

# Desinfektion in der Endodontie



## Korrespondierender Autor:

Dr. Jöran Felgner  
Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Präventivzahnmedizin  
Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Mail: Joeran.Felgner@charite.de

---

## Von Dr. Jöran Felgner und PD Dr. Kerstin Bitter

Zur Desinfektion im Rahmen der Wurzelkanalbehandlung stehen unterschiedliche Spüllösungen mit spezifischen Eigenschaften zur Verfügung, deren kombinierte Anwendung die Effektivität steigert. Für die optimale Desinfektion sollte der Zahnarzt die Vor- und Nachteile einzelner Spülmedien und vor allem deren potenzielle Interaktionen kennen.

---

Ein Literaturverzeichnis ist auf Anfrage erhältlich  
Der Originalartikel ist erschienen in „Der Freie Zahnarzt“, Ausgabe 9/2019 © Springer Verlag  
DOI: 10.1007/s12614-019-7948-3

**ZFP Literaturstudium  
als Teil des zahnärztlichen  
Fortbildungsprogramms  
der Österreichischen  
Zahnärztekammer  
(ZFP-ÖZÄK)**

**Teilnahmemöglichkeiten**  
Kostenfrei im Rahmen der  
Mitgliedschaft der öster-  
reichischen Gesellschaft für  
Zahn-, Mund- und  
Kieferheilkunde (ÖGZMK)

**Approbation**  
Diese Fortbildungseinheit  
ist mit 3 ZFP-Punkten  
approbiert und von der  
österreichischen Zahnärzte-  
kammer anerkannt

**Kontakt & Informationen**  
Springer Verlag GmbH  
Springer Medizin  
Susanna Hinterberger  
susanna.hinterberger@springer.at  
SpringerMedizin.at

# Desinfektion in der Endodontie

## GRUNDLAGEN

Der Erfolg der Wurzelkanalbehandlung hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab. Ein positives Therapieergebnis liegt vor, wenn eine Verkleinerung der radiologisch nachgewiesenen Läsion des betroffenen Zahns bei Abwesenheit klinischer Symptome erreicht ist. Bei initial radiologisch unauffälligen Zähnen sollte es auch im Verlauf zu keiner Ausbildung einer radiologischen Läsion kommen. Dabei ist ein Beobachtungszeitraum von mindestens einem Jahr obligat. In den Anfängen der Endodontie wurde der Fokus stark auf die mechanische Erschließung des Wurzelkanalsystems gelegt. Besonders gekrümmte Wurzelkanäle stellten den Behandler häufig vor große Herausforderungen. Die Aufbereitung erfolgte mithilfe von Handstahlfeilen, wobei es mitunter zu ungewollten Aufbereitungsfehlern kam, die die erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung behinderten. Heutzutage, über 30 Jahre nach Einführung von Nickel-Titan-Instrumenten in die Endodontie, sind derartige Probleme eher von untergeordneter Bedeutung. Mithilfe maschineller Aufbereitungssysteme der neuesten Generation ist die Wurzelkanalaufbereitung, auch in stark gekrümmten Kanälen, spürbar einfacher und sicherer geworden. Im Zuge dessen hat die Bewertung des Einflusses der Desinfektion auf den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung an Bedeutung gewonnen. Mikro-CT-Untersuchungen konnten zeigen, dass selbst nach sorgfältiger mechanischer Instrumentierung unter Umständen bis zu 35 Prozent des Wurzelkanalsystems un bearbeitet verbleiben. Zweifelsohne gelten das Verbleiben großer Mengen von Mikroorganismen im Wurzelkanalsystem oder die Neubesiedlung des gefüllten Kanalsystems als einer der Hauptgründe für Misserfolge. Oberste Ziele der Wurzelkanalbehandlung sollten sein, Wurzelkanäle optimal zu desinfizieren sowie Reinfektionen durch eine dichte Wurzelkanalfüllung und eine adäquate postendodontische Restauration zu vermeiden. Nur durch eine effiziente Desinfektion nach vorheriger Wurzelkanalaufbereitung ist es möglich, nichtinstrumentierte Bereiche wie Isthmen, Lakunen oder Seitenkanäle zu reinigen. Der vorliegende Beitrag bietet einen Überblick über die Ziele der Desinfektion, die zu verwendenden Spüllösungen sowie deren Eigenschaften und stellt ein adäquates Spülkonzept vor.

**Merke:** Oberste Ziele der Wurzelkanalbehandlung sind die optimale Desinfektion der Wurzelkanäle und die Vermeidung von Reinfektionen

## ANFORDERUNGEN AN DIE DESINFEKTION

Die Desinfektion des Endodonts basiert auf chemomechanischen und biologischen Mechanismen. Chemomechanisch sollen anorganische und organische Bestandteile aufgelöst, Debris herausgespült (Abb. 1, Abb. 2) und der Wurzelkanal benetzt werden. Die biologische Funktion der Spüllösungen bezieht sich weitgehend auf die antimikrobielle Effektivität. Spüllösungen sind besonders effizient gegenüber Anaerobiern und fakultativen Mikroorganismen in deren planktonischer Phase und in Biofilmen. Zusätzlich können sie Endotoxine inaktivieren und verhalten sich gegenüber vitalem Gewebe nichttoxisch. Das Risiko einer anaphylaktischen Reaktion auf endodontische Spüllösungen ist gering..

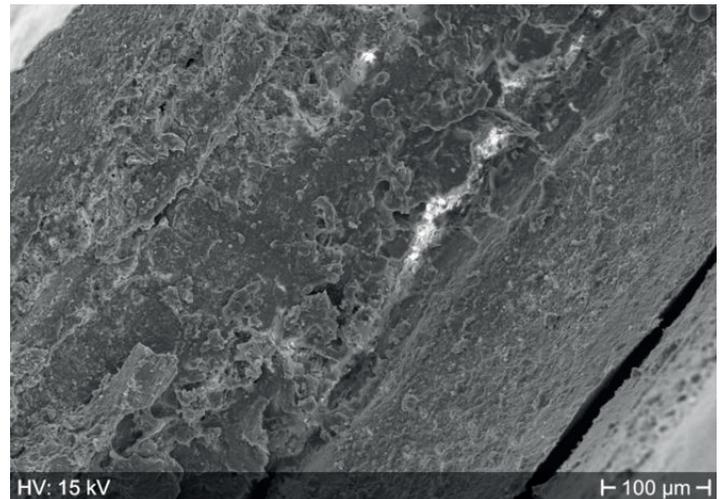


Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopieaufnahme eines instrumentierten Wurzelkanals. Entlang der Wurzelkanaloberfläche hat sich vielfach Debris angelagert. Längsschnitt, Vergr. 200:1

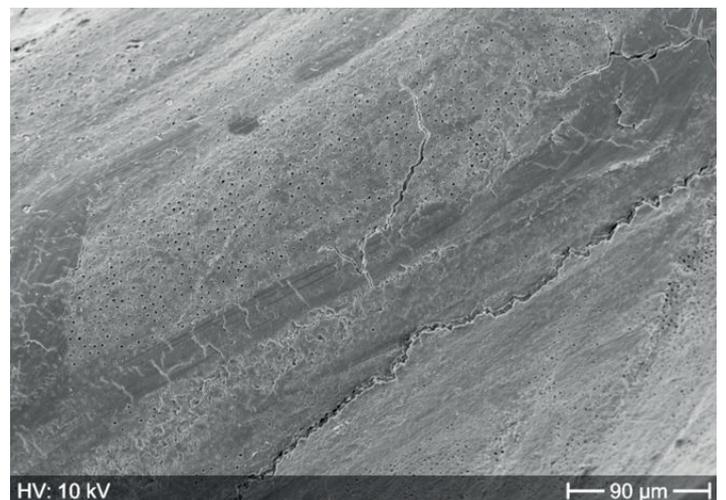


Abb. 2: Rasterelektronenmikroskopieaufnahme eines instrumentierten Wurzelkanals. Die Wurzelkanaloberfläche ist nahezu frei von Debris und die geöffneten Dentintubuli sind erkennbar. Längsschnitt, Vergr. 200:1

## SPÜLLÖSUNGEN

### NATRIUMHYPOCHLORIT

**Geschichte:** Bekannt wurde die medizinische Verwendung von Natriumhypochlorit (NaOCl), nachdem es erstmalig im Ersten Weltkrieg 1915 eingesetzt wurde. Der britische Chemiker Henry Dakin entwickelte zusammen mit dem französischen Arzt Alexis Carrel die Dakin-Lösung, die vor allem dazu diente, die Wunden der Soldaten zu desinfizieren. Neben dem antimikrobiellen Effekt wirkt NaOCl gewebsauflösend, ist leicht verfügbar und kostengünstig. Diese Eigenschaften trugen maßgeblich dazu bei, dass

# Desinfektion in der Endodontie

NaOCl als Hauptspüllösung in der Endodontie der frühen 1920er-Jahre verwendet wurde. Durch weiterführende Studien konnte diese Effektivität bestätigt werden, und in der heutigen Zeit hat sich NaOCl als Goldstandard etabliert.

**Eigenschaften:** Hauptmerkmale von NaOCl sind die gewebsauflösenden und antimikrobiellen Wirkungen, besonders gegenüber nekrotischem Gewebe. In Tabelle 1 sind die positiven Eigenschaften den Limitationen der Anwendung gegenübergestellt. Die verwendeten Konzentrationen befinden sich im Bereich von etwa einem bis sechs Prozent.

Eigenschaft	Limitation
antimikrobiell	toxisch (Spülzwischenfall)
exzellente Löslichkeit organischer Anteile	Smear-layer-Entfernung auf organische Bestandteile beschränkt
Gleitmittel	Korrosion
schnelle Wirksamkeit	fehlende Substantivität

Tab. 1: Charakteristische Eigenschaften und Limitationen von Natriumhypochlorit

**Wirkmechanismus:** Sobald NaOCl in Kontakt mit Gewebe kommt, werden innerhalb kürzester Zeit Stickstoff, Formaldehyd und Acetaldehyd gebildet. Dadurch werden die Peptidbindungen des Gewebes aufgebrochen und die Proteine aufgelöst. Dies wird als Proteolyse bezeichnet. Währenddessen kommt es innerhalb der Aminogruppen zum Austausch von Wasserstoff (-NH-) und Chlor (-N.Cl-). Das dadurch gebildete Chloramin spielt eine entscheidende Rolle bei der antimikrobiellen Effektivität. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass Chlorverbindungen im menschlichen Körper an der unspezifischen Immunantwort beteiligt sind. Sie sind starke Oxidanzien, die eine irreversible Oxidation der Sulfhydrylgruppe der essenziellen, bakteriellen Enzyme induzieren und bakterielle Enzyme hemmen. Ein weiterer Aspekt ist der hohe pH-Wert von NaOCl (pH >11). Als starke Base stört es die Integrität der Zytoplasmamembran über eine irreversible enzymatische Hemmung, biosynthetische Veränderungen des Zellmetabolismus und den Abbau von Phospholipiden, analog zur Lipidperoxidation.

**Einfluss auf Dentin und Biofilm:** Dentin besteht zu ungefähr 22 Prozent aus organischen Anteilen, hauptsächlich Typ-I-Kollagen, das wesentlich für die mechanischen Eigenschaften des Dentins verantwortlich ist. Es ist bekannt, dass NaOCl lange Peptidketten fragmentieren und das N-terminale Ende von Proteinen chlorieren kann. Bei langer Einwirkzeit von NaOCl können der Elastizitätsmodul und die Biegefestigkeit des Dentins signifikant reduziert werden. Es besteht ein konzentrationsabhängiger Effekt auf die mechanischen Eigenschaften, der aus einem Zerfall der organischen Dentinmatrix resultiert. Auch die antimikrobielle Wirkung auf den Biofilm ist dosisabhängig und verhält sich direkt proportional. Je höher die Konzentration des NaOCl, desto höher die antibakterielle Wirkung und umgekehrt. Durch Auflösung von organischem Gewebe wird

das bakterielle Attachment zum Dentin zerstört. Die Antibiofilmaktivität ist besonders ausgeprägt im frühen Stadium des Biofilms (kurz nach Ausbildung), da hier die Viskoelastizität verändert wird.

**Tipps für die Praxis:** Natriumhypochlorit kann als Goldstandard in Bezug auf die Desinfektion des Wurzelkanalsystems bezeichnet werden und ist unverzichtbar für eine suffiziente Desinfektion des Wurzelkanalsystems. Generell besitzt es ein breites Keimspektrum und eine gute Desinfektionswirkung. Besonders die Fähigkeit, nekrotisches Gewebe und organische Anteile des „smear layer“ zu entfernen, macht es für den Einsatz im Wurzelkanal essenziell. Die Applikation der Spülkanüle bis 2 mm vor den Apex ist notwendig, um eine ausreichende Desinfektionswirkung bis in die apikalen Kanalbereiche zu erreichen. Spülzwischenfälle sind selten und vermeidbar. Präventiv empfiehlt sich, das Verklemmen im Kanal oder übermäßigen Spül Druck konsequent zu vermeiden und eine Länglenkontrolle der Eindringtiefe der Spülkanüle zu gewährleisten. Die Verwendung von dreiprozentiger NaOCl-Lösung wird bevorzugt, da von einer guten Desinfektionswirkung bei weniger starken Veränderungen des Wurzelkanaldentins ausgegangen werden kann. Dennoch erlaubt die derzeitige Studienlänge keine definitive Empfehlung bezüglich der einzusetzenden Konzentrationsstärke. Um die Reaktionsaktivität des NaOCl weiter zu steigern, wurde phasenweise eine externe Erwärmung der Spüllüssigkeit auf ca. 60°C empfohlen. Dies wird kritisch diskutiert, da die Temperatur der Spüllösung unter klinischen Bedingungen innerhalb weniger Sekunden wieder auf die Körpertemperatur des Patienten absinkt und der intendierte Effekt vermutlich nicht erzielt wird.

**Merke:** Natriumhypochlorit wirkt desinfizierend und entfernt nekrotisches Gewebe und organische Anteile des Smear layer

## CHLORHEXIDIN

**Geschichte:** In den späten 1940er-Jahren wurde Chlorhexidin (CHX) von der Fa. „Imperial Chemical Industries“ in England entwickelt und 1953 in Großbritannien in einer antiseptischen Creme vermarktet. Zum Zweck der generellen Desinfektion wird es seit 1957 für die Behandlung von Haut-, Augen- und Halsinfektionen sowohl bei Menschen als auch bei Tieren genutzt. Innerhalb der Zahnmedizin hat sich besonders der Einsatz im Bereich der Parodontologie verbreitet, da es zudem eine plaquepräventive Wirkung besitzt.

Eigenschaft	Limitation
antiseptisch	toxisch
antimikrobiell und bakteriostatisch	keine Smear-layer-Entfernung
antimykotisch (bes. gegen Candida albicans)	keine Möglichkeit der Auflösung von nekrotischem Gewebe
Substantivität (bis zu 12 Wochen)	niedrigere Effektivität gegen gramnegative als gegen grampositive Bakterien

Tab. 2: Charakteristische Eigenschaften und Limitationen von Chlorhexidin

# Desinfektion in der Endodontie

**Eigenschaften:** In Tabelle 2 sind die wesentlichen Eigenschaften und Limitationen der Anwendung von CHX zusammengefasst. Die verwendeten Konzentrationen befinden sich im Bereich von zwei Prozent.

**Wirkmechanismus:** Chlorhexidin ist ein breit wirksamer, antimikrobieller Wirkstoff, der besonders effektiv gegenüber grampositiven und -negativen Bakterien sowie Hefen ist. Wegen seiner kationischen Struktur kann es an der negativ-geladenen Oberfläche der Bakterien binden. Dadurch werden die äußeren Schichten zerstört, und die Zellwand wird durchlässig. Die bakterio-statische und bakterizide Wirkung ist abhängig von der Konzentration. Der bakterizide Effekt tritt bei hohen Konzentrationen auf. Dabei wirkt CHX als Detergens, indem es die Zellmembran schädigt und dadurch das Zytoplasma präzipitiert. Bei niedrigen Konzentrationen wirkt es bakterio-statisch. In diesem Fall können Substanzen mit niedrigem Molekulargewicht (Kalium, Phosphor etc.), ohne irreversible Schädigung der Zelle, herausgeschwemmt werden. Zusätzlich kann durch die Hemmung der Säureproduktion und des Phosphotransferasesystems der bakterielle Stoffwechsel beeinflusst werden.

**Einfluss auf Dentin und Biofilm:** Chlorhexidin übt eine protektive Wirkung auf die Kollagenmatrix des Dentins aus. Durch den Matrix-Metalloproteasen (MMP)-hemmenden Effekt sollen der adhäsive Verbund signifikant verbessert, das Risiko des Versagens der Hybridschicht verringert und die Haftwerte stabil gehalten werden. Eine Reduktion des Biofilms durch CHX im Wurzelkanal wird kritisch diskutiert. Während einerseits eine prolongierte Desinfektionswirkung durch zusätzliche Anwendung von CHX in Laborstudien sowie einer klinischen Studie gezeigt wurde, wurde in einer weiteren Studie eine Neuorganisation des Biofilms nach CHX-Applikation festgestellt.

Die Biofilmentfernung erfolgt durch stressinduzierte Scherkräfte. Für CHX wurde eine Kontraktion bzw. ein Versteifen des Biofilms beschrieben; dies könnte diesen Effekt vermindern. Die Kontraktion kann zu einem internen Kollaps der Polysaccharidpolymerstränge durch die Wechselwirkung der positiv-geladenen Kationen des CHX und der negativ-geladenen extrazellulären Polysaccharidmatrix führen.

**Tipps für die Praxis:** Besonders in der Parodontologie hat sich CHX bewährt und etabliert. In der Endodontie kann es insbesondere als alleiniges Desinfektionsmittel aus zwei Gründen nicht empfohlen werden. Einerseits kann CHX nekrotisches Gewebe oder den Smear layer nicht auflösen, und andererseits ist die Effektivität gegenüber gramnegativen Bakterien niedriger als gegenüber grampositiven Bakterien. Das ist besonders nachteilig bei primären endodontischen Infektionen, denn in diesem Fall dominieren gramnegative Anaerobier das Entzündungsgeschehen. Die Verwendung von CHX wird als zusätzliche Spüllösung bei Revisionen aufgrund der Wirksamkeit gegenüber Enterococcus faecalis empfohlen. Diese Effektivität wird kritisch diskutiert. Klinische Studien zeigen, dass NaOCl in der Reduktion intrakanalärer Mikrobiota signifikant effektiver ist als CHX. Ein weiterer Nachteil ist, dass die simultane Verwendung von NaOCl und CHX zur Bildung eines potenziell kanzerogenen Präzipitats

führen kann. Um dies zu vermeiden, muss zwingend mit einer Kochsalzlösung oder Alkohol zwischengespült werden. Neben dem zusätzlichen zeitlichen Aufwand bleibt es fraglich, inwieweit CHX damit vollständig und vorhersagbar aus komplexen Strukturen, wie Seitenkanälen, zu entfernen ist. Einige klinische Studien konnten keinen Unterschied zwischen NaOCl und CHX bezüglich der antibakteriellen Effektivität feststellen. Im Gegensatz dazu konnten Ng et al. in ihrer groß angelegten, prospektiven Studie aufzeigen, dass die Verwendung von CHX sich nachteilig auf die Erfolgsprognosen der Wurzelkanalbehandlung auswirkt. Nach Abwägung aller Vor- und Nachteile findet daher CHX im hier empfohlenen Spülprotokoll (Abb. 5) keine Berücksichtigung, da der potenzielle Mehrwert nicht bzw. marginal gewährleistet wird.

**Vorsicht:** Bei simultaner Anwendung von NaOCl und CHX kann sich ein potenziell kanzerogenes Präzipitat bilden

## ETHYLENDIAMINTETRAESSIGSÄURE

**Geschichte:** Ethylen-diamintetraessigsäure (EDTA) wurde erstmalig 1935 von Munz beschrieben. Er stellte eine Verbindung aus Ethylen-diamin und Chloracetat her. Heutzutage wird EDTA hauptsächlich aus Ethylen-diamin, Formaldehyd und Natriumcyanid synthetisiert. Da es einer der weitverbreitetsten Komplexbildner ist, wird EDTA auch außerhalb der Medizin und Zahnmedizin eingesetzt.

**Eigenschaften:** Der entscheidende Vorteil von EDTA ist die entkalkende Wirkung. Es hat einen neutralen oder leicht alkalischen pH-Wert; die Toxizität ist gering. In Tabelle 3 sind die Eigenschaften und Limitationen übersichtlich aufgeführt. Die verwendete Konzentration befindet sich im Bereich von zehn bis 17 Prozent.

Eigenschaft	Limitation
antimykotisch	keine antibakterielle Wirkung
entfernt Smear-layer nach NaOCl-Spülung	Smear-layer-Entfernung auf anorganische Bestandteile beschränkt
demineralisiert Dentin (20 – 50µm)	Einwirkzeit beachten
niedrige Toxizität	fehlende Substantivität

Tab. 3: Charakteristische Eigenschaften und Limitationen von Ethylen-diamintetraessigsäure

**Wirkmechanismus:** Bei direkter Exposition über einen längeren Zeitraum kann EDTA die bakteriellen Oberflächenproteine extrahieren, indem es sich mit den Metallionen der Zellmembran verbindet. Dies führt letztlich zum Zelltod.

**Einfluss auf Dentin und Biofilm:** Ethylen-diamintetraessigsäure begünstigt wegen seines Effekts auf Kalzium die Auflösung des Biofilms.

# Desinfektion in der Endodontie

Kalzium ist auf drei Ebenen sowohl an der Aktivität als auch an der Formation des Biofilms beteiligt:

- Im Zellmilieu kann Kalzium die Stütz- und Bakterienzellen konditionieren.
- Innerhalb der Zell-Zell-Interaktion ist Kalzium relevant für den Aufbau der Biofilmstruktur. Typischerweise agieren Kalziumionen als Kationenbrücken zwischen den Polysacchariden der verschiedenen Zellen.
- Im Zellinneren wird Kalzium für bestimmte biochemische Reaktionen und physiologische Aktivitäten der Bakterien benötigt.

Kalzium ist im Wurzelkanal ubiquitär vorhanden und kann eine signifikante Rolle bei der Organisation des Biofilms spielen. Die in der Endodontie bereits zur Entfernung des Smear layer verwendeten Spüllösungen können durch Desintegration der strukturellen Kohäsion der Kalziumverbindungen die Biofilmmatrix schwächen. Es wird zusätzlich Kalzium aus der extrazellulären Matrix entfernt und damit die Kohärenz gestört. In der Konsequenz kann die Leistungsfähigkeit der Desinfektionsmittel verstärkt werden. In den Abbildungen 3 und 4 wird exemplarisch gezeigt, wie sich der Smear layer auf der Wurzelkanalwand nach Aufbereitung und Desinfektion unter dem Rasterelektronenmikroskop darstellt.

**Tipps für die Praxis:** Die Verwendung von Chelatoren in einer Konzentration von zehn bis 17 Prozent führt zu einer effektiven Smear-layer-Entfernung; dies kann bei einer nachfolgenden Spülung mit NaOCl die Desinfektionswirkung erhöhen sowie zu einer verbesserten Adaptation der Wurzelkanalfüllung führen. Ob in der Praxis EDTA oder Zitronensäure verwendet wird, spielt vermutlich eher eine untergeordnete Rolle. Die Studienlage legt jedoch für EDTA einen größeren Effekt auf Lipopolysaccharide nahe. Entkalkende Lösungen sollten am Ende der Wurzelkanalaufbereitung und vor der definitiven Wurzelkanalfüllung eingesetzt werden, um den Smear layer zu entfernen und die Dentintubuli oder Seitenkanäle zu öffnen. Es empfiehlt sich deshalb, anschließend erneut mit NaOCl zu spülen, um die organischen Anteile herauszulösen sowie die unterhalb des Smear layer verbliebenen Mikroorganismen abschließend zu entfernen. Da es zu nachteiligen Interaktionen zwischen NaOCl und EDTA kommen kann, sollten die Kanäle vorher getrocknet oder die Flüssigkeiten aspiriert werden.

**Merke:** Entkalkende Lösungen sollten am Ende der Wurzelkanalaufbereitung und vor der definitiven Wurzelkanalfüllung eingesetzt werden

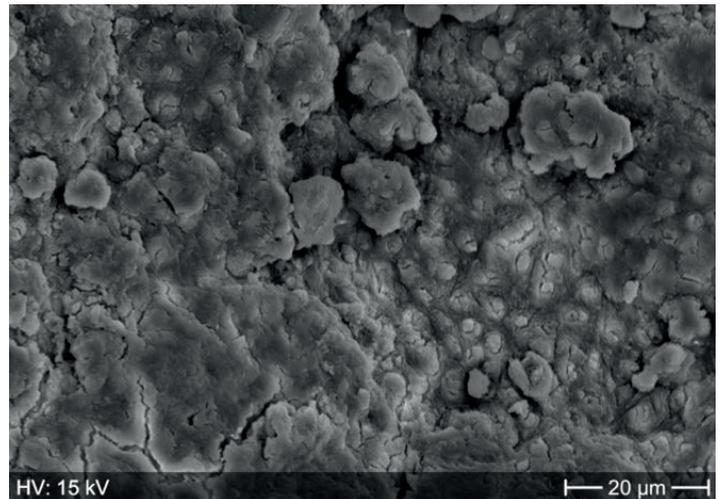


Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopieaufnahme eines instrumentierten Wurzelkanals. Entlang der Wurzelkanaloberfläche hat sich reichlich Smear layer gebildet; die Dentintubuli sind verblockt und nicht geöffnet. Längsschnitt, Vergr. 1000:1

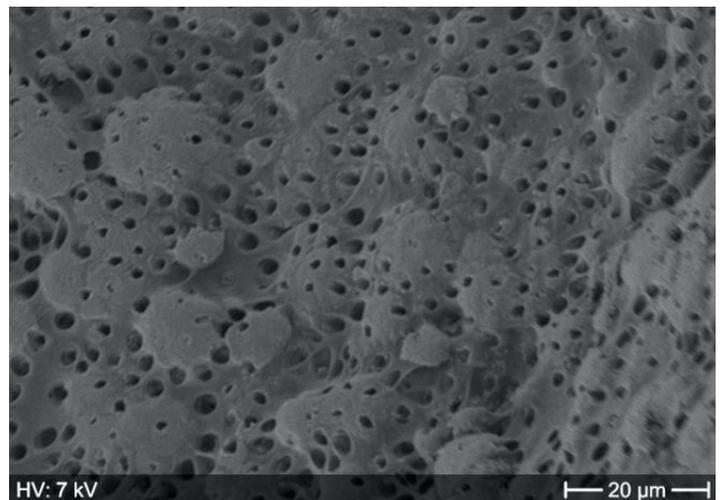


Abb. 4: Rasterelektronenmikroskopieaufnahme eines instrumentierten Wurzelkanals. Die Wurzelkanaloberfläche ist frei von Smear layer; nahezu alle Dentintubuli sind sauber und geöffnet. Längsschnitt, Vergr. 1000:1

# Desinfektion in der Endodontie

## INTERAKTIONEN

### NATRIUMHYPOCHLORIT UND CHLORHEXIDIN

Sobald sich NaOCl und CHX vermischen, kommt es zur Ausfällung eines orange-braunen Präzipitats. In der Atomabsorptionsspektrometrie konnten neben Kalzium, Eisen und Magnesium auch Parachloraniline (PCA) nachgewiesen werden. Dies ist von Bedeutung, weil in Tierversuchen eine toxische und kanzerogene Wirkung der PCA nachgewiesen werden konnte. Bei der Kombination von NaOCl und CHX konnte keine Verbesserung der Debris-Entfernung festgestellt werden. Zudem wurde die Anzahl von durchgängigen, geöffneten Dentintubuli signifikant reduziert. Außerdem kann es zu negativen Auswirkungen auf die Dentinpermeabilität, besonders im apikalen Wurzelkanalritzel, kommen. Bei der Ausflockung des Präzipitats entsteht eine braune Masse, die als eine Art chemische Schmierschicht wirken soll.

### NATRIUMHYPOCHLORIT UND ETHYLENDIAMINTETRAESSIGSÄURE

Bisher steht kein Desinfektionsmittel zur Verfügung, das bei gleichzeitiger Auflösung von organischem Gewebe auch den Smear layer entfernen kann. Werden Chelatoren wie EDTA mit NaOCl vermischt, kommt es wegen der exothermen Reaktion zu Interaktionen, die das freie Chlor um bis zu 80 Prozent reduzieren. Dadurch werden die antimikrobiellen und die gewebsauflösenden Eigenschaften des NaOCl signifikant geschwächt. Außerdem ist eine zeitabhängige Veränderung des pH-Werts von NaOCl möglich.

### PRÄVENTIVE STRATEGIEN ZUR VERMEIDUNG UNERWÜNSCHTER WECHSELWIRKUNGEN

Um die Interaktionen zwischen NaOCl und CHX zu vermeiden und die Bildung des Präzipitats zu verhindern, sollte eine Zwischenspülung durchgeführt werden. Dazu eignen sich beispielsweise Kochsalzlösung, Wasser oder Alkohol. Durch ausgiebiges Nachspülen mit NaOCl kann die hemmende Wirkung von EDTA minimiert werden. Dabei sollte sichergestellt werden, dass ein Flüssigkeitsaustausch auf allen Ebenen des Wurzelkanals stattfindet. Andernfalls besteht die Gefahr einer übereinanderlagerung, bei der sich die Spüllösungen innerhalb der verschiedenen Ebenen unkontrolliert vermischen. Alternativ kann es hilfreich sein, die vorherige Spüllüssigkeit durch Trocknen oder Aspirieren zu entfernen.

**Merke:** Ausgiebiges Nachspülen mit NaOCl minimiert die hemmende Wirkung von EDTA

## EMPFOHLENES SPÜLPROTOKOLL

In Abbildung 5 ist das empfohlene Spülprotokoll dargestellt. Vorab ist es wichtig, das Behandlungsprotokoll zu erläutern. Eventuell vorhandener Zahnersatz sollte nur belassen werden, wenn sichergestellt wurde, dass dieser ebenso suffizient ist. Es sollte mit sterilen Einmalinstrumenten gearbeitet werden, nicht nur, um das Frakturrisiko, sondern auch um mögliche Keimverschleppung zu minimieren. Das Pulpa-Cavum sollte nach Möglichkeit während der gesamten Aufbereitungsphase mit NaOCl befüllt sein. Pro Kanal ist mit mindestens 5 ml dreiprozentiger NaOCl-Lösung zu spülen. Um die Bildung oder Kompaktion von Debris zu vermeiden, sollten die Feilen nie im trockenen Kanal arbeiten. Nach der vollständigen Wurzelkanalaufbereitung beginnt das eigentliche Spülregime. Damit die apikalen Regionen reproduzierbar erreicht werden können, sollte die Spülkanüle für den jeweiligen Kanal auf eine Länge von einem bis 2 mm vor Arbeitslänge eingestellt und markiert werden. Es empfiehlt sich die Verwendung von Spülkanülen mit möglichst kleinem Durchmesser (30 G), konventionell oder seitlich-geöffnet.

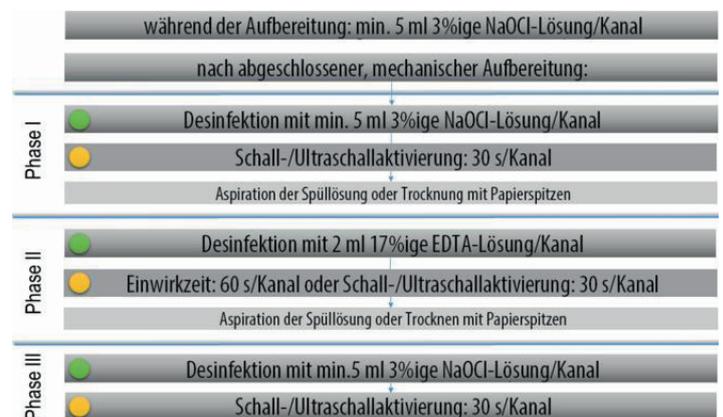


Abb. 5: Rasterelektronenmikroskopieaufnahme eines instrumentierten Wurzelkanals. Entlang der Wurzelkanaloberfläche hat sich vielfach Debris angelagert. Längsschnitt, Vergr. 200:1

# Desinfektion in der Endodontie

## DAS SPÜLKONZEPT GLIEDERT SICH IN 3 PHASEN:

In Phase I soll gewährleistet werden, dass alle nekrotischen und organischen Gewebsreste aus dem Wurzelkanal entfernt werden. Dazu werden mindestens 5 ml dreiprozentige NaOCl-Lösung verwendet. Adjuvant sollte das Spülmedium aktiviert werden, um einen verbesserten Effekt auf die Smear-layer-Entfernung zu erzielen. Dazu kann Schall oder Ultraschall für 30 Sekunden je Kanal verwendet werden. Beide Systeme sind kostengünstig und einfach zu handhaben. Bislang konnte jedoch klinisch keine verbesserte Erfolgsrate wurzelkanalbehandelter Zähne bei zusätzlicher Aktivierung der Spüllösung belegt werden.

Zwangsläufig führt jede Wurzelkanalpräparation zur Smear-layer-Bildung. Ziel von Phase II ist es, diesen zu entfernen und damit vorher unzugängliche Bereiche wie Seitenkanäle zu öffnen. Dafür wird die Applikation von 2 ml 17-prozentiger EDTA-Lösung pro Kanal empfohlen; dies soll einen zusätzlichen positiven Effekt auf die Biofilmentfernung besitzen. Hierbei kann EDTA 60 Sekunden lang im Kanal ruhen oder 30 Sekunden lang aktiviert werden.

In Phase III sollen die nun erreichbaren Strukturen von verbliebenem organischen Gewebe und Mikroorganismen gereinigt werden. Damit diese Areale besser erreicht werden können, empfiehlt sich erneut eine adjuvante Aktivierung mit Schall oder Ultraschall. Mit dem beschriebenen Protokoll ist es möglich, bei vergleichsweise niedrigem technischen und zeitlichen Aufwand adäquate Ergebnisse zu erzielen. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, die Volumen und Zeitangaben einzuhalten und streng nach dem Konzept der Asepsis zu arbeiten. Dies umfasst die Verwendung von Kofferdam, den suffizienten präendodontischen Aufbau und die postendodontische Versorgung.

**Vorsicht:** Um die Bildung oder Kompaktion von Debris zu vermeiden, dürfen die Feilen nie im trockenen Wurzelkanal arbeiten

## FALLBEISPIELE

Beispielhaft für den Erfolg dieses Protokolls werden zwei klinische Fälle vorgestellt. Im ersten Fall konnten röntgenologisch sichtbare Seitenkanäle gefüllt werden (Abb. 6). Zusätzlich wird demonstriert, wie die Kanäle sich nach Beendigung der Desinfektion und nach Abschluss der Wurzelkanalfüllung unter dem Operationsmikroskop darstellen (Abb. 7).



Abb. 6: Fall 1: a) präoperatives Röntgenbild und

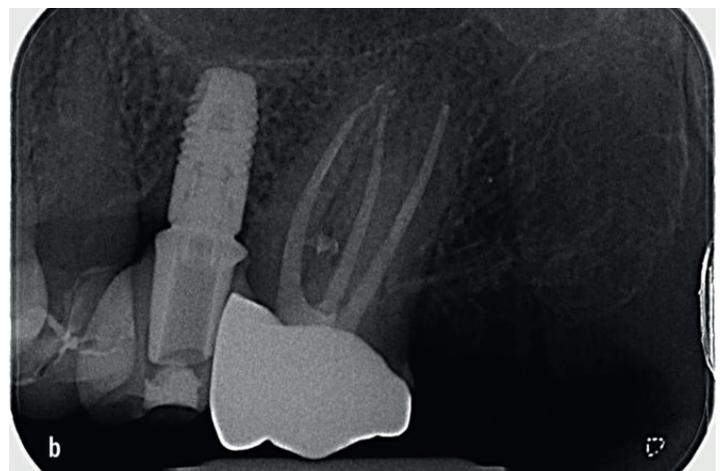


Abb. 6: Fall 1: b) postoperatives Röntgenbild

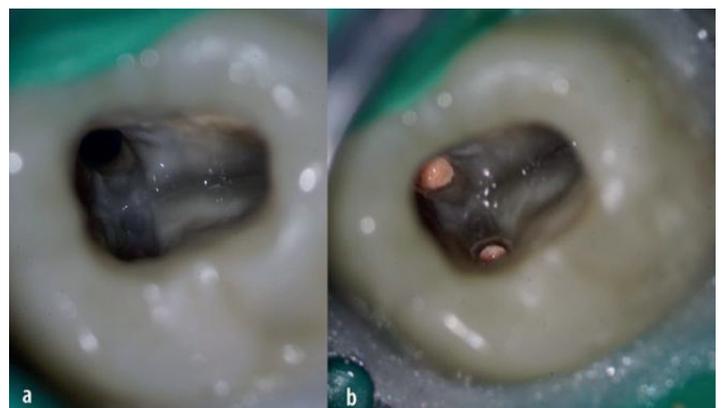


Abb. 7: Fall 1: a) Zustand vor Wurzelkanalfüllung, b) Zustand nach Wurzelkanalfüllung

# Desinfektion in der Endodontie

Am zweiten Fall lässt sich der Langzeiterfolg dieses Protokolls erkennen. Die im präoperativen Röntgenbild sichtbare, deutlich Aufhellung ist im Kontrollbild nach zwei Jahren vollständig verschwunden (Abb. 8).

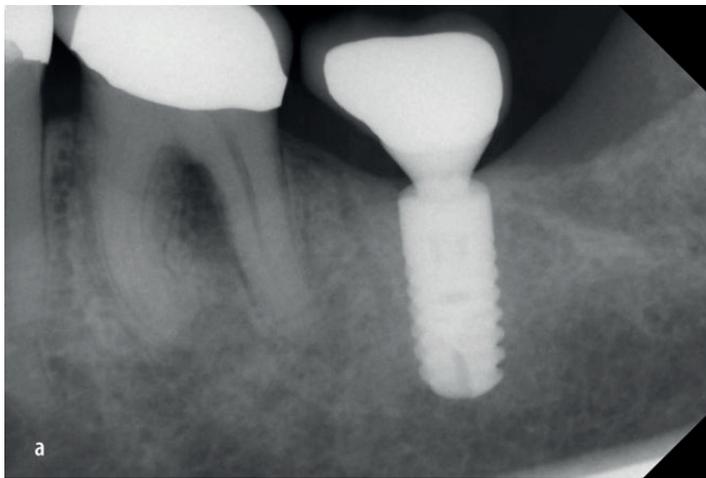


Abb. 8: Fall 2: a) präoperatives Röntgenbild

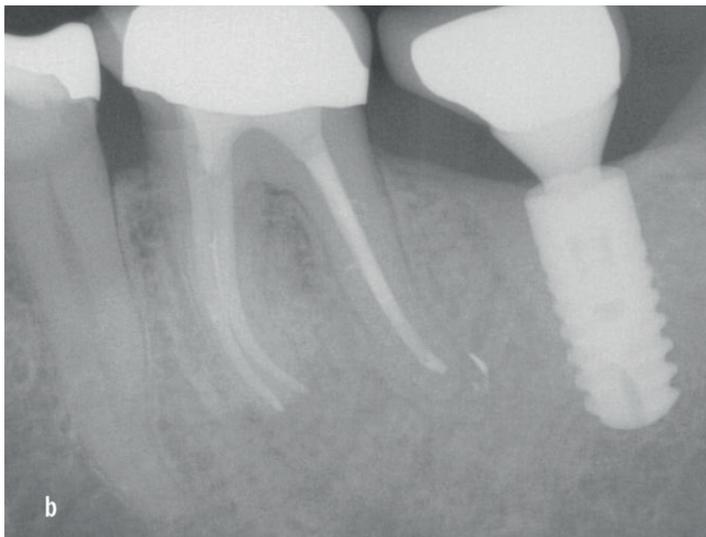


Abb. 8: Fall 2: b) postoperatives Röntgenbild nach 2 Jahren

**Merke:** Das vorgestellte Spülprotokoll hat sich auch in der Langzeitwirkung erfolgreich gezeigt.

## Fazit für die Praxis:

- Eine rein mechanische Aufbereitung des Wurzelkanalsystems reicht für die adäquate Desinfektion nicht aus.
- Natriumhypochlorit ist besonders wegen seiner gewebsauflösenden und antimikrobiellen Wirkung als Spülmedium geeignet und sollte in ausreichendem Maß verwendet werden.
- Chlorhexidin besitzt eine hohe Substantivität und ist eher für den Einsatz in der Parodontologie geeignet.
- Komplexbildner wie EDTA helfen zusätzlich bei der Entfernung des Biofilms und des Smear layer und sollten deshalb in Kombination mit NaOCl zur Anwendung kommen.
- Für ein zeitgemäßes Spülprotokoll ist der Einsatz von NaOCl und EDTA ausreichend.
- Um reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen, sollten definierte Arbeitsabläufe befolgt sowie besonders die Menge und die Einwirkzeit der Spüllösungen beachten werden.