Speiko). Mit K-Feilen (ISO 15; VDW) wurde der Wurzelkanal sondiert und die Arbeitslänge unter Zuhilfenahme der Endometrie auf 19,0 mm festgelegt (Teneo, Sirona). Nach manueller Präparation eines Gleitpfades (ISO 20, VDW) wurde der Kanal im Weiteren maschinell präpariert. Es erfolgte eine ständige NaOCl-Desinfektion mit Schallaktivierung (EDDY, VDW) zwischen den Feilen. Die Wurzelkanalpräparation wurde

mit ProTaper Next (25mm X1-X5, Dentsply Sirona) bis zur finalen Größe X5 vorgenommen, denn es lag ein weites apikales Foramen aufgrund des jungen Alters vor. Die Präparation des Wurzelkanales wurde durch ein Röntgenbild mit eingebrachtem formkongruenten Masterpoint (Dentsply Sirona) kontrolliert (**Abb. 9a**). Zuletzt erfolgte eine aktivierte Spülung des Wurzelkanals mit je 20 ml 5,25% NaOCl, 10% EDTA (Hausapotheke, Universitätsklinikum Regensburg) und abschließend wieder 5,25% NaOCl. Alle Spülflüssigkeiten kamen bei Raumtemperatur zum Einsatz. Der Wurzelkanal wurde sorgfältig mit formkongruenten Papierspitzen getrocknet (Dentsply Sirona) und warm vertikal mit Guttapercha (Dentsply Sirona) und AH-Plus (Dentsply Sirona) obturiert (**Abb. 9b**). Die Zugangskavität wurde mit AH-Pus Cleaner (Dentsply Sirona) gereinigt, konditioniert (Scotchbond Universal, 3M) und mit einem Flowable-Komposit (Venus Flow Base Liner, Kulzer) verschlossen.



Abbildung 9 Zahnfilme im Zuge der Wurzelkanalfüllung. (a) Masterpoint-Aufnahme. (b) Kontrolle der Wurzelkanalfüllung

Mit Abschluss der Behandlung war die Patientin beschwerdefrei und auch radiologisch zeichneten sich keine pathologischen Befunde ab. Trotzdem zur Unterscheidung von der Zahnschubstanz ein farbabweichendes, weißes Komposit zur Schienung und provisorischen Rekonstruktion der Zahnkrone verwendet wurde, war die Patientin mit der Erscheinung des Zahnes sehr zufrieden. Aufgrund vorhandener Zahnfehlstellungen wurde nun eine Beurteilung durch die Poliklinik für Kieferorthopädie vorgenommen. Da im Zuge dessen eine festsitzende kieferorthopädische Apparatur in Aussicht gestellt wurde, entschied man sich gemeinsam mit der Patientin dazu, die definitive Versorgung des Zahnes nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung vorzunehmen.

Im Laufe der kommenden Jahre wurden der Zahn 22 sowie dessen Nachbarzähne regelmäßig klinisch und radiologisch kontrolliert. Bei Kontrollen 12, 24 und 36 Monate nach dem Unfall zeigten sich keinen weiteren Sensibilitätsverluste oder Auffälligkeiten. Auch auf den Zahnfilmaufnahmen sind keine pathologischen Befunde wie Resorptions-

vorgänge oder marginale Knochendefekte erkennbar (**Abb. 10**). Um die Zahnwurzel herum stellt sich ein durchgängiger Parodontalspalt dar.

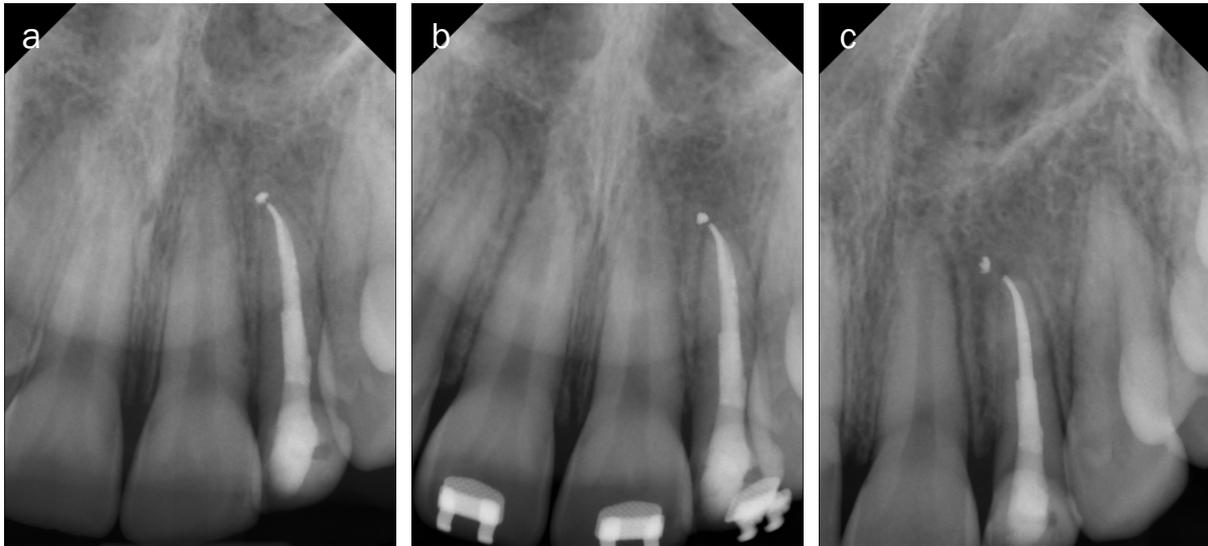


Abbildung 10 Röntgenkontrollen des Zahnes 22. (a) 12 Monate. (b) 24 Monate. (c) 36 Monate.

Knapp drei Jahre nach dem Zahnunfall wurde eine Etappe der kieferorthopädischen Behandlung abgeschlossen und die festsitzende Apparatur entfernt. Mittlerweile zeigt sich ein permanentes Gebiss mit gut ausgeformten Zahnbögen. An Zahn 22 liegt die Gingiva girlandenförmig und blassrosa an und die provisorische Restauration ist deutlich erkennbar (**Abb. 11**). Klinisch lagen keine Lockerung, keine erhöhten Sondierungstiefen und keine Blutung bei Sondieren vor.



Abbildung 11 Zustand knapp 3 Jahre nach chirurgischer Extrusion und intraalveolärer Transposition. (a) Frontalansicht. (b) Okklusale Aufsicht.

Im weiteren Verlauf erfolgte die definitive Restauration des Zahnes 22. Dieser wurde minimalinvasiv zur Aufnahme einer vollkeramischen Krone präpariert, wobei an der palatinalen Fläche aufgrund des großzügigen Platzangebotes kaum Substanzabtrag notwendig war. Nach der Präparation wurde ein Retraktionsfaden in den Sulkus eingebracht und eine Doppelmischabformung vorgenommen (Panasil, Kettenbach). Der Gegenkiefer wurde mit Alginat (Blueprint, Dentsply) abgeformt und ein Bissregistrator (Green Bite, detax) angefertigt. Die Patientin wurde mit einer temporären Krone (Luxatemp, DMG)

entlassen. Das zahntechnische Labor (Frank Dentaltechnik, Regensburg) bestimmte daraufhin die Zahnfarbe und fertigte eine vollkeramische Krone mit einem Zirkon-Gerüst und Verblendkeramik an (**Abb. 12a**).

Eine Woche nach der Abformung wurde die Einzelzahnkrone befestigt. Dazu wurde die temporäre Krone entfernt, der Stumpf versäubert und konditioniert (Scotchbond Universal, 3M). Die Krone wurde silanisiert (Scotchbond Universal, 3M) und mit einem adhäsiven Komposit-Zement (Rely X Ultimate, 3M ESPE) befestigt (**Abb. 12**).



Abbildung 12 Eingliederung der definitiven Versorgung. (a) Einzelzahnkrone. (b) Frontalansicht nach Befestigung. (c) Okklusale Aufsicht nach Befestigung. (d) Schrägansicht auf das Weichgewebsprofil.

Epikrise

Ein unachtsamer Schritt beim Treppensteigen, eine Rangelei auf dem Schulhof oder ein übersehener Bordstein mit dem Fahrrad: Zahnunfälle geschehen unerwartet und können jeden treffen. Weltweit erleiden etwa 15% aller Menschen an bleibenden Zähnen und etwa 20% an Milchzähnen unfallbedingte Schäden (3). Die Verletzungen lassen sich dabei in Dislokationen, also Verschiebungen oder Verluste von Zähnen, und Zahnfrakturen unterteilen. Frakturen können dabei an der Zahnkrone, der Zahnwurzel oder kombiniert als Kronen-Wurzel-Fraktur auftreten. Die Kronen-Wurzel-Frakturen machen dabei bis zu 5% aller Frakturen aus (4,5) und treten in der Regel in der Oberkieferfront auf (6).

Häufig kommt es bei Unfällen zu frontalen Stößen auf die Zähne, wodurch Kräfte erzeugt werden, welche die Zahnkrone nach oral verschieben. Unter bestimmten Bedingungen (z. B. bei stumpfen Stößen) ist es möglich, dass der Zahn dabei nach oral verschoben wird ohne zu brechen. Widerstehen jedoch der Knochen und das parodontale Ligament der Verschiebung, wird die Wurzeloberfläche gegen den palatinalen Knochen gedrückt und es kommt zu hohen Kraftspitzen im Zahn (**Abb. 13**). Da die Zug- und Scherfestigkeit des spröden Zahngewebes viel geringer ist als dessen Druckfestigkeit, entwickeln sich Scherspannungen zwischen den Zonen

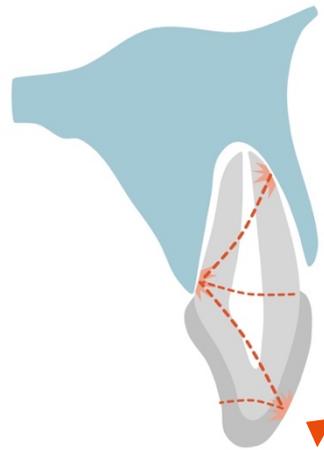


Abbildung 13 Zahn mit frontaler Kräfteinwirkung (Pfeilspitze). Es entstehen Druckzonen an unterschiedlichen Stellen des Zahnes und bewirken typische Frakturverläufe (gestrichelte Linien).

entgegengesetzter Kräfte und der Zahn frakturiert vornehmlich entlang der Ebene, die die beiden Druckbereiche verbindet (4). So entstehen wie auch im vorgestellten Fall oftmals schräge Frakturen, die Schmelz, Dentin und Wurzelzement betreffen und auf der oralen Seite tief subgingival enden. Sie stellen die Behandelnden vor große Herausforderungen zum einen in der Diagnostik und zum anderen in der Therapie.

Eine diagnostische Schwierigkeit bei Kronen-Wurzel-Frakturen liegt darin, dass der orale Verlauf des Bruchspaltes klinisch meist nicht sichtbar oder tastbar ist. Somit ist man zunächst auf intraorale Röntgenbilder angewiesen, wobei sich die Diagnostik auch hier meist schwierig gestaltet. Da die Frakturfläche in der Regel parallel zum Sensor verläuft, stellen sich Frakturlinien nur mit einer gewissen Unschärfe dar oder aber sind überhaupt nicht abzugrenzen (**Abb. 14**). Im vorgestellten Fall zeigte der Zahnfilm, der im Rahmen der

Erstversorgung angefertigt wurde, lediglich den vestibulären Frakturspalt, wohingegen der orale Teil nicht erkennbar war. Somit konnte die Frakturtiefe nicht bewertet werden. Um die Erhaltungswürdigkeit zu beurteilen und die therapeutischen Möglichkeiten abzugrenzen, ist somit eine dreidimensionale Röntgen-diagnostik unabdingbar. Nur mit Hilfe eines DVTs ist es möglich, weitere

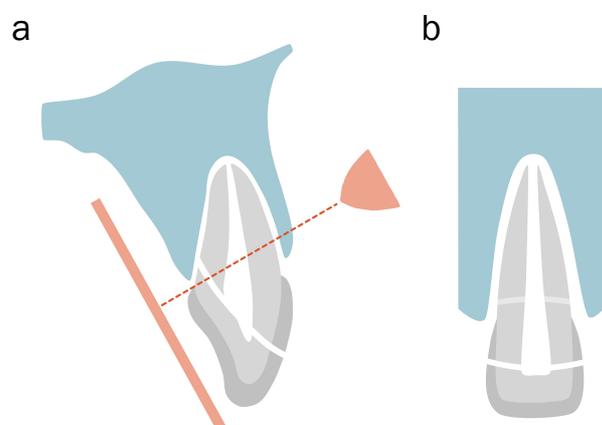


Abbildung 14. Problematik bei Zahnfilmen. (a) Parallele Ausrichtung des Bruchspaltes zum Sensor. (b) Abbildung zweier Frakturlinien mit oft unscharfer Abgrenzung.

Frakturen am Zahn und am Alveolarfach auszuschließen, was von sehr wichtig für die weitere Behandlung ist. Darüber hinaus lassen sich die Alveole bzw. der Zahn sowie die Tiefe der Fraktur im oralen Bereich vermessen.

Die Akutversorgung der Kronen-Wurzel-Fraktur beschränkte sich im vorgestellten Fall auf die Fixierung des mobilen koronalen Fragmentes mit einem Flowable-Komposit, wobei die Zahnpulpa nicht exstirpiert wurde. Dies wurde in enger Koordination mit der Patientin vorgenommen und nur unter der Voraussetzung, dass zum Versorgungszeitpunkt eine vitale Pulpa ohne pulpitische Beschwerden vorlag. Es zeigte sich, dass die Schmerzen lediglich aufgrund der Mobilität des Fragmentes auftraten, was damit behoben wurde. Diese Art der Akutversorgung wurde im Bewusstsein vorgenommen, dass es zur Infektion der Zahnpulpa über den vorhandenen Bruchspalt kommen wird. Dementsprechend wurde die Patientin aufgeklärt sich in Kürze zur weiteren Planung und Versorgung vorzustellen, um kein Risiko einer symptomatischen Pulpitis einzugehen. Eine Alternative wäre die sofortige Exstirpation der Zahnpulpa gewesen gefolgt von einer medikamentösen Einlage in den Wurzelkanal, wobei hier kein Vorteil zu erkennen war. Vielmehr wäre die Infektion des Endodonts über den Bruchspalt möglicherweise sogar erleichtert gewesen, da kein immunkompetentes Pulpagewebe im Kanal vorliegt, welches Mikroorganismen am Vordringen hindern kann (7,8). Da keine weiteren Verletzungen vorlagen und die Pulpa symptomfrei war, brachte die Immobilisierung des Fragmentes der Patientin und dem Behandler Zeit, um Folgemaßnahmen zu planen bzw. weitere diagnostische Schritte einzuleiten und zu diskutieren.

Im vorgestellten Fall fiel die Entscheidung auf die Erhaltung des Zahnes 22 durch chirurgische Extrusion und intraalveoläre Transposition. Einer der Gründe war, dass die Versorgungsmöglichkeiten einer Lücke im Frontzahnggebiet in diesem Alter (elf Jahre) sehr eingeschränkt sind. Während Implantate während des fortschreitenden Wachstums nicht indiziert sind (9), wäre die Versorgung der Lücke mit einer einflügeligen Klebebrücke oder durch einen kieferorthopädischen Lückenschluss denkbar. Trotzdem Klebebrücken meist zu einem sehr ästhetischen Ergebnis führen, sind im Wechselgebiss oftmals nur geringe Klebeflächen verfügbar und es kommt zu kontinuierlichen wachstumsbedingten Veränderungen der Kiefer- und Zahnstellung, was die Ästhetik einer Klebebrücke auf lange Sicht beeinträchtigen könnte. Die Möglichkeit zum kieferorthopädischen Lückenschluss muss in der Gesamtbetrachtung der Kieferentwicklung bzw. des Zahnstandes bewertet werden und die Behandlung ist gerade bei einseitigen Lücken oftmals nur mit Hilfsmitteln wie Miniimplantaten zu bewerkstelligen.

Im Zuge der Erhaltung des Zahnes 22 boten sich auch mehrere Möglichkeiten an, die gegeneinander abgewogen werden mussten. Bei einer Kronen-Wurzelfrakur ist es grundsätzlich möglich, den Defekt direkt zu restaurieren (ggf. mit chirurgischer Kronenverlängerung), wobei die tiefsten Bereiche der Frakturebene nicht notwendigerweise von der Restauration bedeckt werden müssen (**Abb. 15a**). Diese Möglichkeit bietet sich an, wenn die Fraktur noch im koronalen Wurzeldrittel endet, was im vorgestellten Fall nicht zutraf. Bei einer direkten Restauration wäre so an der palatinalen Zahnfläche ein unkontrollierbarer Bereich entstanden, an welchem sicherlich parodontale Probleme entstanden wären. Um dies zu vermeiden und die biologische Breite des Zahnes wiederherzustellen, musste eine Extrusion erfolgen. Dies ist grundsätzlich auf dem kieferorthopädischen und chirurgischen Weg möglich. Die kieferorthopädische Extrusion stellt ein schonendes Verfahren dar, welches gerade bei vitalen Zähnen in Erwägung zu ziehen ist (**Abb. 15b**). Es besteht jedoch ein hoher Zeit- und Kostenaufwand und kann bei unentdeckten Infrakturen oder Frakturen im Bereich der Zahnwurzel zu Komplikationen kommen. Ist der Frakturverlauf von Beginn an geklärt und eine kieferorthopädische Extrusion sinnvoll, so kann in der Akutversorgung auch eine Kronenpulpotomie zur Vitalerhaltung der Wurzelpulpa erfolgen. Im vorgestellten Fall wäre die Zahnwurzel nach

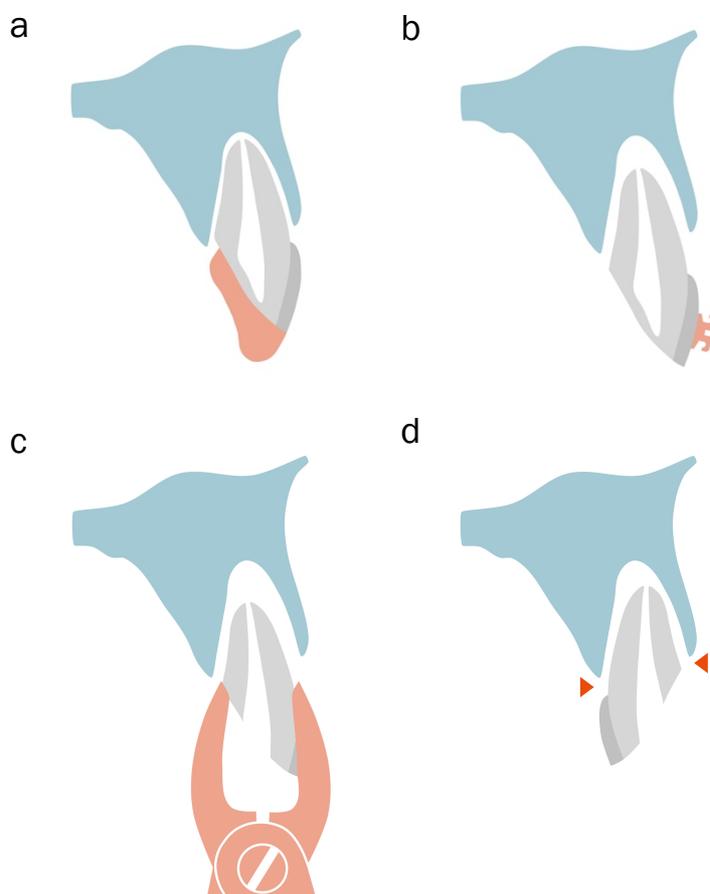


Abbildung 15 Behandlungsoptionen bei Kronen-Wurzel-Frakturen. (a) Direkte Restauration. (b) Kieferorthopädische Extrusion. (c) Chirurgische Extrusion. (d) Intraalveoläre Transposition.

der Extrusion nur noch über eine relativ kurze Distanz im Knochen verankert gewesen, was zu einem kritischen Kronen-Wurzel-Verhältnis geführt hätte. Die chirurgische Extrusion bietet demgegenüber den Vorteil, dass es sich um ein schnelles Verfahren handelt und die Zahnwurzel intraoperativ auf weitere Verletzungen hin inspiziert werden kann (**Abb. 15c**). Wie bei der Patientin demonstriert, ergibt sich zudem die Option, die Zahnstellung bei der Replantation zu verändern, um eine günstigere Situation zu schaffen. Der Zahn kann um 180° gedreht und in dieser Position replantiert werden, um die kritische, ehemals palatinale Frakturfläche nun vestibulär zu positionieren, wo der Limbus alveolaris deutlich tiefer liegt (**Abb. 15d**). Die Zahnwurzel ragt nun bei eingehaltener biologischer Breite weiter in die Alveole, wodurch ein günstigeres Kronen-Wurzelverhältnis entsteht.

Die chirurgische Extrusion stellt bei ausreichender klinischer Erfahrung ein sicheres Mittel dar, um tief zerstörte Zähne zu erhalten (10,11). So zeigten Krug et al. an 61 Patienten, dass es mit diesem Verfahren bei einer mittleren Nachbeobachtung von 3,1 Jahren in über 90% zum Erfolg kam (12). Ebenso fasste ein systematischer Review von 243 Zähnen zusammen, dass es sich bei der chirurgischen Extrusion um ein zuverlässiges Verfahren handelt. Während Komplikationen wie unkritische transiente Resorptionen häufiger beobachtet wurden (30%), traten leichten Lockerungen (4,6%) oder marginaler Knochenverlust (3,7%) nach dem Eingriff nur selten auf (13). So konnte auch im vorgestellten Fall klinisch und radiologisch keine Komplikation im Sinne eines Knochenverlustes, einer Lockerung oder einer Resorption festgestellt werden, was angesichts der Studiendaten eine sehr gute Überlebensprognose verspricht. Ein Restrisiko für das Auftreten von Komplikationen kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. Es sei an der Stelle erwähnt, dass die Zahnerhaltung für die Patientin trotz der schweren Verletzung erfolgreich war und sie funktionell und ästhetisch über die kritischen Jahre der Jugend und bestenfalls weit ins Erwachsenenalter versorgt ist.

Die finale Restauration erfolgte mit einer vollkeramischen Krone. Alternativ dazu wären auch weniger invasive Methoden wie ein Veneer oder eine direkte Komposit-Füllung denkbar gewesen. Die Präparation eines Veneers hätte zu Problemen führen können, denn aufgrund des schlanken Profils der extrudierten Zahnwurzel, die im Bereich des Präparationsrandes keinen Schmelzmantel mehr besitzt, ist die Anlage einer ausgeprägten Hohlkehle kaum möglich. Dies erschwert zum einen die Lagefindung und stellt zum anderen ein werkstofftechnisches Problem dar, denn die dezente Gestaltung der Präparationsgrenze verlangt eine Zirkon-unterstützte Versorgung. So fiel die Entscheidung auf die Einzelzahnkrone, gerade auch weil inzisal und palatinal aufgrund des Platzangebotes kaum Substanz abgetragen werden musste. Das Gerüst konnte dabei aus

Zirkon gefertigt und anschließend verblendet werden. Natürlich wäre auch eine direkte Komposit-Füllung des Zahnes denkbar gewesen. Dies hätte für die Patientin jedoch beträchtlich mehr Zeit in Anspruch genommen, wäre aufgrund des schlanken Wurzelprofils gerade im approximalen Bereich eine Herausforderung gewesen und stünde in puncto Materialalterung der vollkeramischen Restauration auf lange Frist nach.

Literatur

1. AAE. Glossary of Endodontic Terms. 10th edition, 2019.
2. Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, Flores MT, O'Connell AC, Day PF, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dent Traumatol.* 2020;36:314–30.
3. Petti S, Glendor U, Andersson L. World traumatic dental injury prevalence and incidence, a meta-analysis—One billion living people have had traumatic dental injuries. *Dent Traumatol.* 2018;34:71–86.
4. Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. 2018. Wiley-Blackwell (Hoboken).
5. Olsburgh S, Jacoby T, Krejci I. Crown fractures in the permanent dentition: pulpal and restorative considerations. *Dent Traumatol.* 2002;18:103–15.
6. Castro JCM, Poi WR, Manfrin TM, Zina LG. Analysis of the crown fractures and crown-root fractures due to dental trauma assisted by the integrated clinic from 1992 to 2002. *Dent Traumatol.* 2005;21(3):121–6.
7. Raslan N, Wetzel W. Exposed human pulp caused by trauma and/or caries in primary dentition: a histological evaluation. *Dent Traumatol.* 2006;22:145–53.
8. Galler KM, Weber M, Korkmaz Y, Widbiller M, Feuerer M. Inflammatory response mechanisms of the dentine–pulp complex and the periapical tissues. *Int J Mol Sci.* 2021;22:1480.
9. LJ O, RJ C, DM R. Maxillary implants and the growing patient. *Implant Dent.* 1994;3:115.
10. Çalışkan MK, Türkün M, Gomel M. Surgical extrusion of crown-root-fractured teeth: a clinical review. *Int Endod J.* 1999;32:146–51.
11. Tegsjö U, Valerius-Olsson H, Frykholm A, Olgart K. Clinical evaluation of intra-alveolar transplantation of teeth with cervical root fractures. *Swed Dent J.* 1987;11:235–50.
12. Krug R, Connert T, Soliman S, Syfrig B, Dietrich T, Krastl G. Surgical extrusion with an atraumatic extraction system: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2018;120:879–85.
13. 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.