

# Die Revision endodontischer Misserfolge

Michael Arnold

## Übersicht

Einleitung	363
Indikation für eine Revision	364
Kontraindikationen	364
Erfolgsprognose	382
Zusammenfassung	383

## Einleitung

Ein endodontischer Misserfolg setzt eine endodontische Therapie voraus, die das angestrebte Ergebnis nach einem Kontrollzeitraum nicht erreicht hat. Im Ergebnis können pathologische Zustände persistieren, die Pulpa degenerieren oder sogar das Wurzelentzündungsmikrobiell penetriert werden. Mit der mikrobiellen Invasion wird eine zunehmende Abwehrleistung des Immunsystems provoziert, die asymptomatisch oder symptomatisch verlaufen kann. Der Verlauf der Abwehrleistung wird indirekt zur Beurteilung des Erfolgs einer endodontischen Therapie genutzt. Das Ergebnis einer endodontischen Therapie wird deshalb klinisch und röntgenologisch regelmäßig nachkontrolliert.

**Merke:** Je nach Ausmaß einer endodontischen Erkrankung kann der Heilungsprozess mehrere Jahre in Anspruch nehmen [1].

Die Entscheidung über Erfolg oder Misserfolg setzt in jedem Fall den Vergleich der Ausgangssituation mit dem aktuellen Befund voraus. Während die primäre orthograde Wurzelkanalbehandlung einer irreversibel geschädigten Pulpa in über 90% der Fälle zu einem erfolgreichen Erhalt des betroffenen Zahnes führt, werden im Fall einer mikrobiellen Infektion des Endodonts Erfolgsquoten von 40–80% registriert [2–4].

**Merke:** Endodontische Misserfolge sind dann vermehrt zu beobachten, wenn es nicht gelingt, ein konsequent antimikrobielles Regime vom Beginn bis zum Abschluss der Therapie aufrechtzuerhalten.

## Ursachen für Misserfolge

Es können allgemein mikrobiologische, anatomische oder technische Ursachen für endodontische Misserfolge unterschieden werden. Zu den wichtigsten Ursachen posttherapeutischer Erkrankungen gehören:

- Persistenz von Mikroorganismen nach der Initialbehandlung,
- unbehandelte Wurzelkanäle bzw. Wurzelkanalabschnitte,
- undichte koronale Restauration oder in seltenen Fällen Fremdkörperreaktionen
- und extraradikuläre Infektionen [5–7].
- Die Abwehrleistung des Patienten stellt einen weiteren Einflussfaktor auf den Erfolg der Therapie dar.

Die Kombination der zu lösenden verschiedenen Problemstellungen und die im Verlauf zu erwartenden therapeutischen Komplikationen führen zu erhöhten Anforderungen für die Diagnostik und Therapie einer Revisionsbehandlung.

### Hinweise auf eine mögliche erhöhte Schwierigkeit einer endodontischen Revisionsbehandlung

#### Patient

- Angstpatienten, erhöhter Stress durch Unruhe, fehlende Routine
- Würgereiz bereits beim intraoralen Röntgen
- starker Speichelfluss in Verbindung mit einer erhöhten Schluckbewegung
- in der Mundhöhle schwer zugängliche Zähne durch gekippte Zahnstellung oder geringe Mundöffnung
- Anfallsleiden, spezifisch endodontisch relevante Allergien, Gerinnungsstörungen, endokrine Erkrankungen, Gravidität

#### Technische Herausforderungen

- komplexe Wurzelkanalsysteme oberer und unterer Molaren
- radiologisch nicht erkennbarer Wurzelkanalverlauf (Verblockung, Obliteration oder tiefe Wurzelkanalaufteilungen)
- dentinadhäsiv befestigte intrakoronale und intrakanaläre Restaurationen
- individuell gefertigte und befestigte Stiftstumpfaufbauten
- laterale oder apikale Perforationen
- Fragmente ab dem mittleren Wurzeldrittel
- unvollständige Wurzelkanalfüllungen bis zur Wurzelkanalkrümmung – Verdacht auf Stufenpräparation

#### Mikrobiologische Herausforderungen

- fortbestehende apikale Aufhellung bei vollständiger Wurzelkanalfüllung
- Paro-Endo-Läsionen
- Resorptionen
- therapieresistente Keime
- anhaltende Sekretion aus dem periradikulären Gewebe und Entleerung über den Wurzelkanal

#### Ziel

Ziel der Revision ist es, Voraussetzungen für eine vollständige Heilung und den dauerhaften Erhalt eines Zahnes zu schaffen. Indem das Wurzelkanalsystem gereinigt und desinfiziert wird, können die klinischen Symptome abklingen und eine apikale oder periapikale Entzündungsreaktion unabhängig von der Dimension abheilen [8].

**Merke:** Mit einer rechtzeitigen Revision kann im Einzelfall mikrobiell induzierten Folgeerkrankungen einer akuten Exazerbation vorgebeugt werden.

### Indikation für eine Revision

- Wurzelkanalbehandelte Zähne mit röntgenografischen Zeichen einer persistierenden oder neu entstandenen, endodontisch bedingten apikalen Parodontitis,
- wurzelkanalbehandelte Zähne mit klinischen Symptomen einer endodontisch bedingten apikalen Parodontitis,
- Wurzelkanalfüllungen mit Exposition zum Mundhöhlenmilieu und zum kariösen Dentin,
- wurzelkanalbehandelte Zähne mit röntgenografischer oder klinisch insuffizienter Wurzelkanalfüllung (z. B. mangelhafte Homogenität, nicht behandelte Wurzelkanäle oder Wurzelkanalanteile, fragwürdiges und nicht mehr indiziertes Wurzelkanalfüllungsmaterial wie z. B. Silberstifte) ohne klinische oder röntgenografische Anzeichen einer apikalen Parodontitis,
- wurzelkanalbehandelte Zähne mit progressiv verlaufenden Resorptionen.

### Kontraindikationen

- nicht endodontische Ursache der Erkrankung
- fehlende Erhaltungswürdigkeit des Zahnes
- Verbesserung des Ausgangszustandes und Beseitigung der möglichen Ursache nicht zu erwarten

### Fallselektion

Ziel der Fallauswahl in der Praxis ist es, rechtzeitig im Rahmen der Befundaufnahme und Diagnostik die vorliegenden Problemsituationen zu ermitteln und die Möglichkeiten zur Überwindung kritisch zu prüfen [7]. Bei erkennbaren Grenzen (s. blaue Box) oder unklaren Befunden hat sich in den letzten Jahren auch in der Zahnmedizin die Inanspruchnahme eines kollegialen Konsils und ggf. die Überweisung zur Lösung spezifischer Aufgabenstellungen im Interesse des Patienten und zur Entlastung der Allgemein Zahnarztpraxis bewährt.

### Befundaufnahme

Im Rahmen der Befundaufnahme wird die Erhaltungsfähigkeit des Zahnes umfassend im Rahmen der geplanten Gesamtanierung geprüft.

Grundsätzlich unterscheidet sich die Befundaufnahme einer primären Wurzelkanalbehandlung nicht von der einer Revisionsbehandlung. Erschwerend kommen die Beurteilung der Qualität sowie die Abschätzung der zu erwartenden technischen Schwierigkeiten der vorangegangenen Therapie hinzu.

**Cave:** Insbesondere auf Röntgenbildern gleichmäßig und vollständig erscheinende Wurzelkanalfüllungen werden häufig als mikrobiologisch „dichte“ Wurzelkanalfüllungen fehlinterpretiert (Abb. 1).

In Abhängigkeit von der Fülltechnik ist von einer Neubesiedlung eines desinfizierten und gefüllten Wurzelkanalsystems im Fall einer mikrobiellen Kontamination mit Speichel bereits nach Stunden bis zu wenigen Tagen auszugehen [9, 10].

Die endodontische Diagnostik erfordert die Erhebung der Anamnese, die Aufnahme der extra- und intraoralen Befunde und die Auswertung der radiologischen Befunde, sodass eine erste Verdachtsdiagnose erstellt werden kann [11].

#### ■ Intraorale Diagnostik

- Schleimhautbefund (Schwellung, Narben, Fistel, Verfärbungen/Tätowierung, Beläge, Blutungen, Neubildungen),
- Palpation, Perkussion (axial, horizontal) und Zahnbeweglichkeit,
- Sondierungswerte 6–8 Messpunkte und Prüfung Furkationsbefall,
- Karies, Randedichtigkeit und Beschaffenheit von restaurativen Füllungen,
- Sensibilitätsprüfung (thermisch, elektrisch, mechanisch),
- funktionelle Belastung statisch und dynamisch, Infrakturen, Schliffacetten und
- selektive diagnostische Anästhesie.

#### Intrakoronale und intrakanaläre Diagnostik

Mithilfe der intrakoronalen und intrakanalären Diagnostik (IKD) besteht eine weitergehende differenzialdiagnostische Möglichkeit zur Prüfung der Verdachtsdiagnose [12].

Unter absoluter Trockenlegung mit Kofferdam erfolgt die Präparation der endodontischen Zugangskavität. Lässt dies der Zerstörungsgrad der koronalen Zahnhartsubstanz nicht zu, sollte diese nach Möglichkeit

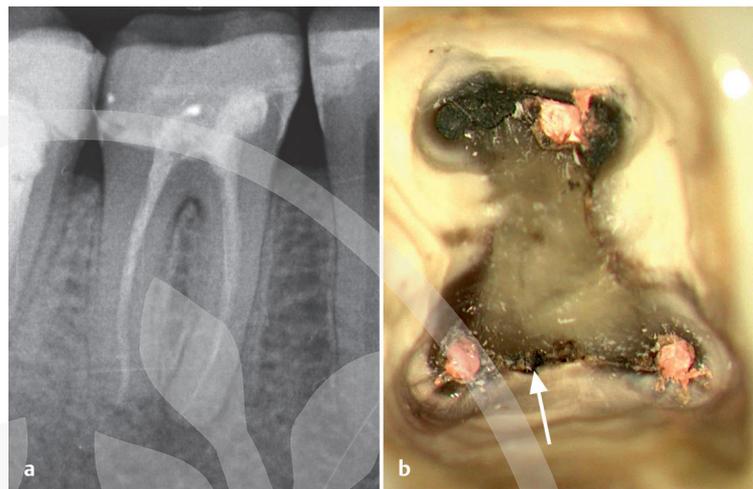


Abb. 1 a Zahn 46 mit einer zur Wurzelspitze reichenden Wurzelkanalfüllung und fortbestehenden apikalen Aufhellung. b Intraoronale Befundaufnahme (IKD): gräulich, teilweise in das Dentin penetrierter weicher Sealer mit Guttapercha Einzelstiften, mesial breiter Isthmus mit einem akzessorischen Wurzelkanal (Pfeil) und Weichgewebe, fötider Geruch und die inhomogene Wurzelkanalfüllung mit unbehandelten Wurzelkanalanteilen weisen auf eine vollständige mikrobielle Infektion des Dentins hin.

mit einer adhäsiven Aufbaufüllung vorbereitet werden. Nach Entfernung der Füllungsmaterialien innerhalb der Pulpakammer kann nach Freilegung der Wurzelkanaleingänge unter Nutzung einer optischen Vergrößerung der Befund aufgenommen und dokumentiert werden. Es kann unter vergrößerter Sicht differenziert werden, ob die noch vorhandene koronale Restauration erhalten bleiben kann oder vollständig entfernt werden muss. Während der Darstellung der Wurzelkanaleingänge und Isthmen können die Anzahl der behandelten und die Anzahl der unbehandelten Wurzelkanäle ermittelt werden, sodass eine genauere Planung möglich wird. Gleichzeitig wird erkennbar, welche Füllmethode verwendet wurde und welches Wurzelkanalfüllungsmaterial genutzt wurde.

**Cave:** Insbesondere Keramikstifte, korrodierte teilfrakturierte Silberstifte oder auf Kunststoffträgern applizierte Guttapercha erfordern viel Erfahrung, Zeit und optimale technische Hilfsmittel.

**Elektrometrie.** Mithilfe der Elektrometrie können atypisch gelagerte und möglicherweise blutende Wurzelkanaleingänge von Perforationen sicher differenziert werden, sodass die Wahl des geeigneten Reparaturzementes bestimmt werden kann nach der Lage der Perforation.

Mit einer vertiefenden trockenen Präparation der Wurzelkanaleingänge mit Langschaftrosenbohrern der Größe 005-012 (Drux, Gummersbach) lassen sich auch unter Sicht mit dem Dentalmikroskop Vertikalfraktu-



Abb. 2 **a** Situationsaufnahme nach wiederholter endodontischer Therapie mit rezidivierenden Beschwerden bei parodontal unauffälligem Befund. **b** IKD bei 16-facher Vergrößerung: am Boden der Pulpakammer anhaftendes Reizdentin, mesial wurden 2 Wurzelkanäle mechanisch erweitert, mesial überlagert Sekundärdentin einen breiten, mit Debris gefüllten Isthmus. **c** Nach Entfernung der Dentinüberhänge und einer leicht vertiefenden Präparation der Wurzelkanäleingänge lässt sich ein vertikaler Dentinriss darstellen, der einen weiteren Versuch der Erhaltung ausschließt.

### Befundblatt zur intrakoronaren und intrakanalären Diagnostik

#### Ausdehnung der Karies

- bis in Pulpakammer
- bis in den Wurzelkanal
- bis in die Furkation

#### Randspalt an Restauration

- Lage

#### Ausdehnung von Dentinrissen und Cracks

- bis Schmelz-Zement-Grenze
- bis Wurzelkanal
- in Wurzelkanal

#### Reizdentin, Dentikel

- Pulpakammer
- Kanal

#### Pulpagewebe

- blutend
- purulent
- nekrotisch
- fötider Geruch

#### Wurzelkanäle

- Anzahl und Länge
- unbehandelte

#### Isthmen

- Lokalisation

#### Wurzelkanalfüllung

- Material
- Wandständigkeit
- Festigkeit

#### Perforationen

- Lokalisation
- Größe

#### Perforationen

- Lokalisation
- Größe

#### Resorptionen

- intern
- extern
- perforierend
- kombiniert

#### Obliterationen

- partiell
- vollständig

#### Vertikalfaktur

- Lokalisation

#### Fragment

- Länge geschätzt
- Lokalisation
- Art

ren und Infrakturen differenzieren, sodass rechtzeitig eine Entscheidung für die geeignete Therapie getroffen werden kann (Abb. 2).

#### ■ Röntgendiagnostik

Im Rahmen der Basisdiagnostik ist eine den aktuellen Behandlungsstand dokumentierende intraorale Einzelzahn Aufnahme zu empfehlen.

**Merke:** OPTG-Aufnahmen können eine Einzelzahn Aufnahme aufgrund der technisch bedingten Verzerrungen nicht ersetzen.

Mit der Ausgangsröntgenaufnahme wird der aktuelle Befund dokumentiert und dient für künftige Nachkontrollen als Vergleichsaufnahme [11].

Die zweidimensionale Röntgentechnik ermöglicht die Abbildung der Summe aller kontrastgebenden Informationen auf einer Bildebene. In Abhängigkeit der Projektionsachse zur Bildebene entstehen Objektverzerrungen

#### Beurteilung von Röntgenaufnahmen

Während der Beurteilung von zweidimensionalen Röntgenaufnahmen treten zusätzlich intra- und interindividuelle Unterschiede in der Befundung auf. Goldman et al. fanden bei 6 Untersuchern nur 47% Übereinstimmung in der Beurteilung des endodontischen Erfolges anhand von Zahnfilmaufnahmen. Nach wiederholter Befundung fanden sich bei 2 Untersuchern Unterschiede in der Übereinstimmung zwischen 18 und 80% [13, 14].

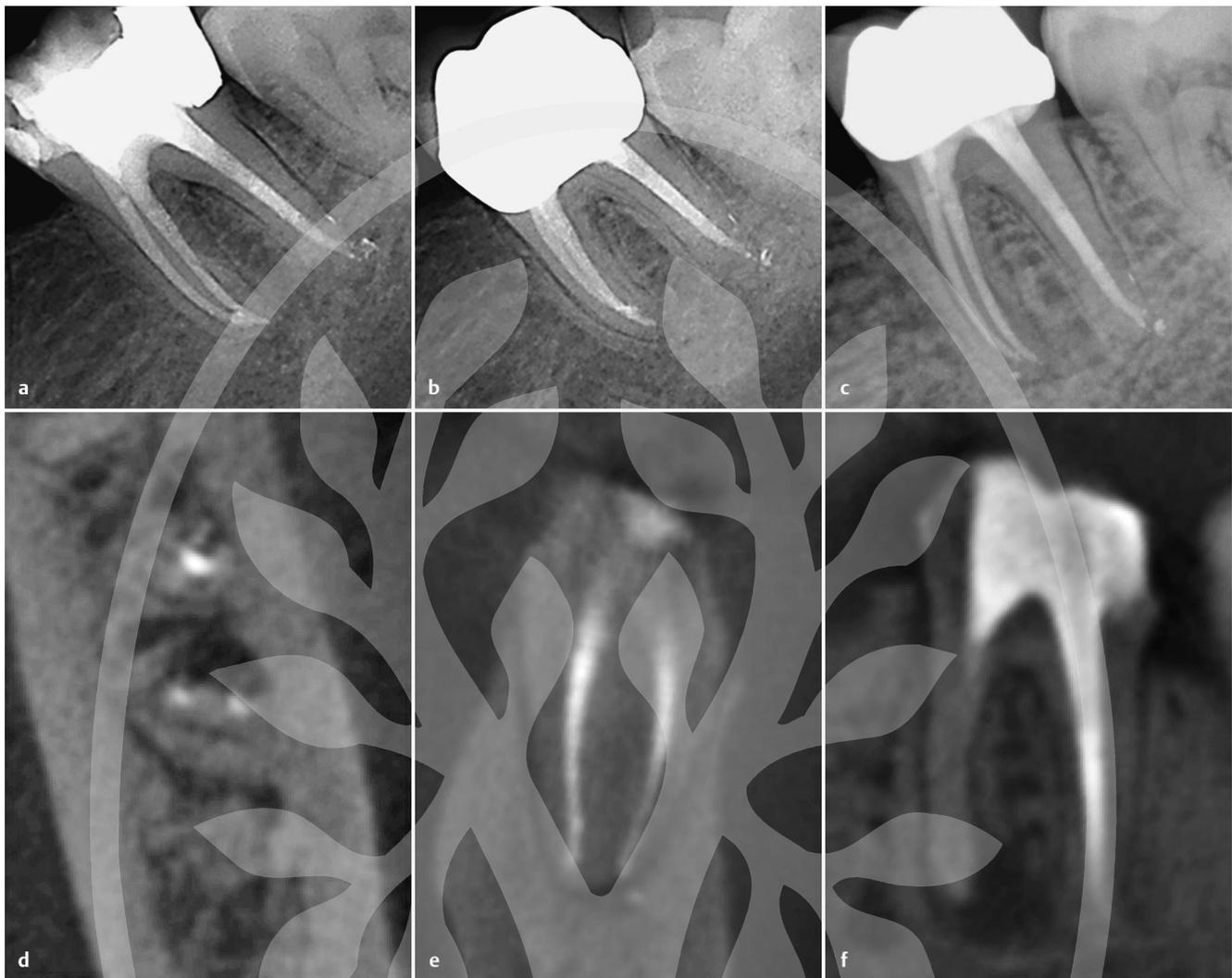


Abb. 3 a Kontrollaufnahme nach Wurzelkanalfüllung am Zahn 36 mit apikaler Aufhellung mesial. b, c Röntgenkontrolle nach 1 und 5 Jahren bei klinischer Symptomlosigkeit ohne pathologischen Befund. d DVT-Aufnahme am Zahn 36 in axialer Ebene mit  $3 \times 5$  mm großer apikaler Aufhellung. e Ansicht mesiale Wurzel mit 2 separat gefüllten Wurzelkanälen und apikaler Aufhellung, ein apikaler Isthmus mit fortbestehender mikrobieller Infektion wird als Ursache vermutet. f In der sagittalen Ebene lässt sich im Vergleich zur intraoralen Röntgenaufnahme eine apikale Aufhellung zweifelsfrei erkennen.

in der Größe, Form und Kontrast, sodass die Interpretation der Röntgenaufnahmen erschwert wird (Abb. 3).

#### DVT

Im Vergleich zu Zahnfilmaufnahmen verbessert die dentale digitale Volumentomografie (DVT) die diagnostische Sicherheit [15, 16]. Der Nachweis einer apikalen Parodontitis mithilfe des DVT ist der Zahnfilmaufnahme deutlich überlegen [17–19]. Anhand der dreidimensionalen Rekonstruktion lassen sich die Anzahl und der Verlauf der Wurzelkanäle sowie anatomische Besonderheiten bestimmen [20–23]. Seltene anatomische Variationen in der Wurzelform, wie z. B. der Radix entomolaris [24], c-förmige Wurzelkanäle

[20, 22], middle mesiale Wurzelkanäle in unteren Molaren und Invaginationen [18] können rechtzeitig erkannt werden.

**Merke:** Die DVT ist damit der zweidimensionalen Röntgenaufnahme deutlich überlegen in der Beurteilung endodontischer Problemstellungen, wie z. B. bei der Fragestellung nach dem Vorhandensein und der Lage von Fragmenten, Perforationen [25], Stufenpräparationen und Resorptionen und Frakturen [26, 27]. Die Anwendung der DVT ist jedoch in jedem Einzelfall kritisch zu prüfen auf ihre Indikation und den möglichen Gewinn an diagnostischen Hinweisen im Vergleich zu den möglichen gesundheitlichen Schäden für den Patienten.

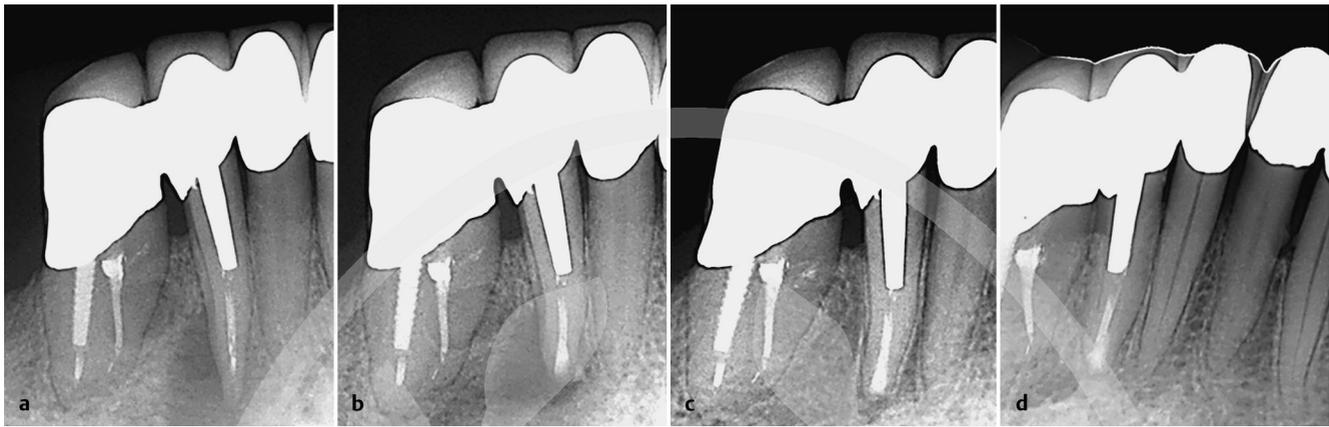


Abb. 4 a 65-jährige Patientin mit akuter Parodontitis apicalis und Schwellung am Zahn 42 und ausgedehnter periapikaler Aufhellung nach langjährig symptomloser unvollständiger WKB und Versorgung mit Keramikstift. Zum Schutz der Restzahnsubstanz wird eine retrograde Therapie geplant. b Nach minimaler Resektion und retrograder chemomechanischer Reinigung mit Ultraschallfeilen wurden die beiden Wurzelkanäle mit MTA verschlossen. c, d Röntgennachkontrollen nach 1 und 5 Jahren ohne pathologischen Befund.

### Orthograde oder retrograde Therapie

Grundsätzlich ist im Fall einer fortbestehenden endodontischen Erkrankung eine orthograde Therapie indiziert. Lediglich in Fällen der Nichtrestaurierbarkeit eines Zahnes, bei Vorliegen einer Wurzellängsfraktur

oder im Fall einer Parodontitis marginalis mit vollständigem Knochenabbau unter Einbeziehung der Wurzelspitze ist eine Revisionsbehandlung nicht zu empfehlen [1,8].

Chirurgische Therapieverfahren beschränken sich aufgrund der modernen neuen Therapiemöglichkeiten nur noch auf wenige Fälle. Die mikrochirurgische endodontische Therapie dient der Korrektur der orthograd nicht lösbaren Probleme.

#### Indikationen zur retrograden Therapie

- persistierende oder rezidivierende Beschwerden nach Revisionsbehandlung
- Vergrößerung einer periapikalen Aufhellung nach abgeschlossener Revisionsbehandlung
- periapikale infizierte oder korrodierende Fremdkörper (Silberstifte)
- Gefährdung der Integrität der Wurzel im Verlauf der Entfernung von tief adhäsiv befestigten Keramikstiften (Abb. 4)
- Entfernung querfrakturierter infizierter Wurzelanteile
- Biopsie zum Ausschluss von Tumoren

**Merke:** Die Chirurgie ergänzt die orthograde endodontische Therapie, kann sie aber nicht ersetzen.

#### ■ Behandlungsplanung

Endodontische Revisionsbehandlungen können grundsätzlich einzzeitig erfolgen (Abb. 5) [28]. Damit wird die Gefahr einer Reinfektion infolge einer undichten provisorischen Versorgung verhindert und eine funktionelle Fehlbelastung mit Teilfrakturen von Kronenwänden sicher vermieden. Stark infizierte Wurzelkanalsysteme bleibender Zähne bei Jugendlichen lassen weite Dentinkanälchen und breite Isthmen als ideale Nischen für eine mikrobielle Infektion vermuten, sodass zusätzliche antibakterielle Einlagen empfohlen werden. In Fällen mit externen entzündlichen Resorptionen kann eine antiresorptive medikamentöse Therapie erforderlich sein, sodass ein mehrzeitiges Verfahren geplant werden muss (Abb. 6).

**Merke:** Endodontische Revisionsbehandlungen können grundsätzlich einzzeitig erfolgen.

#### Die orthograde Behandlung vollzieht sich in den 5 Teilschritten

1. Substanzschonende Entfernung von insuffizienten Restaurationen und Füllungsmaterialien und Vorbereitung des Zahnes für eine aseptische endodontische Therapie (Aufbaufüllung, Kofferdam)
2. Entfernung aller intrakanalären Verschlussmaterialien
3. Überwindung und Korrektur der in der Erstbehandlung aufgetretenen Probleme
  - prozessuale Hindernisse (z. B. Stufen, Fragmente, Perforationen)
  - anatomische Besonderheiten (z. B. Teilobliterationen, tiefe Wurzelkanalauftellungen)
4. Reinigung, Desinfektion und erneuter Verschluss des Wurzelkanalsystems
5. Sicherung des Therapieergebnisses mit einer adäquaten Restauration

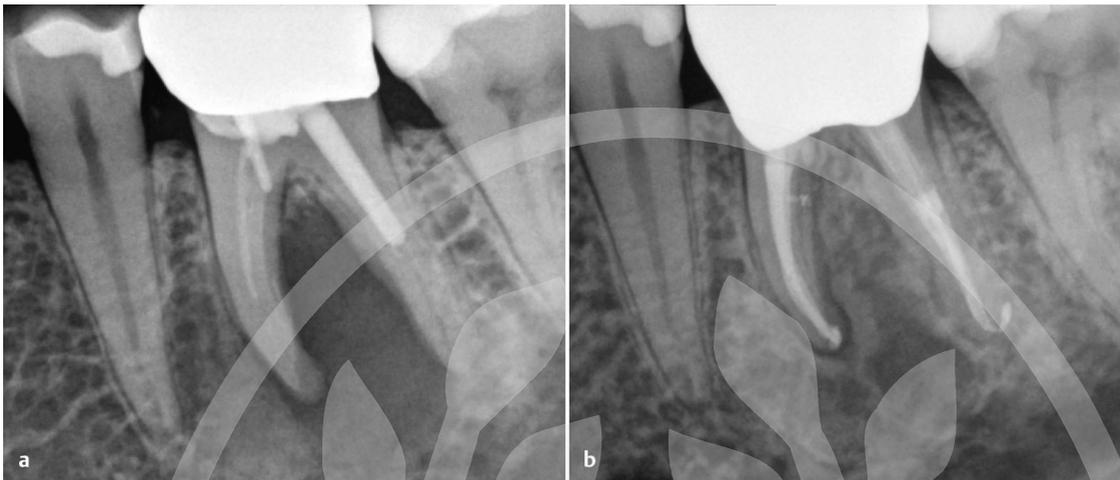


Abb. 5 a Zahn 36 mit unvollständiger Wurzelkanalfüllung und ausgedehnter periapikaler Aufhellung und Verdacht auf Randspalt am mesialen Kronenrand. b 1 Jahr nach abgeschlossener einzeitiger Revisionsbehandlung und sofortiger Kronenneuersorgung mit deutlicher Verkleinerung der periapikalen Aufhellung.



Abb. 6 a Als Folge eines Frontzahntraumas und des Versuchs einer Vitalerhaltung der Pulpa kam es am Zahn 11 zu einer infizierten Pulpanekrose und bereits nach 6 Wochen zur Ausbildung einer Fistel und externen progredienten Wurzelresorption. b Erst durch die wiederholte Einlage antiresorptiv und antibakteriell einwirkender Medikamente konnte die Resorption 6 Wochen nach Beginn der Therapie gestoppt werden. c, d Kontrollaufnahmen nach 3 Monaten und 18 Monaten lassen einen Stillstand der Resorption erkennen.

### Praxistipp

Bei der Behandlungsplanung in einer allgemeinärztlichen Praxis sollte dann von einem mehrzeitigen Therapieverfahren ausgegangen werden, wenn im Verlauf einer Revision Stiftstumpfaufbauten oder andere intrakanaläre Barrieren überwunden werden müssen.

### ■ Anästhesie

Die orthograde endodontische Therapie ist v. a. eine zeitlich und apparativ umfangreiche Therapie, die aufseiten des Patienten viel Geduld und Ruhe erforderlich

machen. Kleinste abrupte Bewegungen des Patienten als Folge von unerwartetem Schmerz können im Verlauf der mikroinvasiven Tätigkeit zu weiteren Problemstellungen führen. Das Vorhandensein einer apikalen Aufhellung oder einer Wurzelkanalfüllung garantieren nicht, dass keine sensiblen oder vital versorgten Areale der Pulpa innerhalb des Wurzelkanalsystems weiter vorhanden sind (Abb. 7).

**Merke:** Mithilfe einer lokalen Infiltrationsanästhesie oder intraligamentären Anästhesie kann eine unerwartete spontane Schmerzreaktion vermieden werden.

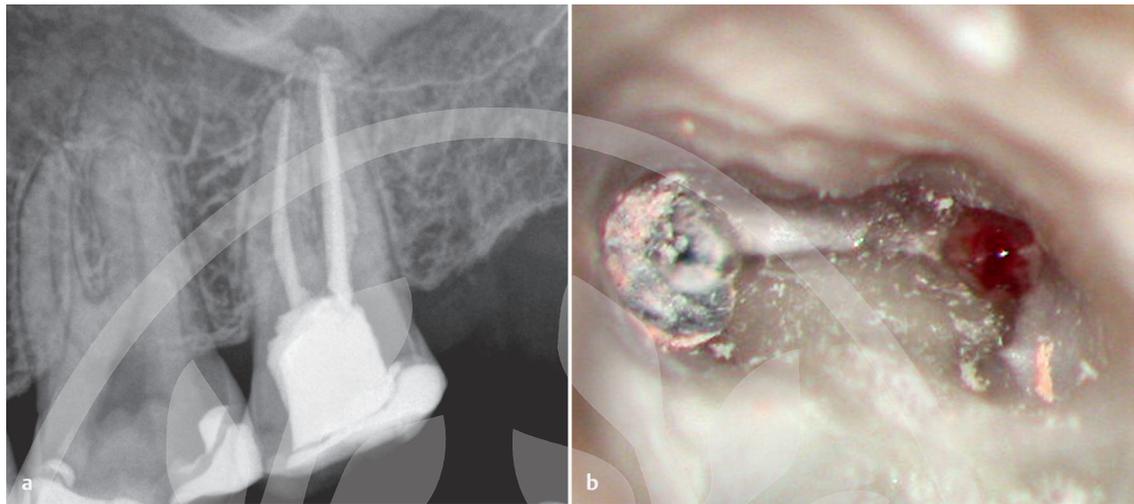


Abb. 7 a Situationsaufnahme Zahn 27 nach Wurzelkanalbehandlung mit rezidivierenden Beschwerden und apikaler Aufhellung. b Im Verlauf der IKD lassen sich in der mesiobukkalen Wurzel ein un behandelter Wurzelkanal MB2 und Reste einer vitalen Pulpa darstellen.

## Entfernen von Stiften

Im 1. Schritt werden unter Kofferdam alle Aufbaufüllungsmaterialien bis zum Stift entfernt. Mit einer Ultraschallfeile wird der Befestigungszement bis in den Wurzelkanal reduziert. Häufig können ovale oder schlitzförmige Anteile des Wurzelkanals bereits für eine tiefergehende intrakanaläre Freilegung genutzt werden. Nach einer Desinfektion erfolgt im feuchten Milieu die den Stift umkreisende Übertragung von Ultraschall, um die Zementfuge zu lockern. Sobald der Schraubenaufbau sich unter der Einwirkung von Ultraschall bewegt, kann er durch eine im Uhrzeigersinn entgegengesetzten Bewegung passiv entfernt werden (Abb. 8).

### Angussstifte

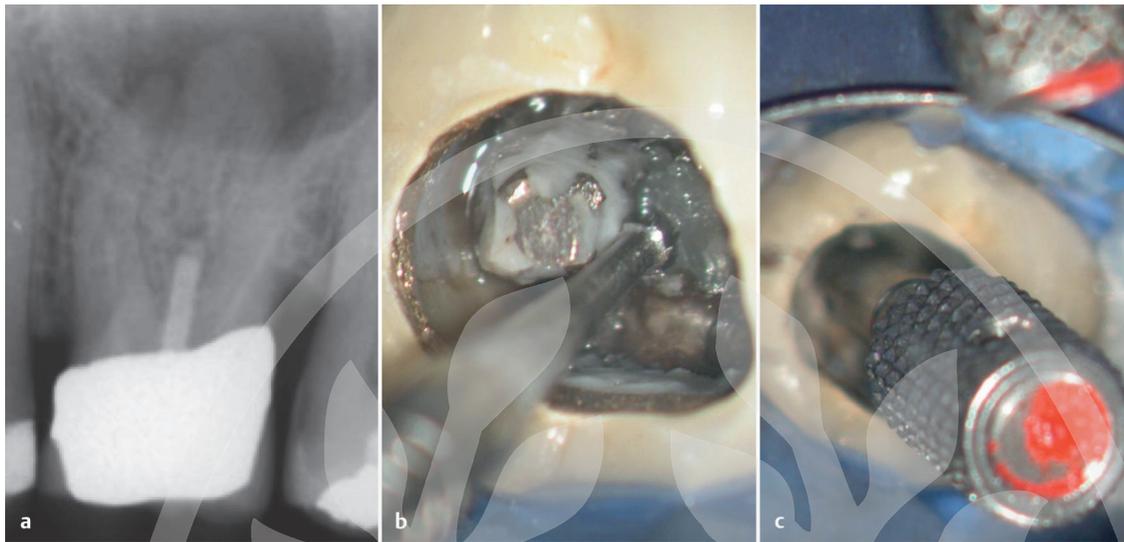
Bei Angussstiften empfiehlt sich als erstes die Reduktion der Höhe des gesamten Aufbaus. Im Anschluss wird je nach Platzangebot die angegossene Metallfüllung bis in die Retentionsmanschette des Dentins unter Erhalt des Stifts mit einem Hartmetallfräser entfernt. Das Dentin soll dabei

nicht präpariert werden, um die Restzahn-hartsubstanz zu schonen. Mit einem grazi- len flammenförmigen Diamant werden die bis in den Wurzelkanal hineinreichenden Füllungs- reste am Stift entfernt. Die Zementfuge in- nerhalb des Wurzelkanals kann in den oberen Anteilen mit einer Ultraschallfeile aufgelöst werden. Dabei wird gleichzeitig erkennbar, welche Art von Befestigungszement Anwen- dung gefunden hat. Bei Zinkphosphatzement lässt sich durch die Übertragung von Ultra- schall über den Stift die Zementfuge nach wenigen Minuten auflösen und der Stift kann passiv nach Lockerung entfernt werden. Im Fall der Befestigung mit Glasionomierzement oder Komposit ist eine tiefere Freilegung des Stifts entlang der Wurzelfläche mit der größ- ten Schichtstärke zu empfehlen, bevor starke Schwingungen auf den Stift ausgelenkt wer- den. Damit kann die Intensität und Dauer der Ultraschalleinwirkung sowie die Gefahr der Rissbildung im Dentin deutlich reduziert wer- den (Abb. 9). Als ein weiteres Hilfsmittel zur Entfernung von passiven Stiften wird das Post-Removal-Kit (Dentsply, Konstanz) empfohlen

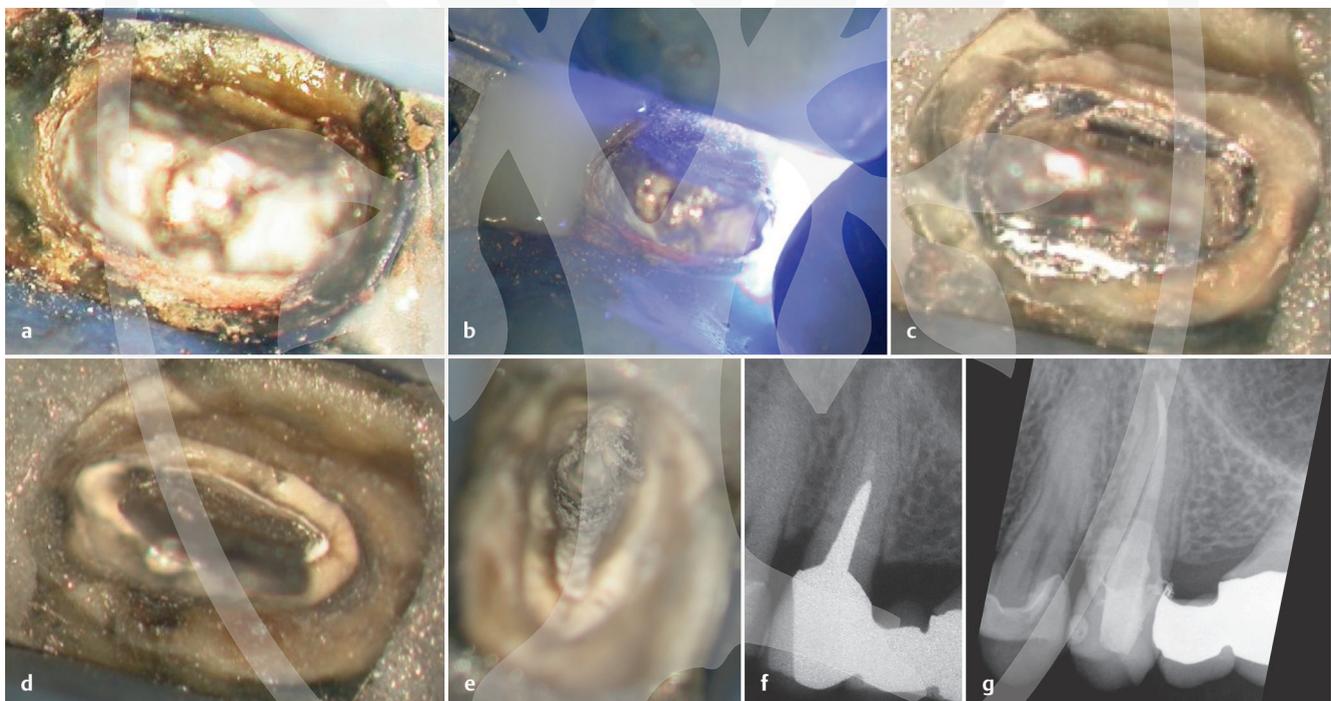
[31]. Auf den freigelegten Stift wird ein Ge- winde geschnitten und eine Abzugshülse be- festigt, die im Anschluss mit einem Extraktor unter Abstützung auf dem Zahn entfernt wird. Die Methode ist abhängig von der Achsrichtung von Zahn, Stift und der senk- rechten Anordnung des Extraktors. Bei feh- lender Übereinstimmung besteht die Gefahr der Wurzelfraktur.

### Kompositstifte

Faserverstärkte Kompositstifte mit dualhär- tendem Komposit im Wurzelkanal befestigt lassen sich unter trockener Präparation und optischer Kontrolle mit einem Langschaft- rosenbohrer in der Größe ISO 012 bis in das mittlere Wurzel Drittel ohne weiteren Verlust an Wurzel dentin sicher entfernen. Bei tiefer verankerten Stiften werden die Restanteile mit einer Ultraschallfeile (IrriK, VDW, Mün- chen) kontrolliert entfernt. Ein wiederholtes Spülen und Trocknen ist im Verlauf notwen- dig, damit auch in der Tiefe des Wurzelkanals eine optimale Sichtkontrolle während der Entfernung erhalten bleibt.



**Abb. 8** a Zahn 26 mit einer fortbestehenden endodontischen Erkrankung wurde nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung mit einem selbstschneidenden Stiftsystem aufgebaut. b Nach einer okklusalen Eröffnung der Krone gelingt es, die Kompositaufbaufüllung um den Stift mit Langschaftrosenbohrern zu entfernen. c Nach einer Ultraschallaktivierung lösen sich die verbliebenen Kompositanteile in den koronalen Retentionen des Stiftsystems, sodass sich nach einer ersten Lockerung der Stift mit einem Schlüssel entgegen dem Uhrzeigersinn passiv entfernen lässt.



**Abb. 9** a Nach Entfernung der Krone gelingt es, den Zahn mit einer Kofferdamklammer Nr. 212 trotz stark reduzierter Zahnhartsubstanz mit Kofferdam zu isolieren. b Aufgrund der geringen Retention wird die Klammer am Zahn mit Komposit befestigt. c–e Der gegossene Aufbau wird zirkulär mit Hartmetallfräsern ohne zusätzlichen Verlust an Zahnhartsubstanz bis in die Retentionsmanschette schrittweise entfernt bis zum Angusstift. f–g Im Vergleich von Ausgangsaufnahme und Kontrollaufnahme am Zahn 25 nach abgeschlossener Revisionsbehandlung konnte trotz schwieriger Stiftentfernung die Restzahnhartsubstanz geschont werden.

Gleichzeitig werden der Druck der Kofferdammklammer am Gingivarand und die Vibrationen infolge der invasiven Präparation am entzündeten Zahn durch den Patienten besser toleriert.

#### ■ Entfernung von Stiften

Aktuell verwendete Stifte werden in aktive und passive Stiftsysteme unterteilt. Aktive Wurzelstifte werden in das Dentin selbstschneidend oder unter Verwendung eines Vorbohrers eingeschraubt.

**Cave:** Aufgrund der hohen Spannung im Wurzel-dentin und der begleitenden Dentinrisse besteht die Gefahr für Vertikalfrakturen [29].

Auch die Verwendung konfektionierter konischer Angussstifte kann aufgrund der retentiven Klemmpassung zwischen Wurzelkanalwand und Stift einen Keileffekt auf das Dentin ausüben und Frakturen begünstigen [19]. Die Verwendung von Keramikstiften

führt in Langzeitstudien zu ungünstigen Prognosen und zu vermehrten Spannungsrissen im Dentin [30]. Das Verfahren zur Entfernung soll deshalb minimal-invasiv und möglichst passiv auf das vorgeschädigte Dentin einwirken. Hebel- und Kippbewegungen sind unbedingt zu vermeiden [31].

#### ■ Darstellung der Wurzelkanaleingänge

Zur Darstellung von Wurzelkanaleingängen eignen sich Langschaftrosenbohrer in den Größen ISO 012-005 mit einer Länge von 34 mm. Bei trockener Präparation und unter Luftzufuhr gelingt es, endodontische Hohlräume durch das oberflächliche Einpressen von Dentinspänen zu markieren und zu differenzieren. Unter Verwendung optischer Vergrößerungshilfen und koaxialer Lichtzufuhr gelingt es sicher, anhand der unterschiedlichen Farben bzw. Lichtreflexionen des Dentins die topografische Orientierung aufrecht zu erhalten (Abb. 10).

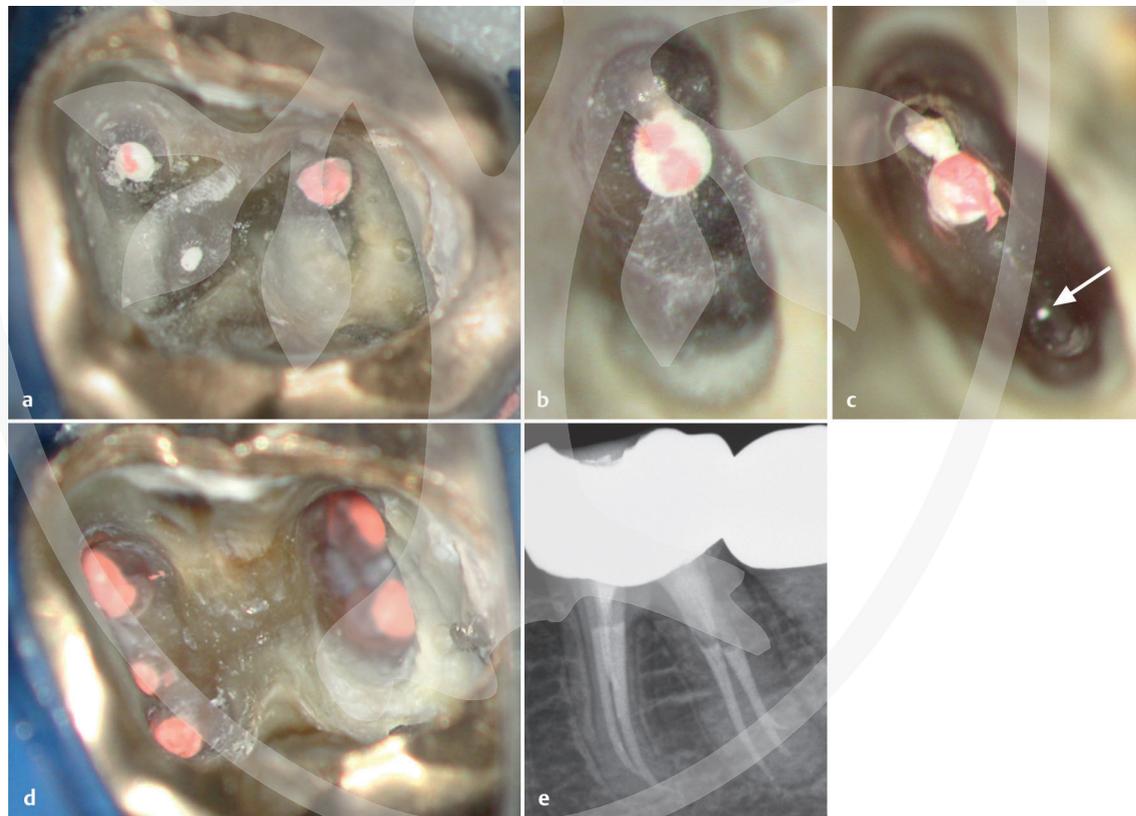


Abb. 10 **a** Während der IKD unter 16-facher Vergrößerung lassen sich 3 gefüllte Wurzelkanäle erkennen. Sekundärdentin (helle Zonen) hat Pulpakammer eingeengt, Tertiärdentin hat zur Obliteration des distalen und der mesiolingualen Wurzelkanäle beigetragen (dunkle Zonen). **b** Im Verlauf der vertiefenden Präparation des distalen Wurzelkanals lässt sich ein stark ovales und partiell obliteriertes Wurzelkanalsystem erkennen mit lateralen weichgewebigen Einschlüssen. **c** Im Übergang zum mittleren Drittel lässt sich ein punktförmiger Wurzelkanal darstellen (Pfeil). **d, e** Nach abgeschlossener Wurzelkanalbehandlung konnten 5 Wurzelkanäle gefüllt werden.

### ■ Entfernung von Wurzelkanalfüllungen

In Abhängigkeit zum verwendeten Wurzelkanalfüllungsmaterial können unterschiedliche Methoden zur Entfernung genutzt werden (Tab. 1). Zielstellung ist die vollständige und rückstandsfreie Entfernung aller Wurzelkanalfüllungsmaterialien, damit das mikrobiell besiedelte Wurzelkanalsystem optimal desinfiziert werden kann. In Nischen des Wurzelkanalsystems können Reste von Sealer und Guttapercha nur unvollständig entfernt werden. Selbst die Anwendung von Lösungsmitteln ermöglicht keine Verbesserung.

**Merke:** Während im koronalen und mittleren Anteil des Wurzelkanalsystems die Nutzung von Lösungsmitteln schwer penetrierbare Guttapercha leichter entfernen lässt, wird der Einsatz im apikalen Drittel nicht empfohlen [7, 32].

Die Entfernung der durchweichten Guttapercha kann zur Verdrängung der noch vorhandenen pathogenen mikrobiellen Plaque und Verklebung der Dentintubuli, Ramifikationen und Isthmen beitragen.

#### Chloroform

Als Lösungsmittel wurde in der Vergangenheit Trichlormethan (Chlorophorm) genutzt. Das sehr effektive Lösungsmittel wurde in die Gruppe 2B der krebserregenden Stoffe durch die „International Agency for Research of Cancer“ klassifiziert [32]. Die krebserregende Wirkung konnte lediglich im Tierexperiment nachgewiesen werden. Als Folge der Eingruppierung steht Chlorophorm für die Anwendung am Patienten nicht mehr zur Verfügung. Chlorophorm, Xylene und Halothane sind in der Lage, Guttapercha zu plastifizieren, verringern jedoch schon nach 5-minütiger Einwirkungszeit die Mikrohärtigkeit des Dentins [33]. Alternativ wird die Anwendung von Eukalyptol empfohlen [32].

**Merke:** Die Anwendung von Lösungsmitteln sollte nur auf schwer entfernbare Guttapercha begrenzt werden, um die Gefahr der Instrumentenfraktur oder die Perforationsgefahr zu reduzieren.

Ein Überinstrumentieren von Lösungsmitteln sollte aufgrund der Toxizität vermieden werden [34].

**Tabelle 1**

#### Methoden zur Entfernung von Wurzelkanalfüllungen.

Art	Hilfsmittel
Pastenfüllung weich	ProFile 04
Pastenfüllung hart	Ultraschall, ProFile 04
Guttapercha	Thermoplugger, Ultraschall, ProFile 04
Kunststoff-Carrier	ProFile, Thermoplugger, Hedström-Feile
Silberstifte	IRS, Tube-Technik, Braiding-Technik
Amalgam, GIZ, MTA	Langschaftrosenbohrer, Ultraschall

#### Nickel-Titan-Instrumente

Der Einsatz von Nickel-Titan-Instrumenten hat sich zur Entfernung von Guttapercha bewährt. Insbesondere ProFile-Instrumente erscheinen gut geeignet [35]. Aufgrund ihrer geometrischen Form können sie sich in die Guttapercha schneiden. Die sog. Radiallands sichern dabei einen Erhalt des Wurzelkanalverlaufs. Die passive Arbeitsspitze und hohe Flexibilität des Instruments verringert im Vergleich zu aktiv schneidenden Spitzen von Revisionsfeilen das Risiko einer Stufenpräparation in gekrümmten Wurzelkanälen.

Eine Herausforderung können kunststoffträgerbasierte Wurzelkanalfüllungen wie bspw. Thermafil (Maillefer, Ballaigues, Schweiz) sein. Eine falsche Dimensionierung kann zur Einpressung des Kunststoffträgers im Wurzelkanal führen und eine vollständige Entfernung deutlich erschweren [36]. Die Entfernung einer Thermafil-Wurzelkanalfüllung kann manuell mit Stahlinstrumenten, maschinell mit Nickel-Titan-Instrumenten oder in Kombination von maschinellen und manuellen Instrumenten nach vorangegangener Plastifizierung des Füllmaterials erfolgen (Abb. 11) [37].

Verbliebene Anteile an Sealer, Guttapercha und Debris lassen sich aktuell am besten in der Kombination von rotierender Aufbereitung, passiver Ultraschallspülung und aktiver Präparation mit dem Self Adjusting File-System (SAF) entfernen [38, 39].

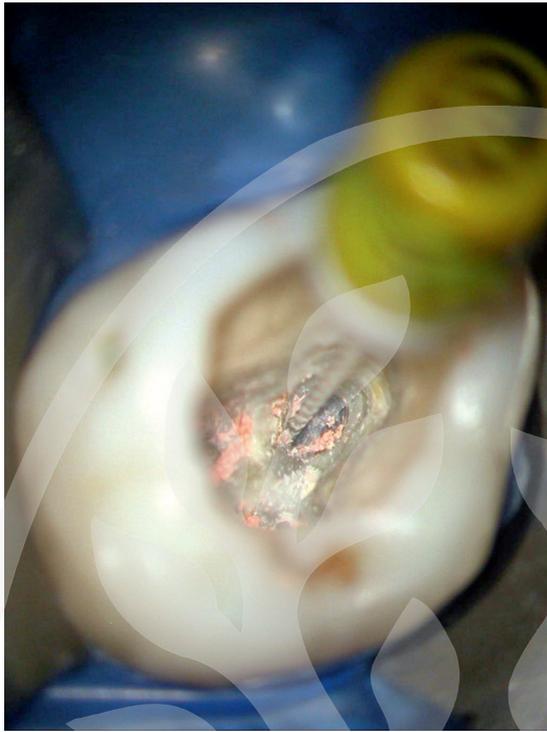


Abb. 11 Zur Entfernung der Kunststoffträger einer ThermoFüll-Füllung empfiehlt sich zuerst die Präparation eines Pfades neben dem Stift. Nach kurzer Erwärmung mit einem Thermoplugger wird eine Hedström-Feile eingeschraubt, sodass der Stift entfernt werden kann.

#### ■ Entfernung von Fragmenten

Jedes intrakanalär verwendete Hilfsmittel kann im Verlauf der chemomechanischen Aufbereitung frakturieren und das Wurzelkanalsystem teilweise oder vollständig blockieren. Die Prävalenz liegt bei 5–21% je nach Schwierigkeit der endodontischen Therapie [40,41].

Die Entfernung eines Instrumentenfragments hat das Ziel, die Blockade eines präparierten Wurzelkanals zu überwinden, damit das Wurzelkanalsystem vollständig chemomechanisch bearbeitet und im Anschluss bakterien dicht verschlossen werden kann. Zusätzliche iatrogene Schäden während des Versuchs der Entfernung eines Fragments sollen durch die Auswahl einer geeigneten Methode vermieden werden, damit der langfristige Erhalt des Zahnes nicht beeinträchtigt wird. Die Entfernung von Fragmenten ist in jedem Fall eine Ermessensfrage, die keine pauschale Therapie nach sich zieht. Je nach vorgefundener Situation muss der Entfernungsversuch abgewogen werden gegen die möglichen Risiken weitergehender Schäden an der Zahnhartsubstanz und angrenzender Gewebe (Abb. 12) [42].

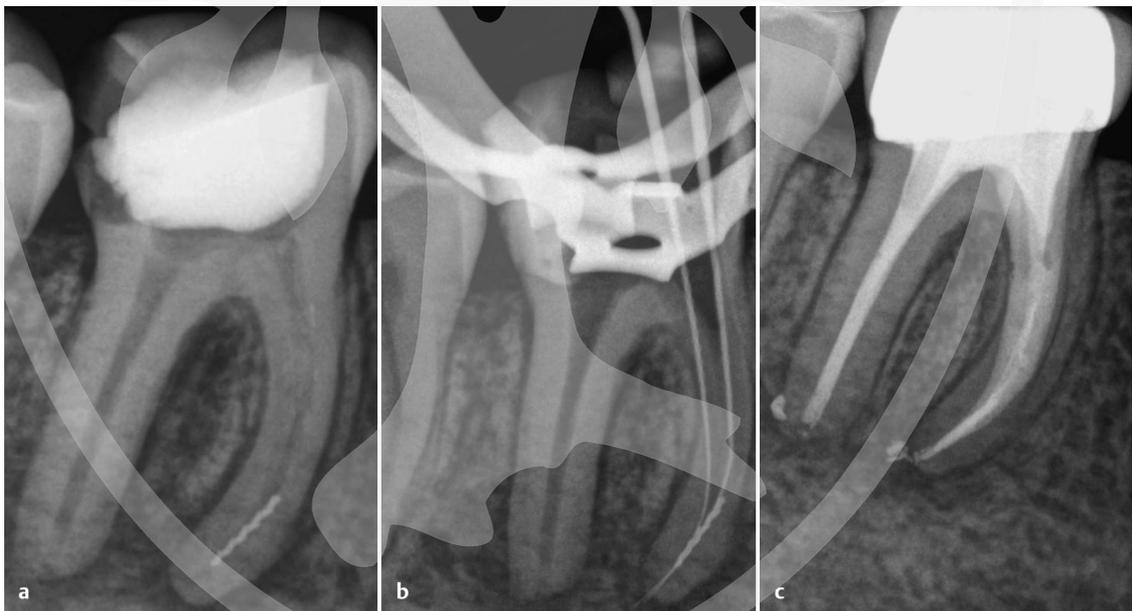


Abb. 12 a Zahn 46 mit ausgedehnter periapikaler Aufhellung und Fragment unterhalb der Wurzelkanalkrümmung liegend. b Im Verlauf der Wurzelkanalbehandlung konnte das Fragment vollständig passiert werden, sodass es nach intensiver Desinfektion in die Wurzelkanalfüllung integriert wurde. c 6 Monate nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung war eine deutliche Heilungstendenz radiologisch nachweisbar.

### Systematik bei Entfernung von Fragmenten

Die Nutzung einer systematisierten Abfolge von Arbeitsschritten zur Fragmententfernung kann die Lösung der komplexen Aufgabenstellung erleichtern [43]. Im

1. Arbeitsschritt erfolgen die Anpassung der endodontischen Zugangskavität und ein geradliniger Zugang zum Fragment. Je nach Lage kann dies im koronalen Wurzel Drittel mit Gates-Glidden-Bohrern in absteigender Größe und weiter apikal mit passiven NiTi-Feilen bis zur Größe ISO 45 erfolgen. Nach einer ultraschallaktivierten Reinigung und Desinfektion werden alle anderen Wurzelkanäle mit Wattepellet oder Teflonband abgedeckt, um eine Verlagerung eines gelösten Fragments oder eines Anteils einer frakturierten Ultraschallfeile sicher zu vermeiden.

In Abhängigkeit zu der ausgewählten Entfernungsmethode wird das Fragment mithilfe von Ultraschallfeilen freigelegt. Die Freilegung richtet sich nach der Lage des Fragments. Nur im koronalen Wurzel Drittel

oder in geraden Wurzelkanälen großer Dimension erfolgt die zirkuläre Freilegung. In gekrümmten Wurzelkanälen wird die Freilegung ab dem mittleren Wurzel Drittel auf maximal 90° und im apikalen Wurzel Drittel nur noch auf die Breite des Fragments begrenzt. Die Präparation erfolgt mit vorgeboenen Ultraschallfeilen in der Größe ISO 25 und im apikalen Drittel in der Größe 15, um den Substanzabtrag auf das nötige Maß zu begrenzen.

Für eine zahnsubstanzschonende Freilegung werden die anatomischen Bedingungen des Wurzelkanalsystems genutzt. So können beispielsweise in distalen ovalen Wurzelkanälen unterer Molaren Fragmente sehr sicher über eine bukkale und linguale Erweiterung freigelegt werden. Die Entfernung von Dentinbrücken konfluierender Wurzelkanäle kann im schwierigen Einzelfall die Entfernung erleichtern. Isthmen bieten einerseits eine gute Orientierung für den weiteren Wurzelkanalverlauf und können andererseits ebenfalls für

eine Freilegung von angrenzenden Fragmenten genutzt werden.

Im 3. Arbeitsschritt wird unter Zuhilfenahme einer Endo-Sonde G 167 (Hu-Friedy, Tuttlingen) das Fragment in Richtung des präparierten Hohlraums luxiert und aus der Verankerung im Dentin gelöst. Bei starken Rückstellkräften des Fragments muss eine weitergehende Freilegung erfolgen.

Erst das bewegliche Fragment lässt sich im 4. Arbeitsschritt sicher und vollständig entfernen. Zur Entfernung von Fragmenten empfehlen sich je nach Indikation und Schwierigkeit unterschiedliche Techniken (Tab. 2).

Zum Abschluss wird das entfernte Fragment vermessen und auf Vollständigkeit geprüft und dokumentiert. Im Einzelfall empfiehlt sich vor einer weiteren Instrumentierung des Wurzelkanals eine Röntgenkontrollaufnahme zur Kontrolle einer vollständigen Entfernung.

#### Braiding-Technik

Bei langen und im koronalen Wurzel Drittel gut zugänglichen Fragmenten kann das „Einflechten“ eines Fragments in zusätzlich eingeführte Hilfsinstrumente Anwendung finden. Voraussetzung ist, dass das Fragment vollständig oder über einen großen Anteil mit einem Handinstrument passiert werden kann. Je nach Platzverhältnissen werden 2–3 Hedström-Feilen in der Größe ISO 15–20 vorbei am Fragment in den vorbereiteten Pfad eingefügt und im Anschluss mit dem Fragment verdrillt und durch langsam erhöhte Zugspannung entfernt. Die Entfernung von Lentulos und Silberstiften hat sich mit dieser Technik bewährt [44, 45].

#### Tube-Technik

Mit Hilfe einer Hülse oder Kanüle wird das Fragment verlängert, sodass es entfernt werden kann. Dazu wird es mechanisch eingeklemmt oder eingeklebt. Voraussetzung ist ein geradliniger Zugang und eine zirkuläre Freilegung des Fragments von etwa 2–3 mm. Aufgrund des erhöhten Platzbedarfes begrenzt sich die Anwendung der Technik lediglich auf Wurzeln mit großer

Tabelle 2

#### Methoden zur Entfernung von Instrumentfragmenten.

Grad	Lokalisation (Kanaldrittel)	Entfernungsmethode
I	a koronal	US (Ultraschalltechnik)
	b koronales bis mittleres Kanaldrittel	US, Braiding
	c koronales bis apikales Drittel	Tube, Braiding
	d koronales Drittel bis periapikal	Tube, Braiding
II	a mittleres Kanaldrittel	US
	b mittleres bis apikales Drittel	Loop, Tube
	c mittleres Drittel bis periapikal	Loop, Tube
III	a apikal	US
	b apikal bis periapikal	bei Sicht: US oder Loop

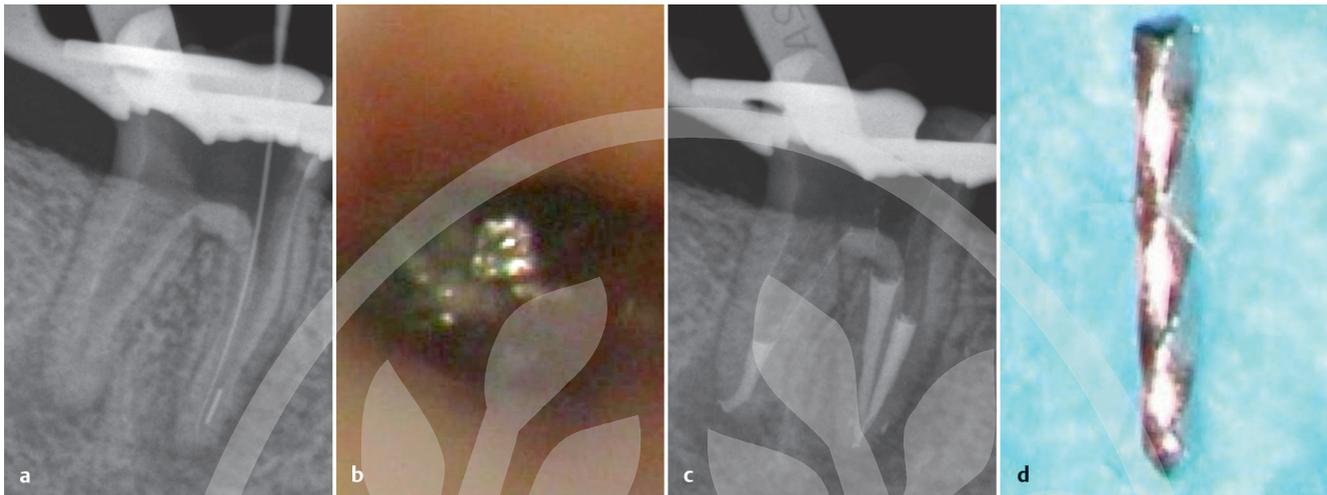


Abb. 13 **a** Am Zahn 47 mit einer ausgedehnten periradikulären Aufhellung wurde die Entfernung eines in apikaler Lage befindlichen Fragments notwendig. **b** Aufgrund der geringen Krümmung ließ sich ein Sichtkontakt zum Fragment präparieren. Nachdem es minimal entlang der inneren Krümmung freigelegt wurde, wurde es mit Ultraschall in Schwingung versetzt und entfernt. **c** Nach einer abschließenden Reinigung und Desinfektion wurden die Wurzelkanäle in einzeltiger Behandlung thermoplastisch verschlossen und im Anschluss dentinadhäsiv verschlossen. **d** Prüfung des entfernten Fragments auf Vollständigkeit.

Dimension und meist nur im koronalen Wurzel Drittel. Als Hilfsmittel können unterschiedlich dimensionierte Pastenkanülen oder das Instrument Removal System (IRS) (Jadent, Aalen) genutzt werden.

#### Ultraschalltechnik

Die Anwendung von sonoabrasiven Präparationstechniken im Wurzelkanalsystem ermöglicht einerseits die minimalinvasive Korrektur des Wurzelkanalverlaufs und andererseits die Entfernung von Fragmenten unterschiedlicher Dimension und in unterschiedlicher Lage. Entscheidend für den über 90%igen Erfolg des Verfahrens ist die visuelle Kontrolle der minimalinvasiven Präparation unter Sicht mit einem Dentalmikroskop (Abb. 13) [46].

Durch das Vorbiegen von Ultraschallfeilen entlang des Wurzelkanalverlaufs gelingt es mit diesem Verfahren, auch Fragmente innerhalb und unterhalb einer Wurzelkanalkrümmung zu entfernen [43].

#### Loop-Technik

Mithilfe einer miniaturisierten Drahtschleife kann es gelingen, innerhalb der Wurzelkanalkrümmung anliegende lange Fragmente schonungsvoll und vollständig zu entfernen [47]. Als einfaches Hilfsmittel kann auch eine zu einer Öse gewickelte Kerr-Feile genutzt werden. Das Hilfsmittel wird aus einer Handfeile der Größe ISO 10 in 31 mm Länge gefertigt, indem die Spitze der Feile umgebogen und entsprechend dem



Abb. 14 Loop-Technik. Aus einer 31 mm langen Kerr-Feile geformtes Hilfsmittel zur Entfernung von Fragmenten.

gewünschten Durchmesser als Öse gewickelt wird. Die rundliche Form der Öse wird im Anschluss mit einer Zange oval und löffelförmig geformt (Abb. 14). Das Hilfsmittel lässt sich unter Kontrolle mit dem Mikroskop leichter mit der Hand oder einer Pinzette über das Fragment führen. In die Öse werden zusätzliche Handinstrumente zum Einklemmen des Fragments eingeführt und im Anschluss leicht verdreht und durch Zugspannung entfernt (Abb. 15) [48].

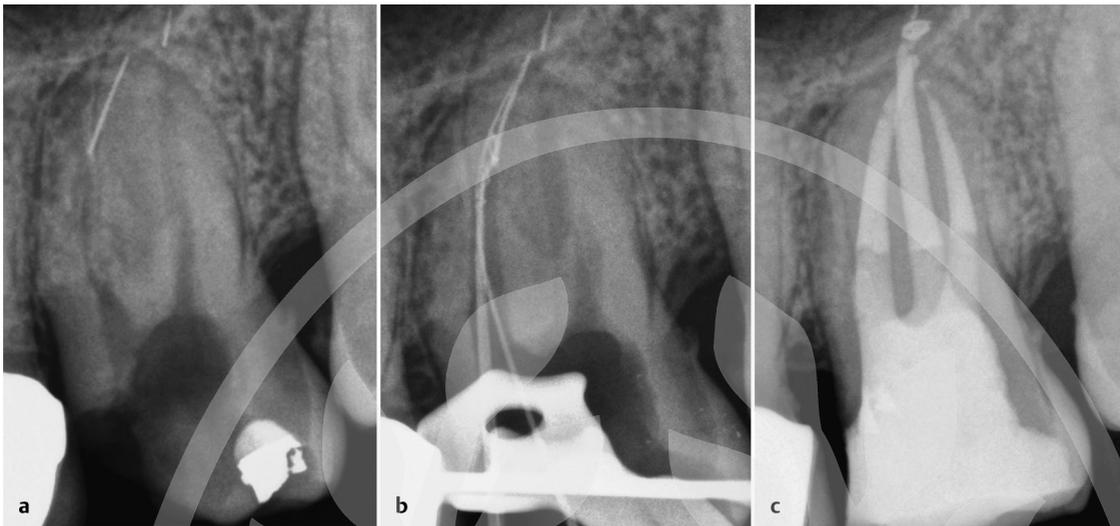


Abb. 15 a Zahn 27 mit einem palatinalen und einem mesiobukkal über dem Apex liegendes langes Fragment. Eine Ultraschallaktivierung kann zu einer erneuten Fraktur führen. b Das über das Fragment platzierte Hilfsinstrument (Loop-Technik) wird auf die richtige Lage unterhalb der Wurzelkanalkrümmung kontrolliert. Ein zusätzliches Instrument wurde bereits in die Öse eingefügt, um es nachträglich mit dem Fragment zu verdrehen und zu entfernen. c Röntgenkontrollaufnahme nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung: der Wurzelkanalverlauf und die Dimension blieben weitgehend erhalten.

#### ■ Überwindung von Stufen

Im Zusammenhang einer Überwindung einer Obliteration, einer zu entfernenden Wurzelkanalfüllung oder nach einer Fragmententfernung kann die aktive Instrumentierung zu einer Abweichung vom Originalverlauf des Wurzelkanals führen. Meist entstehen Stufenpräparationen im Bereich einer Wurzelkanalkrümmung [49].

**Merke:** Die Abweichung vom Wurzelkanalverlauf befindet sich deshalb meist auf der nach außen gerichteten Seite des gekrümmten Wurzelkanals.

Weitere begünstigende Faktoren sind eine zumeist zentral und zu klein gewählte endodontische Zugangskavität, die Nutzung starrer oder inadäquater Aufbereitungssysteme oder abrupte Wurzelkanalkrümmungen.

Die Überwindung von Stufen ist einerseits an das rechtzeitige Erkennen und andererseits an optimale Kenntnisse von den vorliegenden anatomischen Verhältnissen gebunden. Die Nutzung der dreidimensionalen Rekonstruktion mithilfe einer DVT-Aufnahme stellt im Einzelfall eine wichtige Möglichkeit zur exakten Analyse der individuellen anatomischen Verhältnisse dar (Abb. 16) [50].

Nach der Korrektur der endodontischen Zugangskavität erfolgt in Analogie zur Darstellung von Fragmenten die Präparation eines geradlinigen Zugangs. Dabei wird mit Gates-Glidden-Bohrern in absteigender Größe der Wurzelkanal aufgerichtet in Richtung der äußeren Begrenzung. Bei apikal gelegenen Stufen wird der Wurzelkanal passiv mechanisch erweitert mit rotierenden 4%igen NiTi-Feilen bis zur Größe 45. Nach einer Säuberung und Trocknung des Wurzelkanals kann unter optischer Kontrolle mit einem Mikroskop unter Nutzung eines vorgebogenen MicroOpeners in der Größe 10.04 (Maillefer, Ballaigues, Schweiz) der Wurzelkanal in Richtung der inneren Krümmung erkundet und sondiert werden. Im Anschluss wird sonoabrasiv oberhalb des aufgefundenen Wurzelkanalverlaufs die innere Wurzelkanalkrümmung leicht begradigt, um den reproduzierbaren Zugang für eine weitergehende mechanische Erweiterung zu erleichtern. Um das Einsetzen rotierender NiTi-Feilen in 4%iger Konizität zu erleichtern, können sie vorgebogen werden. Die weitere Aufbereitung erfolgt im feuchten Milieu unter kontinuierlicher Spülung.

Ohne optische Vergrößerung ist die Verwendung einer vorgebogenen Handfeile in der Größe ISO 008 empfehlenswert. Durch das schrittweise Sondieren kann im Einzelfall das Ertasten und Erweitern des Wurzelkanals gelingen.



Abb. 16 **a** Zahn 46 nach begonnener Wurzelkanalbehandlung und Fragment (Pfeil) mit Aufhellung periapikal und im Bereich der Bifurkation. **b** DVT-Aufnahme sagittal: deutliche und klar erkennbare periapikale Aufhellung mesial und distal. **c** Ansicht mesiale Wurzel: Stufenpräparationen mesiobukkal (Pfeil). **d** In der axialen Ebene ist mesiolingual eine Perforation (Pfeil) und ein unbehandelter Wurzelkanal (schwarzer Pfeil) erkennbar. **e, f** Abschluss der einzeitigen Wurzelkanalbehandlung mit Perforationsverschluss und Kontrolle nach 2 Jahren mit Ausheilung.

### ■ Perforationen

Perforationen können als Folge einer chronischen mikrobiellen Infektion und entzündlichen Abwehrleistung durch Osteoklasten bzw. Odontoklasten auftreten. Häufiger finden sich artifizielle Perforationen als Folge des Versuchs einer Wurzelkanalaufbereitung meist obliterierter Wurzelkanäle oder Entfernung von Fremdkörpern (Abb. 17–19).

Unter Verwendung einer optischen Vergrößerung kann das Vorhandensein einer Perforation sicher im Rahmen der IKD diagnostiziert werden durch die zusätzliche Anwendung der Elektrometrie. Bei einer atypischen

Lage und frühzeitigen Apexanzeige im Bereich eines blutenden Kanals kann von einer Perforation ausgegangen werden.

Schwieriger sind Perforationen ermittelbar im mittleren oder apikalen Wurzel Drittel. Das Vorhandensein einer Perforation kann auf zweidimensionalen Röntgenaufnahmen projektionsbedingt übersehen werden. Mithilfe der DVT kann die Lage exakt bestimmt werden, sodass ein adäquates Therapieverfahren bestimmt werden kann [50].

Perforationen mit Kontakt zum Mundhöhlenmilieu können adhäsiv mit Komposit und solche mit knöchern-

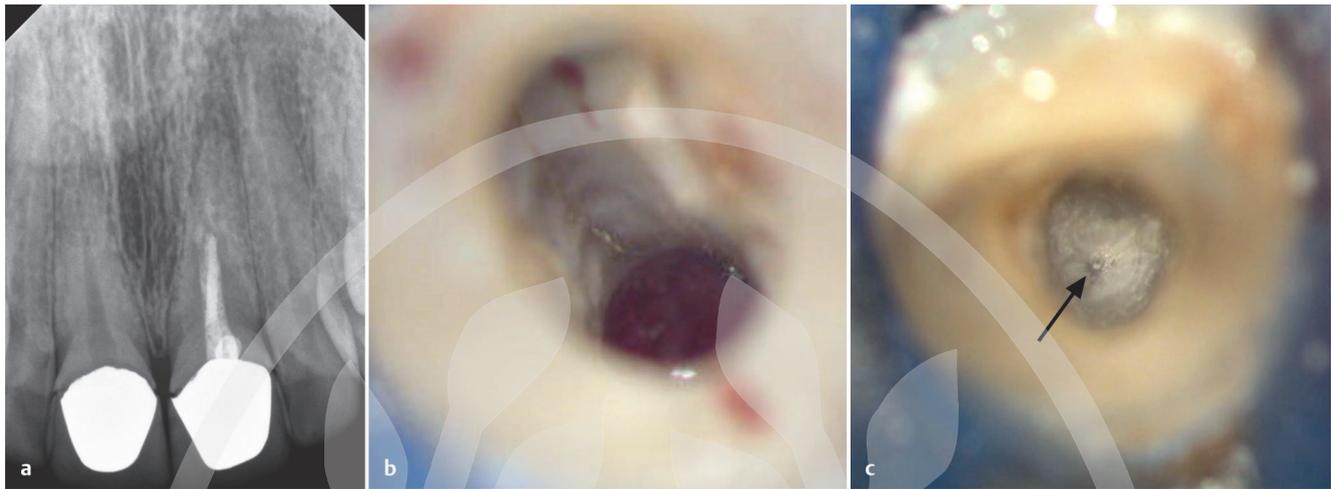


Abb. 17 a Röntgenausgangsaufnahme Zahn 21 mit unvollständiger Wurzelkanalbehandlung und apikaler Aufhellung. b Nach Entfernung der Wurzelkanalfüllung ließ sich labial eine große Perforation mit Spannungsriss darstellen. c Der unbehandelte Wurzelkanal war obliteriert und lag weiter palatinal (Pfeil).



Abb. 18 a Ausgangssituation mit Fistel (Pfeil) und hyperplastischer ödematöser Gingiva. b 3 Tage postoperativ nach Verschluss des Dentinrisses mit Komposit erfolgte die Nahtentfernung. c Klinische Ansicht 1 Jahr postoperativ nach Neuversorgung ohne Fistel.

ner Begrenzung mit Mineraltrioxid-Zement (ProRoot MTA) verschlossen werden [50, 51].

### Desinfektion

Das Überleben von Mikroorganismen im Wurzelkanal ist u. a. abhängig von der Anzahl an Bakterien, der Virulenz, der Lokalisation innerhalb des Wurzelkanalsystems, dem Zugang zu Substrat für den Stoffwechsel und der Interaktion. Das mikrobielle Milieu im infizierten Wurzelkanal unterliegt einer ständigen Anpassung und Veränderung durch die jeweilige Änderung der Umweltbedingungen und die Interaktion der Bakterien-spezies [53, 54].

**Merke:** Insbesondere Biofilme können allein durch desinfizierende Spülungen nicht neutralisiert werden.

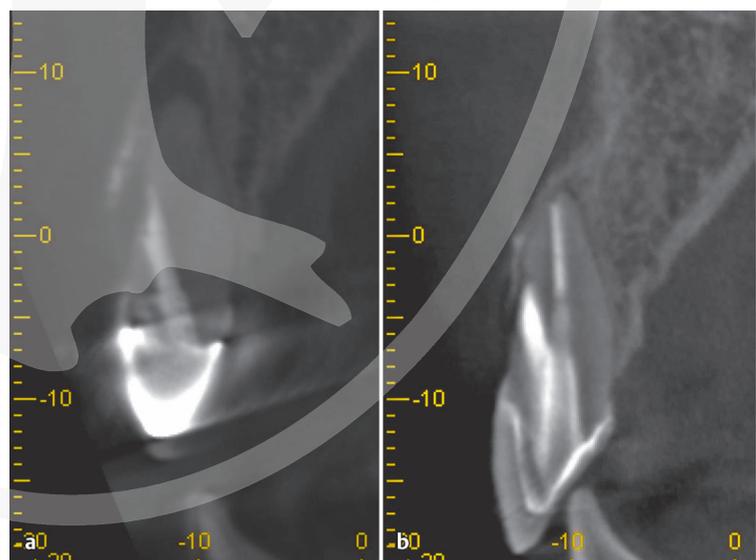


Abb. 19 a, b DVT-Aufnahme vor Beginn der Therapie und 1 Jahr nach Abschluss mit Ausheilung der labialen und apikalen Aufhellung.

Das Vorkommen wurde besonders bei apikalen Aufhellungen von mehr als 5 mm beobachtet [55].

#### ■ Schmierschicht

Einen weiteren hemmenden Einfluss auf eine Desinfektion während der Revision haben Schmierschichten, die als Folge der chemomechanischen Aufbereitung auf der Wurzelkanalwand zurückbleiben oder in Nischen als Debris eingepresst werden [56]. Es handelt sich dabei um komprimierte Rückstände bestehend aus Bakterien, organischen wie auch anorganischen Substanzen mit einer Stärke von 1–2 µm. Die Diffusion von desinfizierenden Einlagen oder Spülungen wird mit dem Vorhandensein von Schmierschichten reduziert, sodass eine Reinfektion möglich ist [57].

Die Präparation der endodontischen Zugangskavität und die mechanische Erweiterung der Wurzelkanäle reduziert bereits die mikrobielle Infektion und entfernt effektiv Biofilme. Die Auswahl der Instrumente und der Aufbereitungstechnik können das Einpressen von Debris und das Auftreten von Schmierschichten beein-

flussen. Je langsamer und feiner der Substanzabtrag erfolgt und je größer der kontinuierliche Flüssigkeitsaustausch stattfindet, desto weniger kommt es zur Verlagerung von Wurzelkanälen und Isthmen [56]. Das neue Aufbereitungssystem Self Adjusting File (SAF) bietet aktuell die besten Möglichkeiten für eine rückstandarme Aufbereitung. Die gitterartige Struktur der Feile aus Nickel-Titan-Legierung passt sich durch die Eigenspannung und Expansion der Form des Wurzelkanals besser an. Die Oberfläche der Feile weist eine mikroabrasive Oberflächenstruktur auf, die das Dentin sandpapierähnlich bearbeitet (Abb. 20).

#### ■ NaOCl

Zur chemischen Desinfektion wird hauptsächlich Natriumhypochlorit (NaOCl) in 1–3%iger Konzentration empfohlen. In Abhängigkeit zur verwendeten Menge, Verweildauer und Kontaktfläche ist NaOCl in der Lage, Weichgewebe teilweise aufzulösen. Zusätzlich zu der breiten antimikrobiellen Wirkung kann NaOCl Lipopolysaccharide (LPS) bzw. Endotoxine neutralisieren [58,59].

#### ■ EDTA

Als effektive Spülung zur Entfernung der Schmierschichten wird Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) in 15–17%iger oder Zitronensäure in 10%iger Konzentration empfohlen [60].

#### ■ CHX

Im infizierten Wurzelkanalsystem empfiehlt sich zusätzlich die Anwendung von Chlorhexidindigluconat (CHX) in 0,5–2%iger Konzentration. Das breite antimikrobielle Spektrum, die Substantivität und prolongierte Aktivität über eine Dauer von mindestens 2 Tagen als auch die effektivere Wirkung auf Problemkeime wie z. B. *E. faecalis* haben zu einer vermehrten Anwendung beigetragen [60]. Ein weiterer Vorteil von CHX ist, dass die Mikrohärtigkeit des Dentins im Gegensatz zu NaOCl nicht reduziert wird. Denaturiertes Dentin als Folge von langer und intensiver Einwirkung hoher Konzentrationen von NaOCl beeinflusst nachteilig die Biegefestigkeit des Dentins und die Haftwerte von Kompositen. Es wird deshalb empfohlen, CHX als Schlussspülung zu verwenden.

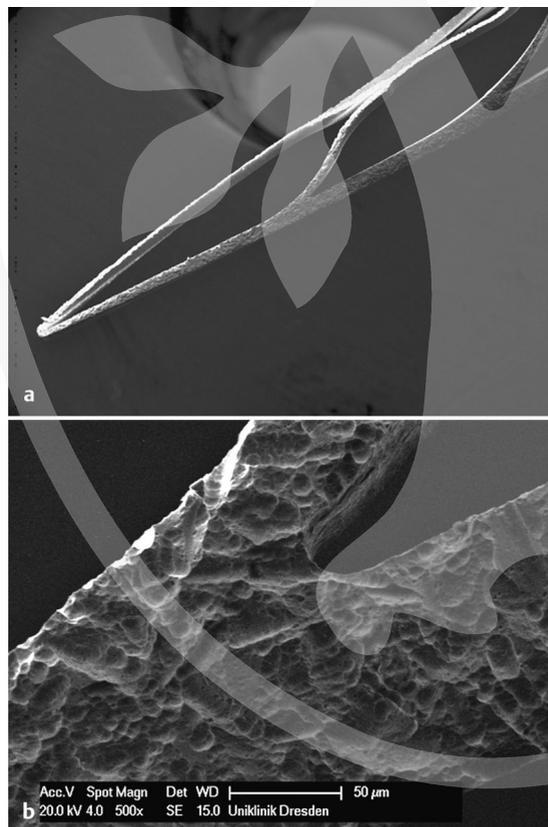


Abb. 20 a Arbeitseende einer SAF-Feile aus NiTi-Legierung. b Vergrößerte Darstellung (500 ×) der mikroabrasiven Oberfläche.

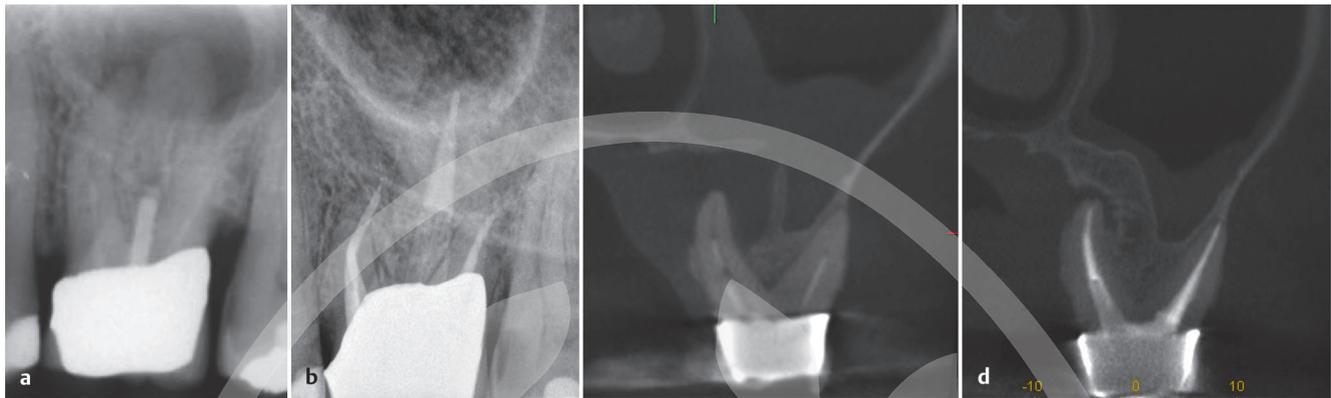


Abb. 21 **a, b** 2 Jahre nach Abschluss der Revisionsbehandlung am Zahn 26 ist auf der zweidimensionalen Aufnahme keine Aufhellung mehr erkennbar. **c, d** Im Vergleich zum präoperativen DVT ist auf dem Kontroll-DVT eine deutliche Verkleinerung der apikalen Aufhellung erkennbar. Die Restaufhellung palatinal ließ sich zweidimensional nicht erkennen.



Abb. 22 6 Monate nach Abschluss der Revisionsbehandlung ließ sich in der Nachkontrolle am Zahn 36 radiologisch keine Aufhellung erkennen (vgl. Abb. 3). Die DVT-Aufnahme in der Gegenüberstellung lässt eine vollständige Regeneration vermuten.

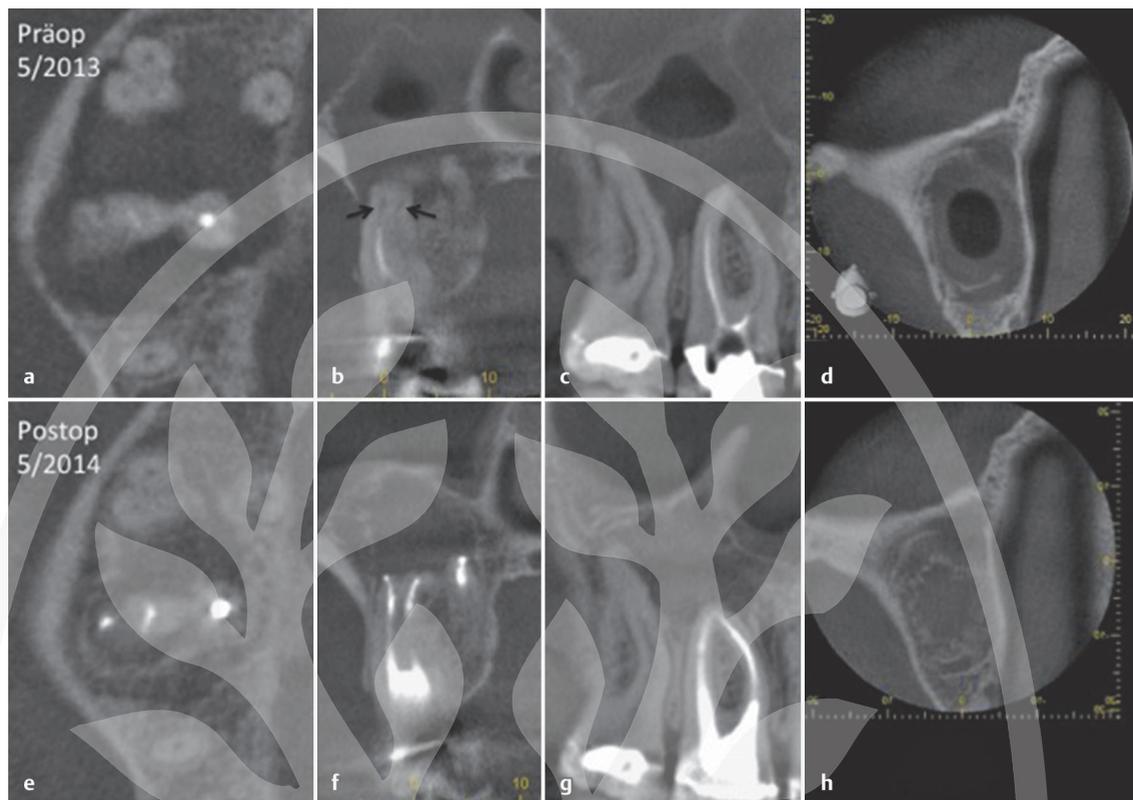


Abb. 23 Zahn 16 mit unvollständiger Wurzelkanalbehandlung und ausgedehnter periapikaler Aufhellung. In der Gegenüberstellung prä- (a–d) und postoperativ (e–h) ist der Heilungsverlauf erkennbar.

**Merke:** Die Kombination der Spülung mit Ultraschall und der SAF ermöglicht unter den aktuellen Bedingungen eine verbesserte Desinfektionsleistung [61–64].

### Nachkontrollen

Die chronische apikale Parodontitis bleibt häufig für den Patienten unbemerkt und kann langsam voranschreiten, zu resorptiven Veränderungen an der Zahnhartsubstanz führen oder bei reduzierter Körperabwehr zu einem erneuten Aufflammen und einer akuten Entzündung mit einer Bakteriämie führen [11].

Im Rahmen einer kontinuierlichen Nachkontrolle wird der Heilungsprozess klinisch und röntgenologisch kontrolliert und dokumentiert.

**Merke:** Die 1. Kontrolle empfiehlt sich nach 6 Monaten und dann nachfolgend in Einjahresabständen, bis die periapikale Aufhellung nicht mehr radiologisch nachweisbar ist.

Bei ausgedehnten knöchernen Destruktionen empfiehlt sich eine zusätzliche Kontrolle mit dem DVT, sofern zweidimensionale Aufnahmen eine Beurteilung nicht ermöglichen (Abb. 21 u. 22). Die Nachkontrolle mit dem DVT dient damit der Differenzialdiagnostik zu möglichen zystenähnlichen neoplastischen Prozessen und Tumoren (Abb. 23).

### Erfolgsprognose

In epidemiologischen Studien können bei Vorliegen einer apikalen Parodontitis lediglich zwischen 35 und 78% erfolgreiche Wurzelkanalbehandlungen nachgewiesen werden [65–67]. Wurde während der Erstbehandlung eines Wurzelkanalsystems zusätzlich zu der mikrobiellen Infektion der Wurzelkanalverlauf blockiert oder verlagert, so kann sich die Erfolgsquote erheblich verringern [68].

Höhere Erfolgsquoten sind mit dem Grad der Weiterbildung und der technischen Ausrüstung verbunden. In einer retrospektiven Studie von 2000 Zähnen mit api-

kaler Parodontitis wurde in 86% der Fälle ein Erfolg der Therapie nachgewiesen [69]. Selbst bei einzeitiger Revisionsbehandlung infizierter Wurzelkanalsysteme konnte unter spezialisierten Bedingungen in 85% der untersuchten Fälle ein Erfolg erzielt werden [70].

Der enorme Unterschied in den Ergebnissen kann ein Hinweis auf die mögliche Abhängigkeit des Behandlungserfolges vom Training und der Weiterqualifizierung des Therapeuten, der technischen Hilfsmittel und vor allem der ausreichenden Behandlungszeit sein. Insbesondere in der Endodontie ist der Verzicht auf Vergrößerungshilfen ein Risiko für den Patienten. So können Wurzelkanäleingänge ohne Vergrößerungshilfe unerheblich vom Alter nicht sicher erkannt werden [71]. Für die Revision endodontischer Misserfolge ist der Einsatz eines Dentalmikroskops zur Vorhersagbarkeit der Überwindung prozessualer Hindernisse von entscheidender Bedeutung [72–74].

## Zusammenfassung

Die Revision endodontischer Misserfolge erfordert häufig die Korrektur mehrerer Problemstellungen auf engstem Raum. Insbesondere unvollständige Wurzelkanalfüllungen lassen weiter apikal gelegene Schwierigkeiten vermuten und sollten rechtzeitig erkannt und in eine mögliche Therapieplanung einbezogen werden.

Die Anwendung der dentalen digitalen Volumentomografie (DVT) ermöglicht erstmals, die Anatomie des Zahnes und pathologische Prozesse der umliegenden Gewebe dreidimensional zu analysieren und die Ursachen für fortbestehende endodontische Erkrankungen besser zu diagnostizieren. Zur Minimierung der Strahlenbelastung des Patienten bleibt der Einsatz der zurzeit nutzbaren DVT-Geräte auf komplexe Fälle beschränkt.

Unter Verwendung optischer Vergrößerungshilfen und minimalinvasiver Techniken gelingt es aktuell, mechanische und mikrobiologische Aufgabenstellungen zu lösen, sodass chirurgische Interventionen nur noch in seltenen Fällen erforderlich sind. Die erhöhten Erfolgsquoten auch bei Vorhandensein einer mikrobiellen Infektion sind abhängig von den jeweilig erfolgreich angewendeten substanzschonenden Techniken und einer konsequent aseptischen Therapie unter Verwendung von Kofferdam. Dabei kann die Anwendung von Ultraschall und der Self Adjusting File (SAF) die Reinigung

und Desinfektion infizierter Wurzelkanalsysteme deutlich verbessern.

Für einen dauerhaften Erfolg ist eine anschließende funktionell belastbare und dichte Aufbaufüllung und definitive koronale Versorgung wichtig, um Reinfektionen im Rahmen provisorischer Versorgungen oder Frakturen zu vermeiden.

## Über den Autor

### Michael Arnold



Jahrgang 1964. 1990 Staatsexamen Universität Leipzig, 1990–94 Landtagsabgeordneter. 1995–2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnerhaltung, Universitätsklinikum Dresden. 2003 Gründung einer Privatpraxis in Dresden. Seit 2005 Redaktion und Herstellung Endodontie-Kalender.

Seit 2007 Spezialist in Endodontologie der DGZ und DGET. Seit 2008 Dozent Masterstudiengang der DIU Parodontologie und Implantologie der DGP. Seit 2009 Certified Member of the European Society of Endodontology (ESE). Seit 2013 Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der Zeitschrift Endodontie. Praktische Arbeitskurse, Vorträge und Publikationen zu Themen der Endodontologie. Forschungsschwerpunkt: Anatomie des Wurzelkanalsystems, Erfolgskontrolle Revision.

### Korrespondenzadresse

Dipl.-Stom. Michael Arnold  
Praxis für Endodontie und Zahnerhaltung  
Königstraße 9  
01097 Dresden  
E-Mail: endo.arnold@web.de

## Literatur

- 1 Europäische Gesellschaft für Endodontologie: Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlungen. *Endodontie* 2006; 4: 387–401
- 2 Marques MD, Moreira B, Eriksen HM. Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in an adult, Portuguese population. *Int Endod J* 1998; 31: 161–165
- 3 Jimenez-Pinzon A, Segura-Egea JJ, Poyato-Ferrera M et al. Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in adult Spanish population. *Int Endod J* 2004; 37: 167–173
- 4 Ricucci D, Russo J, Rutberg M et al. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 112: 825–842
- 5 Friedman S. Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure). *Endodontic Topics* 2002; 1: 54–78
- 6 Siqueira J jr. Aetiology of root canal failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J* 2001; 34: 1–10
- 7 Siqueira JF jr., Rôças IN, Ricucci D et al. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *Br Dent J* 2014; 21: 305–312
- 8 Stellungnahme der DGZMK und der DGZ: Revision einer Wurzelkanalbehandlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 2004; 59
- 9 Carratu P, Amato M, Riccitiello F et al. Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. *J Endod* 2002; 28: 272–275
- 10 Jacobson HL, Xia T, Baumgartner JC et al. Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *J Endod* 2002; 28: 269–271
- 11 Klimm W. *Endodontologie*. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2010
- 12 Arnold M, Friedrichs C, Tulus G et al. Intrakoronale und intrakanaläre Diagnostik (IKD). *Endodontie* 2013; 22: 9–21
- 13 Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success – who's reading the radiograph? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 33: 432–437
- 14 Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Reliability of radiographic interpretations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 38: 287–293
- 15 American Association of Endodontists; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiography. AAE and AAOMR joint position statement. Use of cone-beam-computed tomography in endodontics. *Pa Dent J (Harrisb)* 2011; 78: 37–39
- 16 D'Addazio PS, Campos CN, Özcan M et al. A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *Int Endod J* 2011; 44: 218–224
- 17 de Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR et al. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod* 2009; 35: 1009–1012
- 18 Patel S, Dawood A, Whaites E et al. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009; 42: 447–462
- 19 Ozen T, Kamburoğlu K, Cebeci AR et al. Interpretation of chemically created periapical lesions using 2 different dental cone-beam computerized tomography units, an intraoral digital sensor, and conventional film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107: 426–432
- 20 Kottoor J, Velmurugan N, Surendran S. Endodontic management of a maxillary first molar with eight root canal systems evaluated using cone-beam computed tomography scanning: a case report. *J Endod* 2011; 37: 715–719
- 21 Zhang R, Yang H, Yu X et al. Use of CBCT to identify the morphology of maxillary permanent molar teeth in a Chinese subpopulation. *Int Endod J* 2011; 44: 162–169
- 22 Zheng Q, Zhang L, Zhou X et al. C-shaped root canal system in mandibular second molars in a Chinese population evaluated by cone-beam computed tomography. *Int Endod J* 2011; 44: 857–862
- 23 Lee JH, Kim KD, Lee JK et al. Mesio Buccal root canal anatomy of Korean maxillary first and second molars by cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 111: 785–791
- 24 Abella F, Mercadé M, Duran-Sindreu F et al. Managing severe curvature of radix entomolaris: three-dimensional analysis with cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2011; 44: 876–885
- 25 Shemesh H, Cristescu RC, Wesselink PR et al. The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *J Endod* 2011; 37: 513–516
- 26 Edlund M, Nair MK, Nair UP. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *J Endod* 2011; 37: 768–772
- 27 Özer SY. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *J Endod* 2011; 37: 75–79
- 28 Weiger R, Rosendahl R, Löst C. Influence of calcium hydroxide intracanal dressings on the prognosis of teeth with endodontically induced periapical lesions. *Int Endod J* 2000; 33: 219–226
- 29 Standlee JP, Caputo AA. The retentive and stress distributing properties of split threaded endodontic dowels. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 436–442
- 30 Rosentritt M, Fürer C, Behr M et al. Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores. *J Oral Rehabil* 2000; 27: 595–601
- 31 Simon S, Pertot WJ. Die Entfernung koronaler Restaurationen. *Endodontie* 2014; 23: 15–30
- 32 Schirmeister JF. Der Einsatz von Lösungsmitteln während der Revision von Wurzelkanalbehandlungen – Eine Übersicht. *Endodontie* 2006; 15: 325–335
- 33 Rotstein I, Cohenca N, Teperovich E et al. Effect of chloroform, xylene, and halothane on enamel and dentin microhardness of human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 87: 366–368
- 34 Barbosa SV, Burkard DH, Spångberg LS. Cytotoxic effects of gutta-percha solvents. *J Endod* 1994; 20: 6–8
- 35 Sae-Lim V, Rajamanickam I, Lim BK et al. Effectiveness of ProFile .04 taper rotary instruments in endodontic retreatment. *J Endod* 2000; 26: 100–104
- 36 Ibarrola JL, Knowless KI, Ludlow MO. Retrieval of Therafil plastic cores using organic solvents. *J Endod* 1993; 19: 417–418
- 37 Arnold M. Die Entfernung von Therafil-Wurzelkanalfüllungen. *Endodontie* 2009; 18: 133–142
- 38 Solomonov M, Paqué F, Kaya S et al. Self-adjusting files in retreatment: a high-resolution micro-computed tomography study. *J Endod* 2012; 38: 1283–1287

- 39 Voet KC, Wu MK, Wesselink PR et al. Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file. *J Endod* 2012; 38: 1004–1006
- 40 Klammt W. Frakturen an Wurzelkanalinstrumenten ihre Ursache, Verhütung und Beseitigung. Berlin 1941 [Dissertation]
- 41 Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE et al. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000; 26: 161–165
- 42 Barthel C, Flachsenberg S, Georgi M et al. Die Fraktur von Wurzelkanalinstrumenten. Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung/DGZ, der Arbeitsgruppe Endodontologie und Traumatologie der DGZ/AGET und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde/DGZMK. *Dtsch Zahnärztl Z* 2007; 62: 534–535
- 43 Arnold M. Orthograde Entfernung frakturierter Wurzelkanalinstrumente. *Endodontie* 2013; 22: 159–169
- 44 Gilbert BO jr., Rice RT. Re-treatment in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 64: 333–338
- 45 Hülsmann M. Retrieval of silver cones using different techniques. *Int Endod J* 1990; 23: 298–303
- 46 Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J* 2010; 43: 545–554
- 47 Roig-Greene JL. The retrieval of foreign objects from root canals: a simple aid. *J Endod* 1983; 9: 394–397
- 48 Arnold M. Die Fragmentschleife: Ein neue Hilfsmittel zur orthograden Entfernung frakturierter Instrumente. *Dtsch Zahnärztl Z* 2007; 62: D13
- 49 Greene KJ, Krell KV. Clinical factors associated with ledged canals in maxillary and mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 70: 490–497
- 50 de Alencar AH, Dummer PM, Oliveira HC et al. Procedural errors during root canal preparation using rotary NiTi instruments detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. *Braz Dent J* 2010; 21: 543–549
- 51 Bogen G, Kuttler S. Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. *J Endod* 2009; 35: 777–790
- 52 Mente J, Hage N, Pfefferle T et al. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations. *J Endod* 2010; 36: 208–213
- 53 Sundqvist G. Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78: 522–530
- 54 Siqueira JF jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J* 2001; 34: 1–10
- 55 Ricucci D, Siqueira JF jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod* 2010; 36: 1277–1288
- 56 Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J* 2012; 45: 413–418
- 57 Vieira AR, Siqueira JF jr, Ricucci D et al. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *J Endod* 2012; 38: 250–254
- 58 Buttler TK, Crawford JJ. The detoxifying effect of varying concentrations of sodium hypochlorite on endotoxins. *J Endod* 1982; 8: 59–66
- 59 Haight Ponce E, Endo H, Horiuchi H. Endotoxin activity measured by limulus assay. *Endod Dent Traumatol* 1999; 15: 109–112
- 60 Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32: 389–398
- 61 van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK et al. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007; 40: 415–426
- 62 van der Sluis L, Wu MK, Wesselink P. Comparison of 2 flushing methods used during passive ultrasonic irrigation of the root canal. *Quintessence Int* 2009; 40: 875–879
- 63 Lin J, Shen Y, Haapasalo M. A comparative study of biofilm removal with hand, rotary nickel-titanium, and self-adjusting file instrumentation using a novel in vitro biofilm model. *J Endod* 2013; 39: 658–663
- 64 Alves FR, Almeida BM, Neves MA et al. Time-dependent antibacterial effects of the self-adjusting file used with two sodium hypochlorite concentrations. *J Endod* 2011; 37: 1451–1455
- 65 Jimenez-Pinzon A, Segura-Egea JJ, Poyato-Ferrera M et al. Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in adult Spanish population. *Int Endod J* 2004; 37: 167–173
- 66 Marques MD, Moreira B, Eriksen HM. Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in an adult, Portuguese population. *Int Endod J* 1998; 31: 161–165
- 67 Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J* 2008; 41: 1026–1046
- 68 Gorni FG, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 2004; 30: 1–4
- 69 Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP et al. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod* 2007; 33: 1278–1282
- 70 Ashraf H, Milani AS, Shakeri Asadi S. Evaluation of the success rate of nonsurgical single visit retreatment. *Iran Endod J* 2007; 2: 69–72
- 71 Perrin P, Neuhaus KW, Lussi A. The impact of loupes and microscopes on vision in endodontics. *Int Endod J* 2014; 47: 425–429
- 72 Baumann R. [What is the use of the microscope for the dentist?]. *Quintessenz* 1975; 26: 33–34
- 73 Velvart P. [The operating microscope. New dimensions in endodontics]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1996; 106: 356–367
- 74 Arnold M. The dental microscope – basis for new and proven methods in root canal treatment. *ENDO* 2009; 3: 205–221

## CME-Fragen

## CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.

1

Die häufigste Ursache einer fortbestehenden endodontischen Erkrankung ist eine

- A extraradikuläre Infektion.
- B undichte Wurzelkanalfüllung.
- C intrakanaläre mikrobielle Infektion.
- D funktionelle Fehlbelastung.
- E mangelhafte Mundhygiene.

2

Die Revision einer Wurzelkanalbehandlung ist medizinisch notwendig im Fall einer

- A über Jahre persistierenden apikalen Parodontitis bei radiologisch vollständiger Wurzelkanalfüllung.
- B Vertikalfaktur.
- C marginalen Parodontitis.
- D apikalen Überpressung von Sealer.
- E Schmerzsymptomatik 24 Stunden nach Abschluss der Wurzelkanalfüllung.

3

Im Fall eines Speichelkontakts einer Wurzelkanalfüllung über 24 h nach Verlust des provisorischen Verschlusses oder einer Kronenwandfraktur

- A sollte die Kavität sandgestrahlt und adhäsiv verschlossen werden.
- B gilt das Wurzelkanalsystem als reinfiziert und erfordert eine Revision.
- C empfiehlt sich die Entfernung des Zahnes.
- D sollte nach einer Kavitätendesinfektion der Zahn erneut provisorisch für mindestens 3 Monate versorgt werden.
- E sollte ein Glasfaserstift dentinadhäsiv befestigt werden.

4

Die Revision einer Wurzelkanalbehandlung ist nicht indiziert, wenn

- A der Zahn eine Zahnbeweglichkeit aufweist.
- B ein Implantat neben dem wurzelkanalbehandelten Zahn inseriert werden soll.
- C eine Wurzelspitzenresektion erfolglos blieb.
- D sich im apikalen Drittel ein Fragment befindet.
- E der Zahn sich nicht mehr restaurieren lässt.

5

Eine Vertikalfaktur an einem wurzelkanalbehandelten Zahn erfordert

- A eine Wurzelspitzenresektion.
- B eine Revision.
- C eine Nachkontrolle aller 2–4 Jahre.
- D eine frühzeitige Extraktion.
- E eine dentinadhäsive Stiftversorgung.