

Michael Arnold

# Infektionsbedingte externe apikale Wurzelresorptionen an ersten Unterkiefermolaren

## Eine Fallserie



### INDIZES

*apikale Resorption, Crack, Pulpa, reparative endodontische Therapie (RET), intrakoronale Befundaufnahme und Diagnostik*

### ZUSAMMENFASSUNG

Externe apikale Resorptionen können auch bei vitaler Pulpa durch die mikrobielle Infektion von Dentin und Pulpa provoziert werden. Zu den ätiologischen Faktoren zählen Karies, Schmelz-Dentinsrisse, Attritionen und Abrasionen mit Dentinfreilegung. Durch eine kausale Therapie kann die Resorption gestoppt werden. Dabei ist es möglich, Teile der Pulpa für die Reparatur mit zement- und dentinähnlichen Geweben zu erhalten. Die Entscheidung über die partielle oder vollständige Entfernung der Pulpa sollte unter klinischer und radiologischer Kontrolle erfolgen.

### Einleitung

Externe apikale Wurzelresorptionen sind gekennzeichnet durch einen Abbau von Zement und irreversiblen Verlust von Wurzelentin. Die apikale Resorption verläuft asymptomatisch und wird meist zufällig während radiologischer Routineuntersuchungen diagnostiziert. Der Zeitpunkt des Beginns der apikalen Resorption bleibt deshalb häufig unbekannt, sodass die Ermittlung der Ursache der Resorption und die Wahl der geeigneten Therapie erschwert werden. Im Gegensatz zu physiologischen Resorptionen an Dentis decidui können an permanenten Zähnen apikale Resorptionen als Ergebnis eines pathologischen Reizes auftreten.

Resorptionen gehören zu den physiologischen Prozessen im Verlauf des alters- und funktionell bedingten Knochenumbaus. Osteoblasten induzieren die Ausbildung von Osteoklasten durch RANKL (Receptor Activator of NF $\kappa$ B Ligand) und regulieren deren Aktivität über Osteoprotegerin (OPG). OPG hemmt die Resorptionsfähigkeit und fördert die

Apoptose der Osteoklasten<sup>1</sup>. Zähne sind im Normalfall vor der resorptiven Leistung der Osteoklasten geschützt, da das Zement von außen und das Prädentin von innen als geringmineralisierte Gewebe eine Bindung von Osteoklasten verhindern. Odontoklasten und Osteoklasten können nur an Proteine mit einer Aminosäuresequenz Arginin-Glycin-Asparagin und einer Bindungsfähigkeit an Kalzium anknüpfen<sup>2</sup>.

Voraussetzung für eine externe Resorption des Dentins scheint die Schädigung oder fehlerhafte Produktion des Wurzelzements zu sein. Ähnlich wie bei traumatischen Verletzungen können kleine Zementverletzungen repariert werden. Größere Flächen des ungeschützten Dentins können von aktivierten Osteoklasten abgebaut werden, solange der ursächliche Reiz fortbesteht.

Wie bei allen externen Resorptionen handelt es sich auch bei der apikalen Resorption um einen dynamischen Prozess, der in Abhängigkeit von der Reizeinwirkung von Phasen des Abbaus von Zahnhartsubstanz und des Anbaus von Ersatzgewebe gekennzeichnet ist<sup>3</sup>.

**Tab. 1** Analoge Terminologie für apikale Resorptionen.

Resorptionsbezeichnung	Abkürzung	Autoren
Apical root resorption	ARR	Castro et al. <sup>31</sup>
Periapical replacement resorption	PARR	Bender et al. <sup>7</sup>
External apical root resorption	EARR	Liamas-Carreras et al. <sup>32</sup> , Lee & Lee <sup>33</sup>
External apical inflammatory resorption	EAIR	Abbott & Lin <sup>5</sup>
Orthodontic-induced external root resorption	OIERR	Alhadainy et al. <sup>34</sup>
Idiopathic apical root resorption	IARR	Weismann <sup>35</sup> , Brooks <sup>36</sup> , Rivera & Walton <sup>24</sup> , Moazami & Karami <sup>37</sup>
Localized idiopathic apical root resorption	LIAR	Kanas & Kanas <sup>38</sup>
Idiopathische progressive inflammatorische Resorption	IPIR	Hülsmann & Schäfer <sup>39</sup>
Multiple idiopathic external apical root resorption	MIEARR	Bansal et al. <sup>40</sup> , Di Domizio et al. <sup>41</sup>

Externe Resorptionen werden unterschieden in Oberflächenresorptionen (transiente Resorptionen) und infektionsbedingte Resorptionen (entzündliche Resorptionen), die im Ergebnis einer Ersatzresorption auch zu Ankylosen führen können<sup>4,5</sup>.

### Nomenklatur und analoge Terminologie

Apikale Resorptionen werden in der Literatur unter verschiedenen Begriffen beschrieben (Tab 1). Die unterschiedlich gewählte Terminologie reflektiert auch den Versuch, Resorptionen nach ihrem radiologischen Erscheinungsbild und der Ätiologie zu beschreiben. Fallberichte mit unaufgeklärter Ursache werden als idiopathische Resorptionen bezeichnet.

Lokalisierte apikale Resorptionen werden an permanenten Zähnen mit vitaler oder nekrotischer Pulpa und nach abgeschlossener Wurzelkanalbehandlung beobachtet<sup>6-8</sup>.

### Prävalenz

In einer Multicenter-Studie mit einer portugiesischen Population wurden nach Auswertung von 1.249 digitalen Computertomogrammen (DVT) mit 22.899 Zähnen bei 1,1 % der Zähne apikale Re-

sorptionen ermittelt<sup>9</sup>. Als Folge einer kieferorthopädischen Therapie traten in 14,8 % der Fälle apikale Resorptionen auf<sup>10</sup>. Histologische Studien an Verstorbenen zeigten, dass bis zu 90 % der Zähne apikale Resorptionen aufweisen<sup>11</sup>. Diese Ergebnisse wurden in einer In-vivo-Studie bestätigt, in der Zähne mit einer radiografisch nachweisbaren apikalen Aufhellung nach Extraktion histologisch auf das Vorhandensein von Resorptionen untersucht wurden. Unabhängig davon, ob eine radikuläre Zyste oder ein Abszess oder granulomatöses Gewebe nachgewiesen wurde, lagen in über 90 % der Zähne mit infizierter Pulpanekrose externe Wurzelresorptionen vor<sup>12</sup>.

### Ätiologie

Apikale Resorptionen treten häufig nach kieferorthopädischer Therapie, intrusiven dentalen Trauma und als Folge von Bruxismus, Pulpitis, infizierter Pulpanekrose, chronischer apikaler Parodontitis und Zysten auf<sup>5,13,14</sup>.

Als begünstigende Faktoren der Ausbildung multipler apikaler Resorptionen werden genetische Ursachen und Stoffwechselerkrankungen diskutiert<sup>15-18</sup>.

### Pathogenese

Erste apikale Resorptionen am Alveolarknochen treten bereits mit dem Beginn einer Dentinkaries auf, lassen sich aber nur histologisch nachweisen<sup>19</sup>. Die Verminderung der Sauerstoffversorgung, der Verlust der sympathischen Versorgung und ein „Turnover“ der dynamischen Belastung von Knochen und Zement begünstigen apikale Resorptionen<sup>20</sup>.

Mit der mikrobiellen Infektion des Pulpa-Dentin-Komplexes kommt es bereits bei noch vitaler Pulpa zu strukturellen Veränderungen an der Wurzelspitze. Im Vergleich zu Zähnen mit Pulpanekrose ohne Infektion werden bei mikrobiell infizierten Zähnen die Sharpey'schen Fasern abgebaut und es treten Resorptionen im Zement in Gegenwart von Mikroorganismen auf<sup>8</sup>.

Entzündlich bedingte apikale Resorptionen können vollständig durch zementähnliches Gewebe oder zelluläres und azelluläres Zement mit Parodontalfasern repariert werden<sup>11</sup>. Voraussetzung für eine Reparatur scheint die Entfernung der mikrobiellen Infektion zu sein<sup>6,21</sup>, in den meisten Fällen durch eine vollständige Wurzelkanalbehandlung. In Einzelfällen können jedoch auch Teile der Pulpa erhalten werden. Für ein differenziertes Vorgehen wird die Arbeit unter Sicht mit einem Dentalmikroskop empfohlen, um den Grad der Zerstörung der Pulpa differenzieren zu können<sup>22</sup>.

An vier Fallbeispielen sollen die Diagnostik und Therapie in unterschiedlichen Phasen der apikalen Resorption demonstriert werden.

### Fall 1: Resorption nach „Dental Crack“

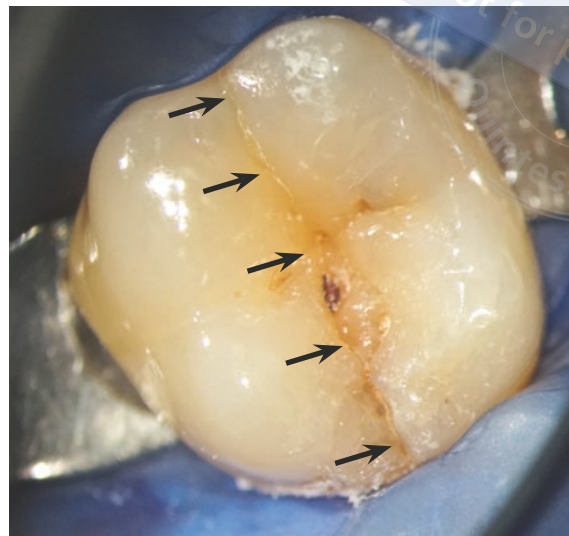
Der 32-jährige männliche Patient stellte sich mit zeitweise auftretenden Schmerzen auf kalte Reize im vierten Quadranten vor. Schmerzen traten auch bei funktioneller Belastung reizgebunden über einen Zeitraum von mehreren Monaten auf. Eine direkte Zuordnung auf einen Zahn ließ sich beim Hauszahnarzt nicht ermitteln, da der Schmerz sich nicht reproduzieren ließ. Die allgemeine Anamnese ergab keine Auffälligkeiten. Ein akutes dentales Trauma wurde ausgeschlossen.

Eine erste intraorale Inspektion ergab keine Auffälligkeiten bei einer sehr guten Mundhygiene. Unter vergrößerter Sicht ließ sich am Zahn 46 ein Schmelzriss in mesiodistaler Ausdehnung unter Einbeziehung der Randleisten erkennen (Abb. 1).

Der Sensibilitätstest mit Kältespray (Miracold plus, Fa. Hager & Werken, Duisburg) ergab keine Auffälligkeiten. Im Vergleich zu den Zähnen 45 und 47 reagierte der Patient mit einer reizgebundenen positiven Reaktion.

Die klinischen Tests auf Zahnbeweglichkeit, Sulkussondierungswerte und Perkussion ergaben keine pathologischen Befunde.

Auf der intraoralen Röntgenaufnahme (Trophy IRIX 70 RVG Sensor 6200, Fa. Carestream Dental LLC, Atlanta, GA, USA) fielen am kariesfreien Zahn 46 apikal an der mesialen Wurzel eine diskrete Verbrei-



**Abb. 1** Schmelzriss am kariesfreien Zahn 46 von mesial nach distal (Pfeile). Es sind keine atypischen Attritionen oder Schmelzfrakturen zu erkennen.



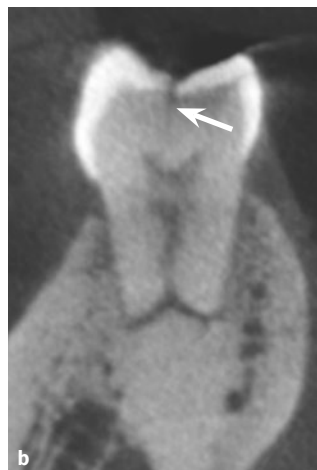
**Abb. 2** Zahn 46 mit apikalen Resorptionen mesial und distal bis in das mittlere Wurzel Drittel. In der Region der ehemaligen distalen Wurzelspitze erscheint der Knochen als Ergebnis der Ersatzresorption verdichtet.

terung des Desmodontalspalts und distal eine deutliche Verkürzung der Wurzellänge auf. Apikal der distalen Wurzel erschien der Knochen verdichtet (Abb. 2). Auf dem DVT (Veraviewpox 3D, Fa. Morita, Kyoto, Japan) bestätigte sich die apikale Aufhellung mesial mit oberflächlicher Resorption (Abb. 3a). An der distalen Wurzel ließ sich eine Verkürzung bis in das mittlere Wurzel Drittel nachweisen. In koronaler Projektionsebene des DVTs war ein v-förmiger Verlust an Zahnhartsubstanz bis in das Innere der Wurzel zu erkennen (Abb. 3b).

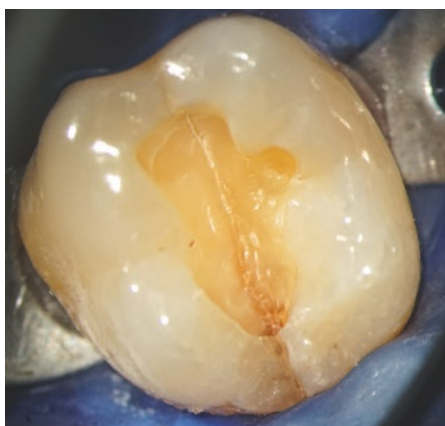
Im Verlauf der intrakoronaren Diagnostik (IKD) sollte die Verdachtsdiagnose einer reversiblen Pulpitis geprüft werden. Dazu wurde nach Anästhesie des N. alveolaris inferior rechts mit Ubistesin (Fa. Espe, Seefeld) mit Adrenalin 1:200.000

und Anlage des Kofferdams (DermaDam, Fa. Ultra-dent, Köln) unter Sicht mit dem Dentalmikroskop (DM) (PROergo, Fa. Carl Zeiss Meditec, Oberkochen) die endodontische Zugangskavität präpariert. Während der Präparation wurde erkennbar, dass der Schmelzriss tief in das Dentin bis zur Pulpakammer verlief (Abb. 4). Das Pulpakammerdach mit Dentinriss wurde zirkulär für eine weitergehende histologische Untersuchung abgetragen. Die Pulpa erschien leicht hyperämisch (Abb. 5a). Die koronal irreversibel geschädigte Pulpa wurde mit einem kugelförmigen Diamanten unter Wasserkühlung bis zum Wurzelkanaleingang abgetragen. Zur Differenzialdiagnostik erfolgte nach oberflächlicher Desinfektion der Pulpakammer mit Natriumhypochlorit (NaOCl) 1 % (Fa. lege artis, Dettenhausen) eine Blutstillung mit einem sterilen in Kochsalzlösung (NaCl) getränkten Wattepellet für 5 Minuten. Die Pulpa erschien nach diesem Beobachtungszeitraum auf-

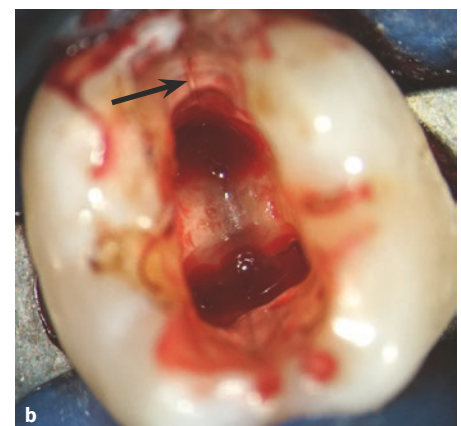
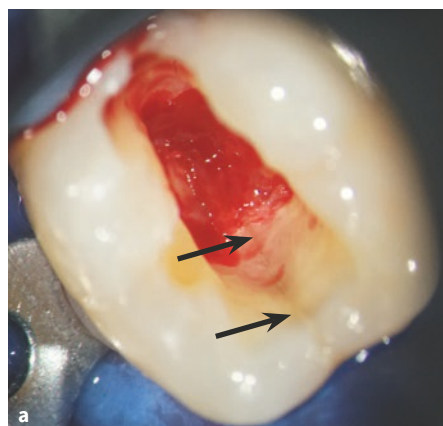
gelockert und blutete geringfügig weiter (Abb. 5b). Auf der Grundlage der vorliegenden klinischen, radiologischen und intrakoronalen Befunde wurde eine reversible Pulpitis vermutet. Die Wurzelpulpa wurde mit MTA abgedeckt und die endodontische Zugangskavität schichtweise mit Komposit verschlossen. Es erfolgte eine kurzfristige Überkronung des Zahnes beim Hauszahnarzt, um das teilfrakturierte Kronendentin zu stabilisieren. Die erste Röntgennachkontrolle nach 3 Monaten ließ keinen weiteren Fortschritt der apikalen Resorption erkennen (Abb. 6a). Sechs Monate nach der Zementierung der Metallkeramikkrone klagte der Patient über pulpitische Beschwerden, die sich auf einen Wärmereiz auslösen ließen und reizüberdauernd anhielten. Auf der Röntgenaufnahme ließ sich am distalen Wurzelkanaleingang eine interne Resorption vermuten, sodass eine weitere Erhaltung der Pulpa nicht erfolgversprechend erschien (Abb. 6b).



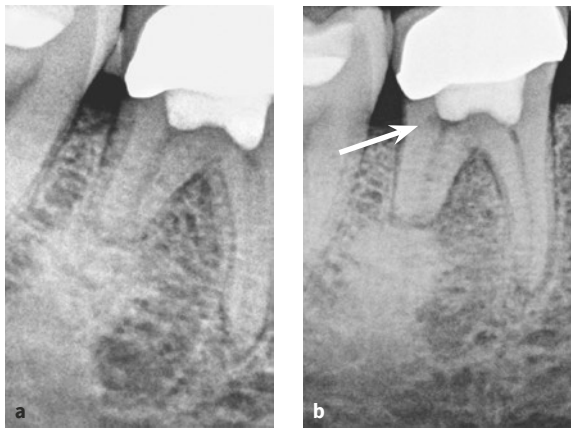
**Abb. 3a und b** a) DVT-Aufnahme in sagittaler Projektion mit mesial apikaler Aufhellung und initialer Resorption. Distal lässt sich umgeben von verdichteter Knochenstruktur die strangförmige Gefäßversorgung des Zahnes 46 vermuten (weiße Pfeile). Ein vertikaler Knocheneinbruch deutet auf eine mikrobielle Infektion distal hin (gelber Pfeil). b) An der distalen Wurzel sind in koronaler Projektionsebene die in Richtung Wurzelkanal v-förmige Resorption und ein okkulsaler Schmelz-Dentin-Riss (Pfeil) zu erkennen.



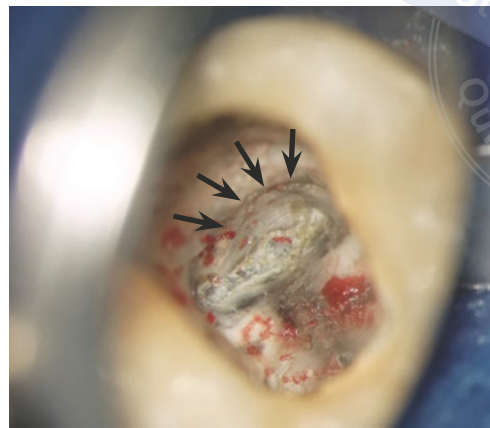
**Abb. 4** Tiefer Dentinriss in mesiodistaler Ausdehnung bis zur Pulpakammer.



**Abb. 5a und b** a) Das Pulpakammerdach ist entfernt, die Pulpa erscheint hyperämisch. b) Nach Pulpotomie liegt eine Nachblutung vor, die auf eine irreversible Pulpitis hindeuten kann.



**Abb. 6a und b** a) Erste Röntgenkontrolle 3 Monate nach Pulpotomie: Der Zahn ist klinisch und radiologisch unauffällig. b) Nach 6 Monaten lässt sich am distalen Wurzelkanaleingang eine interne Resorption vermuten.



**Abb. 7** Ausdehnung der Resorption am distalen Wurzelkanaleingang (Pfeile). Eine Blutgefäßversorgung nach apikal blieb durch den mineralisierten Anteil der Pulpa erhalten.

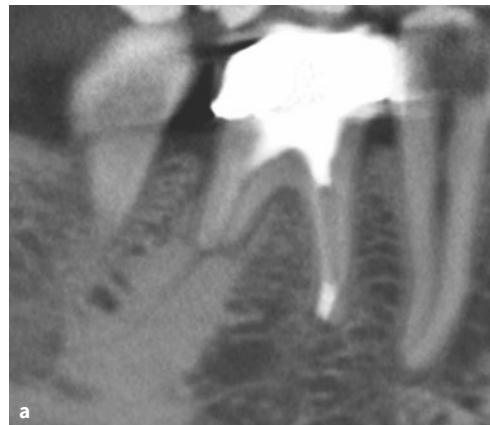


**Abb. 8** Röntgenkontrollaufnahme nach Wurzelkanalfüllung Zahn 46.

**Abb. 9** Röntgenkontrollaufnahme nach 2 Jahren ohne pathologischen Befund.



**Abb. 10a und b** DVT-Aufnahme in a) sagittaler Projektion. Der distale vertikale Einbruch und die apikale Aufhellung mesial sind vollständig mit Knochen aufgefüllt (vgl. Abb. 3a). b) In der koronalen Projektionsebene an der distalen Wurzel ist kein weiterer Resorptionszuwachs nachzuweisen (vgl. Abb. 3b).

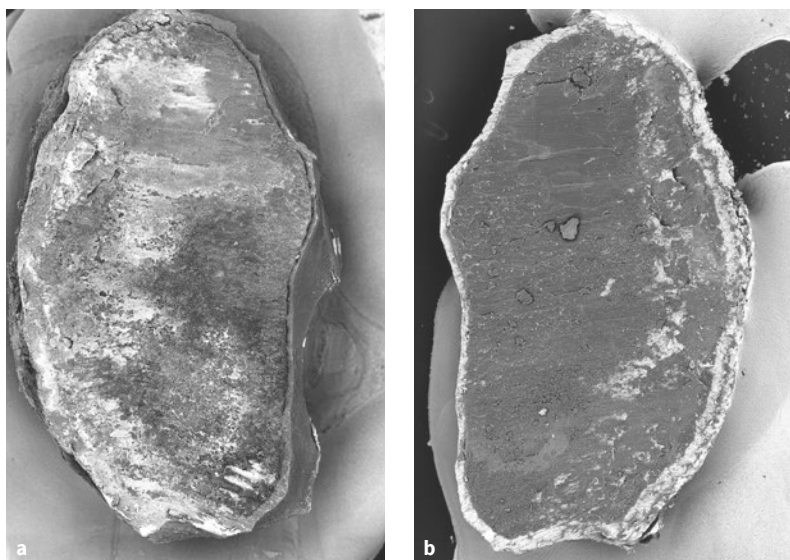


Mit der Diagnose einer irreversiblen akuten Pulpitis erfolgte eine vollständige Wurzelkanalbehandlung. Intrakoronar ließ sich unterhalb der MTA-Füllung eine interne Resorption mit stark durchblutetem Gewebe darstellen, die sich noch auf Höhe der Dentinfraktur befand. Unterhalb der Resorption lag mineralisiertes Gewebe vor, sodass der Wurzelkanal fast vollständig verschlossen war (Abb. 7).

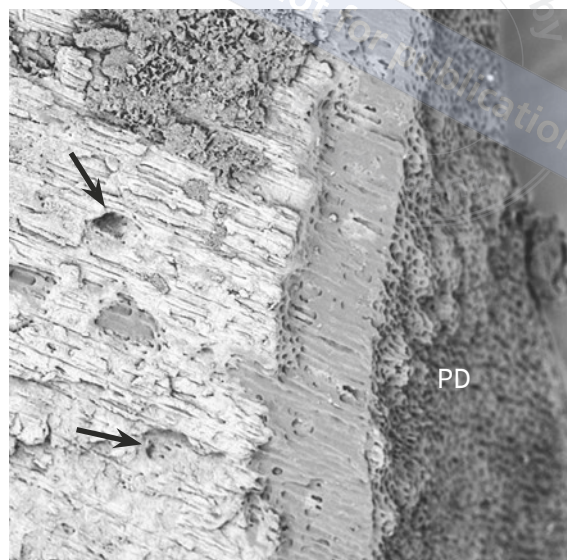
Die mechanische Erweiterung der Wurzelkanäle erfolgte mit ProFile (Fa. Maillefer, Schweiz) unter elektrometrischer Kontrolle und kontinuierlicher Desinfektion mit NaOCl 1 %. Als medikamentöse Einlage kam für 3 Wochen Ultracal (Fa. Ultradent, Köln) zur Anwendung. Die nach approximal distal und mesial durchgängigen Risse wurden minimalinvasiv mit einem Langschaftrosenbohrer (Endo

Access Burs, Fa. Hager&Meisinger, Neuss) erweitert und adhäsiv mit Tetric Power (Fa. Ivoclar Vivadent, Ellwangen) unter Verwendung von OptiBond FL (Fa. Kerr, Herzogenrath) als Bondingsystem versiegelt, um eine mikrobielle Reinfektion zu verhindern. Nach Trocknung mit sterilen Papierspitzen wurden die mesialen Wurzelkanäle thermoplastisch mit vertikaler Kompaktion in Schilder-Technik verschlossen. Als Sealer kam 2Seal (Fa. VDW, München) zur Anwendung. Der distale Wurzelkanal wurde mit ProRoot MTA (Fa. Dentsply Sirona, Bensheim) schichtweise verschlossen (Abb. 8).

Zwei Jahre nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung ist der Zahn klinisch und röntgenologisch unauffällig (Abb. 9). In der DVT-Kontrolluntersuchung lässt sich kein weiterer Fortschritt der Resorption erkennen (Abb. 10a und b).



**Abb. 11a und b** Dentinprobe des Pulpakammerdaches mit zentral gelegenem Dentinriss mit Ansicht auf die Bruchflächen (a) und mit einer vollständigen Biofilm-Bedeckung (b).



**Abb. 12** Nach Entfernung der organischen Ablagerungen sind Prädentin (PD), Dentintubuli und vereinzelte resorptive Läsionen (Pfeile) zu sehen.

### REM-Untersuchung des Dentins

Beide Bruchstücke des Pulpakammerdachs wurden in alkoholischer Reihe getrocknet und am Entnahmetag unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) untersucht. Trotz trocknungsbedingter Schrumpfung war eine komplette Bedeckung der Bruchflächen mit Biofilm nachweisbar (Abb. 11a und b). Erst nach einer zweistündigen Lagerung der Proben in Kaliumhydroxid (KOH) 5 % gelang es, den Biofilm aufzulösen, sodass die aufgebrochenen Dentintubuli sichtbar wurden. Vereinzelt kleinere resorptive Läsionen lassen auf eine Einblutung und Gefäßeinsprossung schließen (Abb. 12).

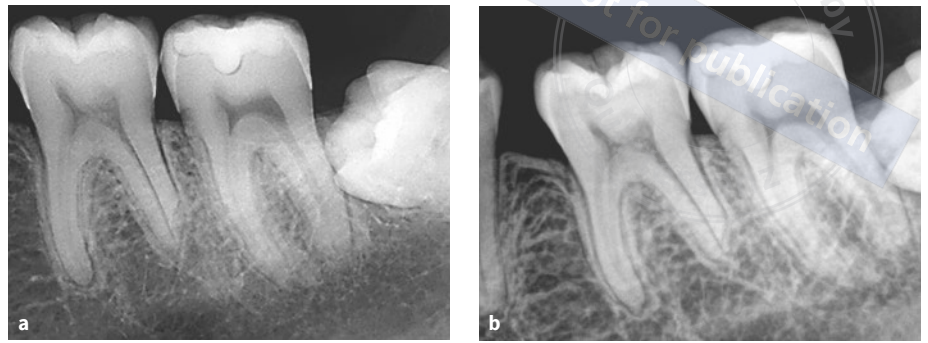
### Fall 2: Resorption nach Infraktur

Der 26-jährige männliche Patient stellte sich mit leichten Schmerzen im Zusammenhang mit einer abgeschlossenen kieferorthopädischen Therapie vor. Die durch den Verlust des Zahnes 35 entstandene Zahnücke sollte durch eine Mesialisierung der Zähne 36 und 37 kieferorthopädisch geschlossen werden.

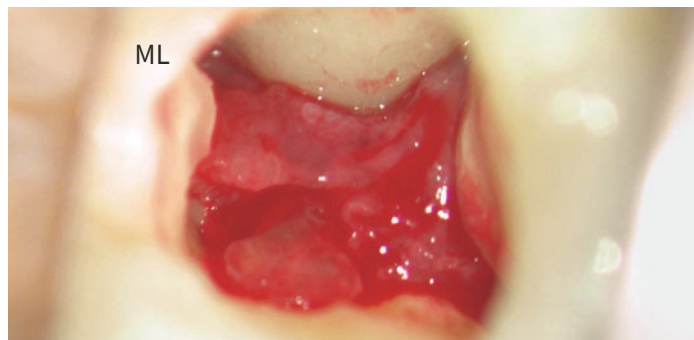
Der Zahn 36 war frei von Karies und Füllungen und wies mesial im Bereich der Randleiste eine In-

fraktur auf, die mit Komposit abgedeckt war. Der Zahn reagierte auf den Sensibilitätstest positiv und im Vergleich zu den Nachbarzähnen unauffällig. Pathologische Sondierungswerte lagen nicht vor und eine funktionelle Fehlbelastung wurde durch eine Okklusionskontrolle ausgeschlossen.

Radiologisch waren am Zahn 36 mesial ein leicht verbreiteter Desmodontalspalt und distal eine deutlich verkürzte Wurzel zu erkennen (Abb. 13a). Mit dem Patienten wurde eine erneute Vorstellung zur Differenzialdiagnostik 3 Monate später vereinbart, um die Reversibilität der Symptomatik abklären zu können. Zum vereinbarten Termin war der Patient schmerzfrei. Auf der intraoralen Röntgenaufnahme ließ sich auch mesial eine beginnende apikale Resorption nachweisen (Abb. 13b). Mit der endgültigen Diagnose einer irreversiblen Pulpitis erfolgte nach einer Oberflächendesinfektion mit NaOCl 3 % und einer Leitungsanästhesie mit Ubistesin 1:200.000 die Vitalexstirpation unter absoluter Trockenlegung. Die koronale Pulpa erschien homogen und leicht hyperämisch und war mesiolingual vom Dentin abgelöst (Abb. 14). Mesial ließ sich die Infraktur des Dentins bis zur Pulpakammer verfolgen, sodass der Verdacht einer irreversiblen Pulpitis als Folge eines mikrobiell infizierten Schmelz-Dentin-Risses klinisch bestätigt werden konnte.



**Abb. 13a und b** Im Vergleich zur a) Ausgangsröntgenaufnahme lässt sich b) 3 Monate später auch mesial eine apikale Resorption vermuten.



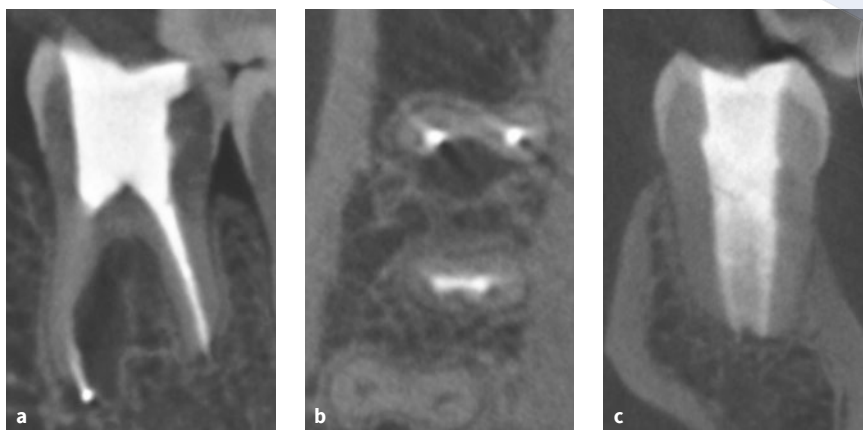
**Abb. 14** Die Pulpa ist mesiolingual (ML) degenerativ verändert. Das Gewebe liegt nicht mehr am Dentin an.



**Abb. 15a bis c** Röntgenkontrolle: a) nach Abschluss der Therapie, b) nach 6 Monaten und c) nach 5 Jahren. Nach einer vollständigen Rückbildung der Aufhellung distal bestand der Verdacht auf eine neue Aufhellung mesial.

Nach einer mechanischen Erweiterung wurden die Wurzelkanäle aufgrund einer fortdauernden Blutung mit Kalziumhydroxid ( $\text{Ca}[\text{OH}]_2$ ) gefüllt und die Kavität mit Cavit und als Deckfüllung mit Komposit in Adhäsivtechnik verschlossen. Vier Wochen später war der Patient schmerzfrei. Unter Kofferdam wurde die medikamentöse Einlage ultraschallaktiviert mit  $\text{NaOCl}$  entfernt. Die Wurzelkanäle wurden erneut mechanisch mit ProFile-Instrumenten gereinigt und für die anschließende thermoplastische Füllung geformt. Zur weiteren chemischen Reinigung und Desinfektion kamen Zitronensäure 10 %, Ethanol 70 % und CHX 2 % als Abschlusspflung zur Anwendung. Der apikale Verschluss mit MTA in der distal stark resorbierten Wurzel wurde mit einer

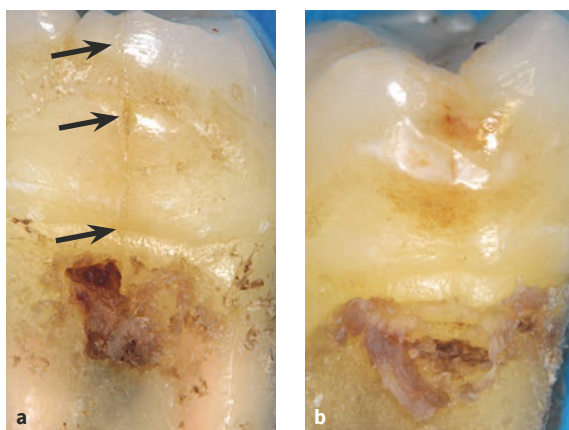
Röntgenaufnahme auf die exakte Position kontrolliert. Im Anschluss wurde der Zahn mit Komposit in Schichttechnik restauriert (Abb. 15a). Zur ersten Nachkontrolle nach 6 Monaten war der Zahn 36 klinisch und röntgenologisch unauffällig (Abb. 15b). Fünf Jahre p. op. gab der Patient an, den Zahn an wenigen Tagen im Jahr bei funktioneller Belastung leicht schmerzhaft wahrzunehmen. Klinisch fiel eine leicht erhöhte Zahnbeweglichkeit Grad I auf. Die Gingiva war reizlos und der Zahn ohne messbare pathologische Sondierungswerte. Auf den axialen und horizontalen Perkussionstest am Zahn 36 reagierte der Patient negativ. Die intraorale Röntgenkontrollaufnahme führte zur Verdachtsdiagnose einer apikalen Aufhellung an der mesialen Wur-



**Abb. 16a bis c**  
DVT-Aufnahme 5 Jahre nach Abschluss der Therapie:  
a) In der sagittalen Ebene ist eine auf die zur Furkation weisende Wurzelfläche begrenzte Aufhellung sichtbar.  
b) Im apikalen Wurzel Drittel liegt ein resorptiver Zahnhartsubstanzverlust vor.  
c) Die distale Wurzel in koronaler Ebene mit einem gleichmäßigen Desmodontalspalt lässt auf eine Ausheilung schließen.

zel (Abb. 15c). Die zur weitergehenden Diagnostik angefertigte DVT-Aufnahme ließ eine laterale und vertikal ausgedehnte Aufhellung von der Wurzelspitze bis zur Bifurkation an der mesialen Wurzel erkennen. Im apikalen Wurzel Drittel war eine externe Wurzelresorption an der inneren Wurzelkrümmung zu vermuten. Eine apikale Aufhellung lag nicht vor. Die vor 5 Jahren diagnostizierte apikale Resorption an der distalen Wurzel ließ radiologisch kein weiteres Fortschreiten erkennen (Abb. 16a bis c).

Mit dem vorliegenden Schmelz-Dentin-Riss in der mesialen Kronenwand und dem radiologischen pathologischen Befund bestand der Verdacht auf einen infizierten Kronen-Wurzel-Dentinriss (Crack), sodass eine erneute endodontische Therapie keine Verbesserung der als schlecht beurteilten Prognose erwarten ließ. Der Zahn wurde extrahiert und zur histologischen Untersuchung in Formalin 10 % gelagert.



**Abb. 17a und b**  
a) Ansicht von Zahn 36 nach Extraktion von mesial mit Schmelz-Dentin-Fraktur (Pfeile), b) Ansicht auf die distale Kronenfläche ohne Riss und mit Initialkaries. (Quelle: Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Ricucci, Italien).

### Histologie

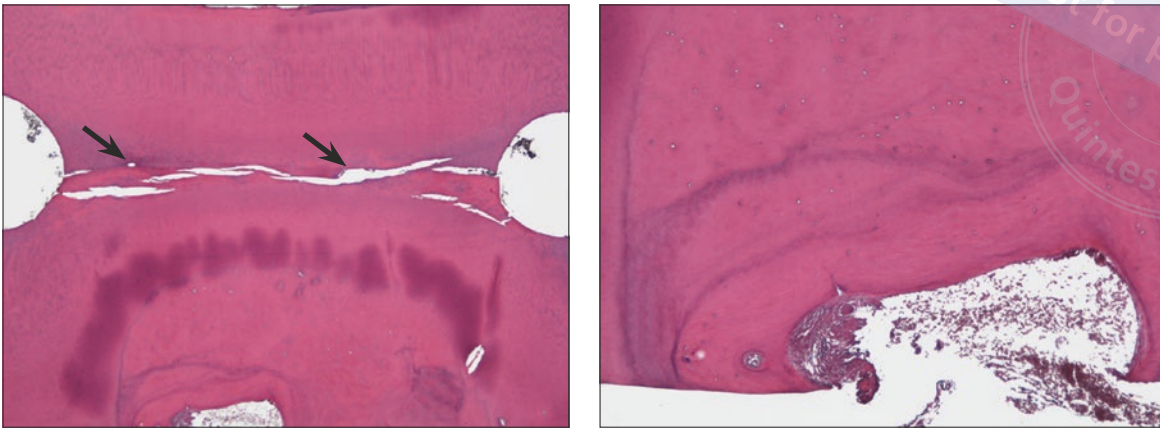
Die Wurzel wurde entkalkt, dehydriert und nach Paraffineinbettung in Serienschnitten angefärbt. Als Färbung wurden die Übersichtsfärbung in Hämatoxylin-Eosin sowie eine nach Taylor modifizierte Bakterienfärbung nach Brown und Brenn genutzt.

In beiden Wurzeln ließen sich in den gefüllten Wurzelkanälen keine Bakterien nachweisen. In der mesialen Wurzel verlief zwischen den gefüllten Wurzelkanälen ein Isthmus, der größtenteils mit mineralisiertem Gewebe verschlossen war. Anteile verbliebenen Pulpagewebes ließen sich noch erkennen. Die laterale Resorption der mesialen Wurzel wies mehrere Schichten der Reparatur mit zementähnlicher Struktur auf (Abb. 17a und b). In der Nähe der den Isthmus perforierenden Resorption waren sowohl an der Perforation als auch aufsteigend im Isthmus Mikroorganismen nachweisbar (Abb. 18a und b), deren Herkunft nicht sicher ermittelt werden konnte. Eine sekundäre Infektion über den Sulkus oder über den Schmelz-Dentin-Riss kann vermutet werden (Abb. 19).

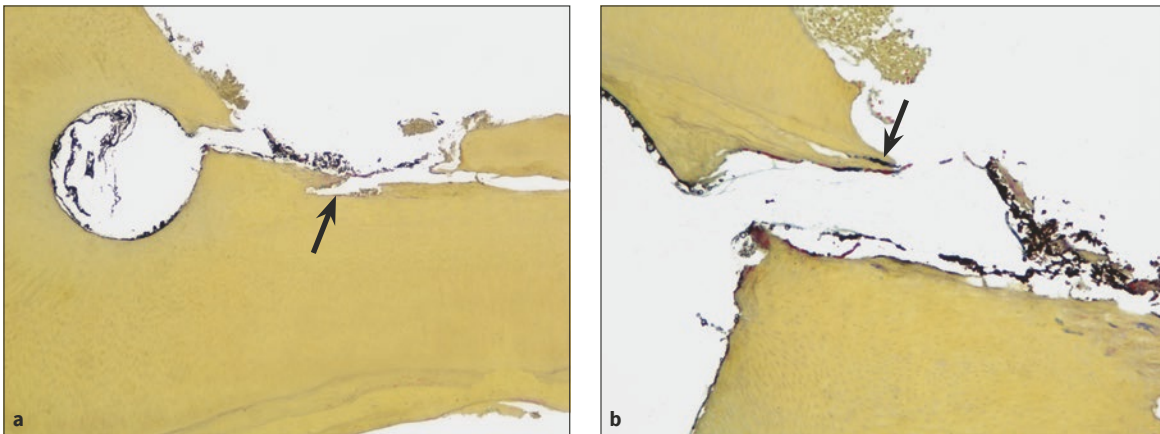
Die distale Wurzelspitze mit apikaler Resorption zeigt keinerlei Entzündungszeichen oder mikrobielle Infektion. Die Dentintubuli sind nicht mineralisiert oder sklerosiert. Das Dentin lässt Resorptionen erkennen, die mit einem Reparaturzement überschichtet wurden. Ein neuer parodontaler Faserverbund lässt auf eine vollständige Heilung schließen (Abb. 20 und 21).



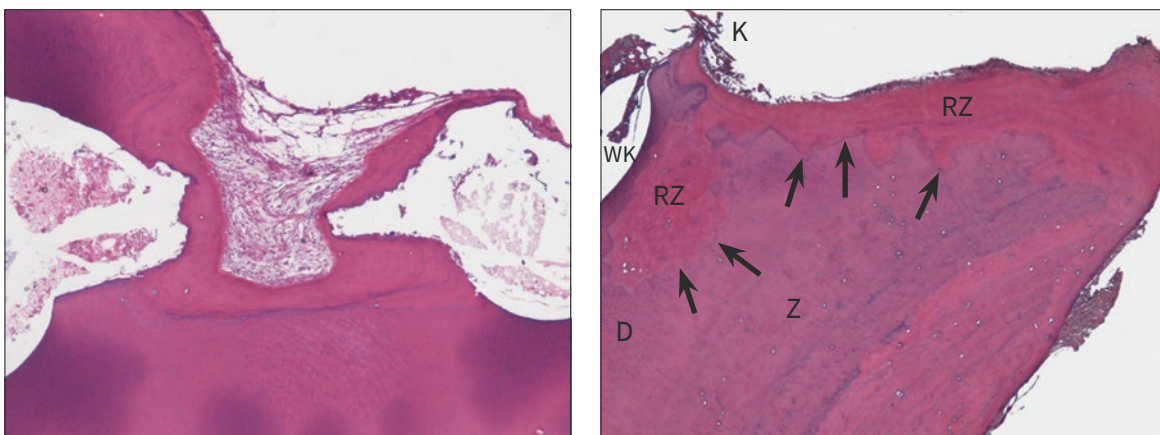
copyright by  
not for publication  
Quintessenz



**Abb. 18a und b** a) Apikales Wurzel Drittel am oberen Rand der externen Resorption, Isthmus mit mineralisiertem dentinähnlichem Gewebe und restlichem Pulpagewebe; HE-Färbung 16x, b) Ausschnitt der ehemaligen resorptiven Läsion mit einer schichtweisen Reparatur durch Zement; HE-Färbung 50x. (Quelle: Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Ricucci, Italien).

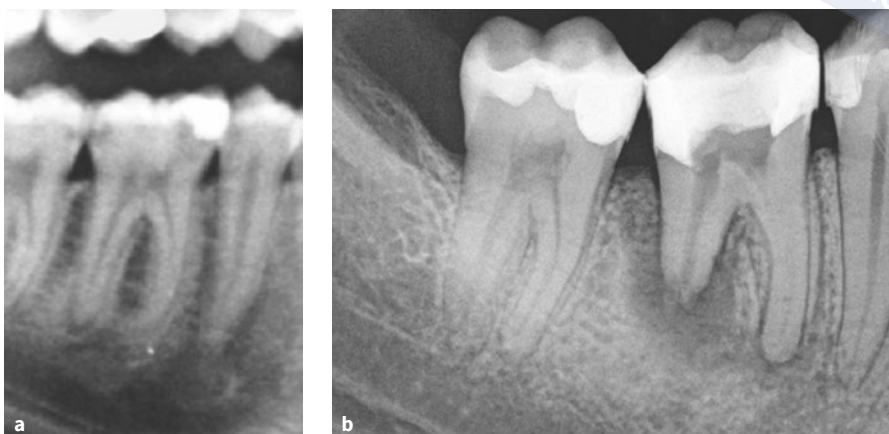


**Abb. 19a und b** a) Ausdehnung der Resorption bis zum Isthmus der mesialen Wurzel mit einem zusätzlichen Wurzelkanal (Pfeil), BB-Färbung 25x, b) mikrobielle Penetration über die resorptive Läsion bis in den Isthmus (Pfeil). (Quelle: Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Ricucci, Italien).



**Abb. 20** Reparatur an der distalen Wurzelspitze mit Zementneubildung und Knochenanlagerung im Kontakt zur MTA-Füllung, HE-Färbung 50x.

**Abb. 21** Apikale Schnittebene mit Markierung der ehemaligen Resorption (Pfeile) bis zum Dentin (D) und dem mit MTA gefüllten Wurzelkanal (WK). Am Reparaturzement (RZ) hat sich Knochen (K) angelagert. HE-Färbung 50x. (Quelle: Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Ricucci, Italien).



**Abb. 22a und b**  
 a) Ausschnittvergrößerung OPG in der Region 46 mit profunder Karies und vollständig ausgebildeter Wurzel mit 17 Jahren, b) Zahn 46 mit apikaler Resorption und periradikulärer Aufhellung 13 Jahre später.

### Fall 3: Resorption nach Karies

Der 30-jährige männliche Patient mit unauffälliger Allgemeinanamnese wurde überwiesen zur Wurzelkanalbehandlung an Zahn 46. Als Notfallbehandlung erfolgte eine Trepanation der klinischen Zahnkrone bei akuten Beschwerden. Die mesialen Wurzelkanäle ließen sich nicht auffinden. Der Zahn wurde erstmals mit 17 Jahren behandelt. Es wurde mesial und distal eine profunde Karies diagnostiziert. Nach Kariesexkavation erfolgten eine direkte Überkappung mit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  und eine Kompositrestauration. Weitere Kontrollen erfolgten im Rahmen der zahnärztlichen Kontrollen jährlich ohne radiologische Kontrolle. Eine kieferorthopädische Therapie und ein dentales Trauma lagen nach den Angaben des Patienten nicht vor.

Der Zahn 46 war mit einer dreiflächigen Kompositfüllung restauriert, die okklusal trepaniert vorlag. Auf den Sensibilitätstest mit Kältespray reagierte der Patient positiv. Die weiteren klinischen Befunde waren unauffällig. Radiologisch fiel eine im Vergleich zur Aufnahme mit 17 Jahren deutlich verkürzte distale Wurzel mit einer periradikulären Aufhellung auf. Die mesialen Wurzelkanäle erschienen radiologisch obliteriert (Abb. 22a und b).

Nach einer Leitungsanästhesie und Anlegen des Kofferdams bestätigte sich im Verlauf der IKD der Verdacht auf eine infizierte Pulpanekrose mit apikaler Resorption. In der mesialen Wurzel lag im koronalen Wurzel Drittel eine vollständig mineralisierte Pulpa vor. Erst ab dem mittleren Wurzel Drittel ließen sich restliche Anteile einer durch-

bluteten Pulpa auffinden. Eine Erhaltung erschien aufgrund des fortgeschrittenen degenerativen Prozesses mit Fibrosierung nicht erfolgversprechend.

Nach einer Oberflächendesinfektion mit NaOCl wurde das Dentin innerhalb der endodontischen Zugangskavität mit einem Rosenbohrer oberflächlich und minimalinvasiv abgetragen. Das Auffinden der mesialen Wurzelkanäle gelang mit Langschaftrosenbohrern in absteigender Größe von 012 bis 005. Der distale Wurzelkanal wurde aufgrund seines ovalen Querschnitts lateral mit einer Ultraschallfeile ISO 25 und Gates-Glidden-Bohrern erweitert und gereinigt unter Desinfektion mit NaOCl 3 %. Die mesialen Wurzelkanäle wurden unter elektrometrischer Kontrolle mit ProFile 15.04 bis 25.04 auf Arbeitslänge erweitert und nachfolgend bis 45.04 in Step-Back-Technik ausgeformt. Nach einer Desinfektion und Reinigung unter Anwendung einer SAF-Feile und NaOCl 1 %, Zitronensäure 10 %, Ethanol 70 % und CHX 2 % konnte das Kanalsystem wieder verschlossen werden. Die apikale Resorption distal wurde mit ProRoot MTA in einer Schichtstärke von 5 mm verschlossen. Der Verschluss der mesialen Wurzelkanäle erfolgte durch die vertikale thermoplastische Kompaktion von Guttapercha unter Verwendung von 2Seal als Sealer. Die Zugangskavität wurde in Schichttechnik mit Komposit restauriert (Abb. 23a).

Drei Jahre nach Abschluss der Therapie ist der Patient beschwerdefrei. Die funktionelle Belastung des Zahnes wurde durch eine im Anschluss an die Wurzelkanalbehandlung erfolgte Überkronung gesichert. Radiologisch stellt sich ein gleichmäßig



**Abb. 23a und b**  
a) Röntgenkontrolle nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung an Zahn 46 mit diskreter apikaler Überpressung von Füllungsmaterialien, b) 3 Jahre nach Abschluss der Therapie mit vollständiger Ausheilung.

verfolgbarer Desmodontalspalt dar. Eine im Vergleich zur Ausgangsaufnahme fortgeschrittene Resorption ist nicht zu erkennen (Abb. 23b).

#### Fall 4: Resorption nach Karies – Pulpotomie und Reparatur

Der 17-jährige männliche Patient stellte sich mit einer diskreten Schwellung in der Region 36 vor. Die Allgemeinanamnese war unauffällig. Nach einer direkten Überkappung der Pulpa erfolgte vor einem Jahr eine Restauration mit einem Inlay in okklusal-distaler Ausdehnung. Das Inlay wurde im zahnärztlichen Notdienst entfernt, da es infolge einer Karies keine hinreichende Retention aufwies. Die fehlende Tiefe der Analgesie ließ keine invasive Therapie zu. Der Patient wurde mit Schmerzmitteln entlassen. Eine Überweisung erfolgte zur Prüfung der Erhaltungsfähigkeit des Zahnes 36.

Klinisch fiel am Zahn 36 eine hyperplastische Gingiva auf, die die Kavität vollständig ausfüllte. Die Sulkussondierungswerte und die Zahnbeweglichkeit waren ohne pathologische Befunde. Der Zahn reagierte verzögert positiv auf den Sensibilitätstest mit Kältespray, der axiale Perkussionsreiz löste einen leichten Schmerzreiz aus.

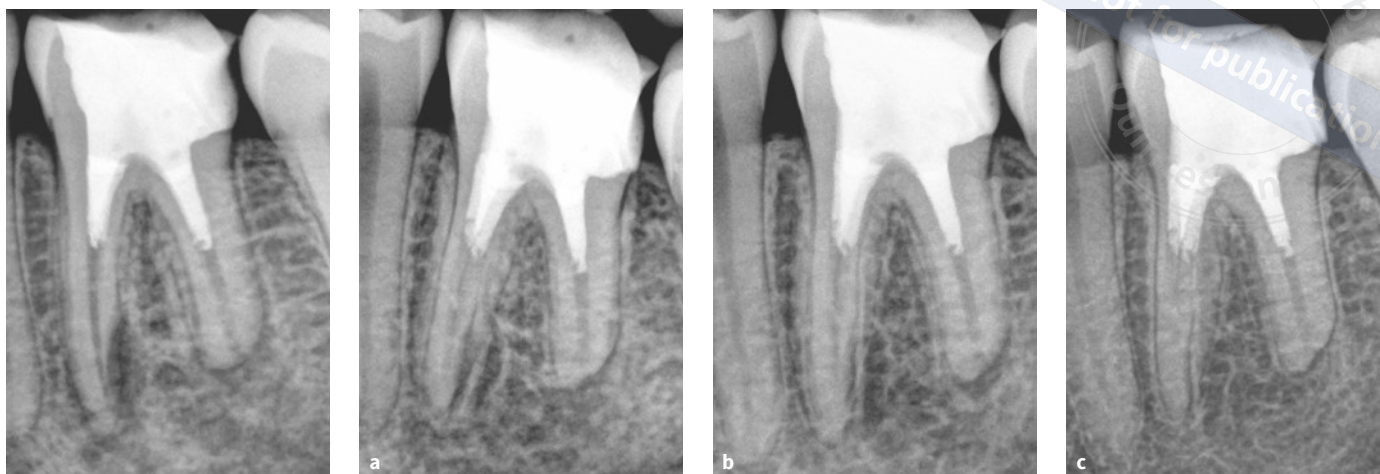
Die Röntgenaufnahme aus dem Notdienst ließ bereits eine apikale Resorption an der distalen Wurzel erkennen. An der mesialen Wurzel lag zusätzlich eine laterale Aufhellung vor. Die aktuelle Röntgenaufnahme ließ zusätzlich eine laterale Resorption an der mesialen Wurzel vermuten (Abb. 24).

**Abb. 24** Röntgenausgangsaufnahme Zahn 36 mit distal apikaler Resorption und mesial lateraler apikaler Resorption bei okklusaler profunder Karies.



Mit der Diagnose einer akuten apikalen Parodontitis bestand das Ziel, die Resorption zu stoppen und den Zahn zu erhalten. Nach einer Leitungsanästhesie mit Ubistesin 1:200.000, der elektrochirurgischen Gingivektomie und Kariesentfernung wurde der Zahn unter Kofferdam mit einer Kompositfüllung für einen aseptischen Zugang vorbereitet.

Im Verlauf der IKD konnte die Verdachtsdiagnose einer vollständigen Pulpanekrose nicht bestätigt werden. Das Pulpakammerdach war zweimal trepaniert, umgeben von kariös erweichtem Dentin. Lediglich die Kronenpulpa war nekrotisch. Mesial entleerte sich unter Sicht mit dem Dentalmikroskop ein Pus-Tropfen. Ab dem mittleren Wurzel Drittel lag ein homogenes abgeschlossenes Pulpagewebe vor, das auf Berührung mit einem sterilen MicroDebrider ISO 30 (Fa. Maillefer, Ballaigues, Schweiz) eine sensible Reaktion auslöste.



**Abb. 25** Röntgenkontrolle nach Abschluss der Therapie mit tiefem MTA-Verschluss auf verbliebenen Pulpastümpfen.

**Abb. 26a bis c** Röntgenkontrolle nach: a) 6, b) 12 und c) 36 Monaten am Zahn 36. Die apikale Aufhellung hat sich vollständig zurückgebildet.

Die vorliegenden Befunde rechtfertigten den Verdacht auf eine reversible Pulpitis. Mit dem Erhalt des verbliebenen Pulpagewebes und einer antimikrobiellen Therapie bestand das Ziel, die Resorption zu stoppen und eine biologische Reparatur zu ermöglichen.

Nach der Entfernung der nekrotischen Gewebeteile der Pulpa wurden die Zugangskavität und die koronalen Wurzelkanalanteile mit NaOCl 3 % gespült. Frisch angemischtes  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  wurde bis zum verbliebenen Pulpagewebe mit Papierspitzen appliziert. Die Zugangskavität wurde bakterien dicht verschlossen. Zwei Wochen später war der Patient beschwerdefrei, die Schwellung war vollständig abgeheilt und der Zahn ließ sich wieder normal funktionell belasten.

Nach einer Infiltrationsanästhesie wurde unter Kofferdam die medikamentöse Einlage unter ultraschallaktivierter Spülung mit NaOCl 3 % entfernt. Unter Sicht mit dem DM lag weiterhin mesial und distal in den Wurzelkanälen durchblutetes Gewebe vor. Nach einer Spülung mit EDTA 17 % wurde das Gewebe zur Blutung angeregt und nach einer ersten Blutkoagulation 10 Minuten später mit einer MTA-Schicht von 4 mm Stärke abgedeckt. Der Verschluss der Zugangskavität erfolgte in Schichttechnik mit Komposit (Abb. 25).

Es wurden Nachkontrollen nach 1, 2, 3, 6, 12 und 36 Monaten vereinbart, um rechtzeitig ein Rezidiv einer Resorption erkennen zu können. Nach 36 Monaten lag kein weiterer Fortschritt der Resorption

vor. Die periapikale Aufhellung war vollständig knöchern regeneriert und ein gleichmäßig verfolgbarer Desmodontalspalt lässt sich auf der Röntgenaufnahme erkennen (Abb. 26a bis c).

## Diskussion

Apikale Resorptionen lassen sich an Zähnen mit vitaler und nekrotischer Pulpa nachweisen. Sowohl an Zähnen mit reversibler als auch irreversibler Pulpitis wurden unter Sicht mit dem REM apikale Resorptionen ermittelt<sup>6</sup>. Während bei Zähnen mit gesunder Pulpa keine Resorptionen bis in den Wurzelkanal auftraten, lagen bei Pulpitiden in 50 % der Fälle und bei infizierten Pulpanekrosen in bis zu 80 % der Fälle fortschreitende Resorptionen vor.

In den vier geschilderten Fällen lagen jeweils apikale Resorptionen an ersten Unterkiefermolaren mit jeweils vitaler Pulpa im Zusammenhang mit einer mikrobiellen Invasion vor. Die vier männlichen Patienten im Alter von 17–32 Jahren waren über den Verlauf der apikalen Resorption weitgehend schmerzfrei, erst in der Phase der fortschreitenden Nekrose traten erste Beschwerden auf. Ähnliche Beobachtungen liegen nach Avulsion mit infektiionsbedingter externer Resorption bei Kindern und Jugendlichen vor. Als Ursache werden die weiten Dentintubuli mit fehlender Sklerosierung diskutiert<sup>23</sup>. Im Gegensatz zu infektiionsbedingten Resorptionen nach Avulsion erstreckt sich die apikale

Resorption auf das Gebiet der apikalen Foramina. Eine primäre Zementverletzung wie nach einem Trauma lag nicht vor; vielmehr scheinen Osteoklasten auch das apikale Wurzelzement resorbieren zu können. Dies steht im Widerspruch zu bisherigen Theorien der Pathogenese einer externen Resorption, wonach ein hinreichend großer Zementdefekt auf der Wurzeloberfläche vorliegen muss. Ursache können die weiten apikalen Foramina sein, die bei jungen Patienten noch keine vollständige Zementabdeckung aufweisen. Über die interforaminale Resorption kann dann vermutlich nach der Bindung der Osteoklasten am Dentin auch das Zement resorbiert werden<sup>6</sup>.

Bisher bestand die Annahme, dass bei vitaler Pulpa und apikaler Resorption keine endodontische Therapie angezeigt sei<sup>24</sup>. Im Fall von multiplen idiopathischen apikalen Resorptionen kann dies zutreffen, da eine systemische, genetische oder funktionelle Ursache zu vermuten ist. Im Fall einer am Einzelzahn auftretenden apikalen Resorption besteht der Verdacht auf eine lokale mikrobielle Infektion der Pulpa. Insbesondere Schmelz-Dentin-Risse ermöglichen ein tiefes Eindringen von Mikroorganismen und können noch bei vitaler Pulpa apikale Abwehrreaktionen induzieren. Wie weit das Pulpagewebe tatsächlich irreversibel geschädigt ist, lässt sich allein durch die Anamnese und klinische Diagnostik nicht sicher ermitteln<sup>25</sup>. Histologische Untersuchungen oder weitergehende invasive Untersuchungen werden zur Verbesserung der Diagnose empfohlen<sup>22</sup>. Die intrakoronale Diagnostik ermöglicht die weitere Aufnahme von Pulpa-Befunden<sup>26</sup>. So können der Zustand der Durchblutung der Pulpa geprüft und die Therapie in Abhängigkeit vom Grad der Veränderung angepasst werden<sup>27</sup>.

Im Fall 1 konnte nach Pulpotomie mit der leicht fortbestehenden Blutung eine weitergehende Schädigung der Pulpa nicht ausgeschlossen werden. Es bestand der Verdacht auf eine reversible Pulpitis. Mit dem Erhalt des Gewebes wurde eine Mineralisation mit Hartgewebe zum internen Verschluss gegen den Dentinriss angestrebt. Der mit dem REM untersuchte Dentinblock mit Schmelz-Dentin-Riss wies eine mikrobielle Besiedlung auf. Histologische Untersuchungen aus anderen Studien bestätigen, dass Schmelz-Dentin-Risse immer

von okklusal zunehmend mikrobiell besiedelt werden<sup>28</sup>. Unsicher ist der Grad der mikrobiellen Besiedlung von approximalen Rissen, sofern keine sondierbare Tasche vorliegt. Die Extension des Risses bis unterhalb des Wurzelkanaleingangs führte im vorliegenden Fall nach vollständiger Pulpotomie zu einer radiologisch und klinisch nachweisbaren internen Resorption, sodass von einer weitergehenden mikrobiellen Besiedlung ausgegangen werden musste. Die empfohlene sofortige Überkronung konnte die Schädigung der Pulpa aufhalten<sup>29</sup>. Eine weitergehende Pulpotomie in die radikuläre Pulpa erschien aufgrund der Symptomatik nicht mehr möglich, sodass eine vollständige Wurzelkanalbehandlung erforderlich wurde. Die vollständige Pulpektomie unterbrach die Reizweiterleitung, sodass eine fortschreitende Resorption gestoppt werden konnte.

In gleicher Weise konnte die apikale Resorption im Fall 2 gestoppt werden. An der distalen Wurzelspitze hatte sich nach antimikrobieller Therapie und Verschluss mit MTA neues Zement gebildet, das zu einer histologisch nachweisbaren Knochenanlagerung geführt hat. In der mesialen Wurzel lässt sich ebenfalls histologisch Reparaturzement in verschiedenen Etappen nachweisen, sodass auch dort eine teilweise Reparatur stattgefunden hat. Über die Phasen der Progression und Stagnation von Resorptionen ist wenig bekannt. Lediglich in Einzelfällen wurde der Verlauf von Resorptionen bisher untersucht<sup>24,30</sup>.

Der Schmelz-Dentin-Riss wurde im Gegensatz zu Fall 1 nicht mit einer Krone oder Teilkrone stabilisiert, weshalb eine Reinfektion und weitergehende Resorption an der inneren Kurvatur der mesialen Wurzel als Ursache zu vermuten ist.

Obwohl der Patient zum Zeitpunkt der Kontrolle keine Beschwerden hatte, erschien eine Erhaltung des Zahnes bei dem starken vertikalen Knochenabbau nicht erfolversprechend. Ein chirurgisch-resektiver Eingriff wurde mit Blick auf die geplante Implantatversorgung verworfen, da bei dem fortbestehenden koronalen Riss eine mikrobielle Infektion nicht unterbrochen werden kann.

Im Fall 4 gelang es im Verlauf der IKD nach Entfernung der Karies und einer antibakteriellen Therapie, erhaltungsfähiges Pulpagewebe zu iden-

tifizieren und zu erhalten. Das Ziel, die apikale Resorption zu stoppen und eine Reparatur mit Zement zu initiieren, wurde über einen Kontrollzeitraum von 3 Jahren erreicht. Die apikale Aufhellung bildete sich vollständig zurück und ein gleichmäßig verfolgbare Desmodontalspalt ließ sich radiologisch erkennen. Mit dem Erhalt von Pulpagewebe in einer Wurzel mit einem Isthmus erhöht sich die Schwierigkeit für die antimikrobielle Therapie. Ein zweizeitiges Vorgehen empfiehlt sich, um den erfolgreichen Erhalt der Pulpa kontrollieren zu können. Der Erhalt der Pulpa ermöglicht einen Fortbestand des natürlichen immunkompetenten Gewebes und erhält die weitere Dentinproduktion aufrecht. Damit kann in der funktionellen Belastung des Wurzelentins auf Zugspannung langfristig die Ausbildung von Frakturen besser vermieden werden. Eine Kronenversorgung wurde trotz Anratens unterlassen, sodass das Risiko einer Fraktur fortbestand.

## Schlussfolgerungen

Die radiologische Diagnostik ermöglicht eine Früherkennung apikaler Resorptionen. Vergleichende ältere Röntgenaufnahmen sollten genutzt werden, damit die Ursachen und die Progression der Resorption besser ermittelt werden können. Mit einer sorgfältigen klinischen Diagnostik und einem differenzierten therapeutischen Vorgehen können apikale Resorptionen gestoppt werden. Langfristige klinische und radiologische Kontrollen ermöglichen das Erkennen von Rezidiven bei größtenteils guter Prognose.

## Literatur

- Sasaki T. Differentiation and functions of osteoclasts and odontoclasts in mineralized tissue resorption. *Microsc Res Tech* 2003;61:483–495.
- Nakamura I, Gailit J, Sasaki T. Osteoclast integrin  $\alpha$ v $\beta$ 3 is present in the clear zone and contributes to cellular polarization. *Cell Tissue Res* 1996;286:507–515.
- Bosshardt DD, Schroeder HE. How repair cementum becomes attached to the resorbed roots of human permanent teeth. *Acta Anat (Basel)* 1994;150:253–266.
- Ne RF, Witherspoon DE, Gutmann JL. Tooth resorption. *Quintessence Int* 1999;30:9–25.
- Abbott PV, Lin S. Tooth resorption-Part 2: A clinical classification. *Dent Traumatol* 2022;38:267–285.
- Malueg LA, Wilcox LR, Johnson W. Examination of external apical root resorption with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;82:89–93.
- Bender IB, Byers MR, Mori K. Periapical replacement resorption of permanent, vital, endodontically treated incisors after orthodontic movement: report of two cases. *J Endod* 1997;23:768–773.
- Leonardo MR, Rossi MA, Bonifácio KC, Silva LAB da, Assed S. Scanning electron microscopy of the apical structure of human teeth. *Ultrastruct Pathol* 2007;31:321–325.
- Meirinhos J, Martins J, Pereira B, Baruwa A, Ginjeira A. Prevalence of lateral radiolucency, apical root resorption and periapical lesions in Portuguese patients: A CBCT cross-sectional study with a worldwide overview. *Eur Endod J* 2021;6:56–71.
- Bayir F, Bolat Gumus E. External apical root resorption after orthodontic treatment. Incidence, severity and risk factors. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2021;15:100–105.
- Henry JL, Weinmann JP. The pattern of resorption and repair of human cementum. *J Am Dent Assoc* 1951;42:270–290.
- Vier FV, Figueiredo JP. Prevalence of different periapical lesions associated with human teeth and their correlation with the presence and extension of apical external root resorption. *Int Endod J* 2002;35:710–719.
- Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption—diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol* 2003;19:175–182.
- Mjör IA. *Pulp-Dentin Biology in Restorative Dentistry*. Carol Stream, IL: Quintessence Publishing, 2002.
- Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK, Everett ET et al. Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:242–252.
- Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:301–309.
- Nieto-Nieto N, Solano JE, Yañez-Vico R. External apical root resorption concurrent with orthodontic forces: the genetic influence. *Acta Odontol Scand* 2017;75:280–287.
- Schätzle M, Tanner SD, Bosshardt DD. Progressive, generalized, apical idiopathic root resorption and hypercementosis. *J Periodontol* 2005;76:2002–2011.
- Hargreaves KM, Goodis HE, Tay FR. *Seltzer and Bender's Dental Pulp*. 2.ed. Chicago, USA: Quintessence Publishing, 2012.
- Ørstavik D. *Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis*. 3rd ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2020.
- Ricucci D, Siqueira JF, Loghin S, Lin LM. Repair of extensive apical root resorption associated with apical periodontitis: radiographic and histologic observations after 25 years. *J Endod* 2014;40:1268–1274.
- Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF. Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *J Endod* 2014;40:1932–1939.
- Andreassen JO. Relationship between cell damage in the periodontal ligament after replantation and subsequent development of root resorption: A time-related study in monkeys. *Acta Odontol Scand* 1981;39:15–25.
- Rivera EM, Walton RE. Extensive idiopathic apical root resorption. A case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:673–677.
- Dummer PM, Hicks R, Huws D. Clinical signs and symptoms in pulp disease. *Int Endod J* 1980;13:27–35.
- Arnold M, Friedrichs C, Verch S, Dennhardt H, Sanner F. Intra-koronale und intrakanaläre Diagnostik (IKD). *Endodontie* 2013;22:9–21.

27. Wolters WJ, Duncan HF, Tomson PL et al. Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *Int Endod J* 2017;50: 825–829.
28. Ricucci D, Siqueira JF, Loghin S, Berman LH. The cracked tooth: histopathologic and histobacteriologic aspects. *J Endod* 2015;41:343–352.
29. Krell KV, Rivera EM. A six year evaluation of cracked teeth diagnosed with reversible pulpitis: treatment and prognosis. *J Endod* 2007;33:1405–1407.
30. Shemesh A, Birnboim-Blau G, Zoizner R, Itzhak JB, Solomonov M. External invasive resorption: Case report of a rapidly progressive process in an impacted maxillary canine during orthodontic treatment. *Aust Endod J* 2019;45:259–264.
31. Castro I, Valladares-Neto J, Estrela C. Contribution of cone beam computed tomography to the detection of apical root resorption after orthodontic treatment in root-filled and vital teeth. *Angle Orthod* 2015;85:771–776.
32. Llamas-Carreras JM, Amarilla A, Espinar-Escalona E et al. External apical root resorption in maxillary root-filled incisors after orthodontic treatment: a split-mouth design study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012;17:e523–e527.
33. Lee YJ, Lee TY. External root resorption during orthodontic treatment in root-filled teeth and contralateral teeth with vital pulp: A clinical study of contributing factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:84–91.
34. Alhadainy HA, Flores-Mir C, Abdel-Karim AH, Crossman J, El-Bialy T. Orthodontic-induced external root resorption of endodontically treated teeth: A meta-analysis. *J Endod* 2019;45:483–489.
35. Weisman MI. Idiopathic tooth resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966;21:618.
36. Brooks JK. Multiple idiopathic apical external root resorption. *Gen Dent* 1986;34:385–386.
37. Moazami F, Karami B. Multiple idiopathic apical root resorption: a case report. *Int Endod J* 2007;40:573–578.
38. Kanas RJ, Kanas SJ. Localized idiopathic apical root resorption: a report of five cases with emphasis on differential diagnosis. *Compend Contin Educ Dent* 2012;33:184–6,188, 190–195.
39. Hülsmann M, Schäfer E. *Resorption, Problems in Endodontics*. 1st edition. Berlin: Quintessence Publishing, 2009.
40. Bansal P, Nikhil V, Kapur S. Multiple idiopathic external apical root resorption: A rare case report. *J Conserv Dent* 2015;18:70–72.
41. Di Domizio P, Orsini G, Scarano A, Piattelli A. Idiopathic root resorption: report of a case. *J Endod* 2000;26: 299–300.

## Infection-related external apical root resorptions at mandibular first molars A case series

### KEY WORDS

*apical resorption, dentinal crack, dental pulp, reparative endodontic treatment (RET), intracoronal findings and diagnostics*

### ABSTRACT

External apical resorption can be caused by microbial infection of dentin and pulp even in the presence of a vital pulp. Etiological factors include caries, enamel-dentin cracks, attrition and abrasion with dentin exposure. Resorption can be stopped by a causal treatment. It is possible to preserve parts of the pulp for repair with cement- and dentin-like tissues. The choice between partial or complete pulp removal should be made under clinical and radiological control.



**Michael Arnold**

Dipl.-Stom.  
Praxis für Endodontie und Zahnerhaltung  
Königstraße 9  
01097 Dresden

**Michael Arnold**

### Korrespondenzadresse:

Michael Arnold, E-Mail: [info@rootcanal.de](mailto:info@rootcanal.de)