

# DZZ

2 | 2021  
76. JAHRGANG

Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift

Mitgliederzeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V.

SCHWERPUNKT

## Endodontologie

DVT in der chirurgischen  
Endodontie – ein  
„Must-have“?!

**SEITE 85**

Wurzelkanalspülung: Wie  
viel Aktivierung muss sein?

**SEITE 96**

Kalziumsilikat-basierte Sealer:  
Das Ende der thermo-  
plastischen Obturation?

**SEITE 104**

Ist die Pulpotomie eine  
valide Behandlungsoption  
bei irreversibler Pulpitis?

**SEITE 114**



This journal is regularly listed  
in CCMED / LIVIVO.

 Deutscher  
Ärzteverlag

Vorsprung durch Innovation.

**medentis**  
medical

# ICX-ACTIVE LIQUID

***Neu!***

## EIGENSCHAFTEN UND VORTEILE:

- ➔ Hydrophile und mikrostrukturierte Implantatoberfläche.
- ➔ Es wird eine optimierte Bildung der Knochen-Implantat-Kontaktfläche erwartet.
- ➔ Die Einheilungszeit kann verkürzt sein.
- ➔ Sofortbelastung ist häufig möglich.



**89,-€\***

je  
ICX-ACTIVE  
LIQUID  
Implantat  
\*exkl. MwSt.

Service-Tel.: +49 (0)2641 9110-0 · [www.medentis.de](http://www.medentis.de)  
Mo.-Fr.: 7.30 bis 19.00 Uhr

**medentis**  
medical

# Liebe Kolleginnen und Kollegen,

die rasanten Entwicklungen der vergangenen Jahrzehnte haben die moderne Endodontie auf ein hohes Niveau gehoben. Mittlerweile sind erfolgreiche Wurzelkanalbehandlungen aufgrund der verfügbaren Materialien und Techniken selbst bei Zähnen mit komplexen Wurzelkanalmorphologien mit vorhersagbaren Ergebnissen sicher möglich, auch wenn die endodontische Therapie mit ihren vielen aufeinanderfolgenden und ineinandergreifenden Schritten verhältnismäßig vielschichtig ist und bleibt. Bekanntlich ist jede Kette nur so stark, wie ihr schwächstes Glied.

Ist die Wurzelkanalbehandlung bereits indiziert, oder können noch vitalerhaltende Maßnahmen für unsere Patienten sinnvoll sein? Die Entscheidungsfindung hinsichtlich einer Vitalextraktion oder Vitalerhaltung ist meist komplex und basiert auf diagnostischen Verfahren mit limitierter Sensitivität und Spezifität. Unabhängig davon stellt die direkte Überkappung nicht das Ende der Vitalerhaltung dar – partielle oder vollständige Pulpotomien sind die logische Konsequenz.

Auch bei der Irrigation und deren Aktivierung gibt es kontroverse Diskussionen, da multiple Faktoren die Wirkung im klinischen Einsatz beeinflussen. Während In-vitro-Studien fast immer eine verbesserte Wirkung durch Aktivierung der Spüllösungen nachweisen, steht der evidenzbasierte Nachweis in In-vivo-Studien bisher aus. Dennoch gibt es eine klare Empfehlung zur Aktivierung.

Die neuen Kalziumsilikat-basierten Sealer erfreuen sich zunehmender Beliebtheit wegen ihrer einfachen Applikationsart in Verbindung mit modifizierten Einstift-Techniken (Matching Cones = passende Guttaperchastifte analog zum letzten verwendeten NiTi-Aufbereitungsinstrument). Hier ist die Abkehr von der bisher postulierten Prämisse „wenig Sealer, viel Kernmasse (Guttapercha)“ vollzogen. Die Entwicklung bleibt im Fluss und die Evidenz hinsichtlich des Nutzens für die Patienten zeigt sich jedoch erst später durch Langzeitergebnisse.

Es stellt sich also immer die Frage, wann man sich zum Umstieg auf ein neues Verfahren oder eine neue Technik entscheidet. „Evidence based Dentistry“ gibt uns eine hohe Sicherheit, bedeutet aber oft eine Stagnation im Fortschritt, was für Patienten und Kliniker letztlich auch einen Nachteil darstellen kann. Selbst die Prozesse für die Erstellung von „evidenzbasierten“ Leitlinien (= LL) mit ihren Konsensus-Findungen dauern bisweilen so lange, dass die Überschreitung der maximalen Fertigstellungsfrist eine Neuanschuldung im Register der AWMF erfordert (siehe LL Wurzelspitzenresektion). Das liegt u.a. auch an den Abstimmungsverfahren, die wegen der potenziellen Interessenskonflikte der LL-Mitglieder immer weniger Abstimmungsberechtigte vorweisen können. Die Expertise der entsandten Vertreter der Fachgesellschaften kommt nämlich in der Regel durch die Nutzung und Analyse der Techniken und Geräte, die es wissenschaftlich zu bewerten gilt.

Trotz der Existenz von Kassenrichtlinien, Abrechnungsmodalitäten und vorherrschenden Meinungen braucht es Innovationen, um die Wissenschaft und daraus folgernd die Umsetzung in die tägliche Praxis voranzubringen. Die einzige Konstante ist letztlich die stetige Veränderung durch neue Erkenntnisse.

Ihr

Prof. Dr. Sebastian Bürklein



Prof. Dr. Sebastian Bürklein

(Foto: S. Bürklein)

73 **GASTEDITORIAL / GUEST EDITORIAL****PRAXIS / PRACTICE**75 **Empfehlung der Schriftleitung / Editors' Pick**76 **Buchbesprechungen / Book Reviews**84 **Markt / Market****PRAXISLETTER / CLINICAL PRACTICE CORNER**

Michael Behr, Jochen Fanghänel

78 **Der Schluckakt/Schluckreflex***The deglutition act/swallowing reflex***WISSENSCHAFT / RESEARCH****ORIGINALARBEITEN / ORIGINAL ARTICLES**

Sebastian Bürklein, Tom Schloss, Marc Semper, Birger Thonemann

85 **DVT in der chirurgischen Endodontie – ein „Must-have“?!** *CBCT in surgical endodontics – a must-have?!*

Roland Weiger

96 **Wurzelkanalspülung: Wie viel Aktivierung muss sein?***Root canal irrigation: How much activation is necessary?***ÜBERSICHT / REVIEW**

Till Dammaschke

104 **Kalziumsilikat-basierte Sealer: Das Ende der thermoplastischen Obturation?***Calcium silicate-based sealers: The end of thermoplastic obturation?***GESELLSCHAFT / SOCIETY****WISSENSCHAFTLICHE MITTEILUNG / SCIENTIFIC COMMUNICATION**

Gabriel Krastl, Kerstin Galler, Till Dammaschke, Edgar Schäfer

114 **Ist die Pulpotomie eine valide Behandlungsoption bei irreversibler Pulpitis?***Is pulpotomy a valid treatment option for irreversible pulpitis?***MITTEILUNGEN DER GESELLSCHAFT / NEWS OF THE SOCIETY**123 **Prof. Dr. Annette Wiegand zur Präsidentin-elect der DGZ gewählt**124 **Priv.-Doz. Dr. Anne-Katrin Lührs ist neue Präsidentin der DGR<sup>2</sup>Z**124 **CALL-FOR-Abstracts**125 **Fotowettbewerb der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie e.V.**125 **20. AG Keramik Forschungspreis neu ausgeschrieben**127 **Behandlungsempfehlungen für die gesamte Therapiestrecke der Parodontitis:****DG PARO veröffentlicht neue S3-Leitlinie**129 **Parodontitis – Risikofaktor für schweren COVID-19-Verlauf**130 **DG PARO erweitert ihr Qualifikationsprogramm**131 **Webinar der Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung unter dem Motto „AfG meets IADR“ ein voller Erfolg**135 **Fortbildungskurse der APW**128 **TAGUNGSKALENDER / MEETINGS**132 **LESERBRIEF / LETTER TO THE EDITOR**136 **BEIRAT / ADVISORY BOARD**136 **IMPRESSUM / LEGAL DISCLOSURE**

**Titelbildhinweis:** Aus der Übersicht von Till Dammaschke, Abbildung 2: Beispiel für einen Zwei-Komponenten Kalziumsilikat-haltigen Sealer bestehend aus Pulver und Wasser (BioRoot RCS; Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Frankreich). Bei Pulver- und Wasser-basierten Sealern kann die Konsistenz entsprechend der klinischen Situation passend eingestellt werden; Seiten 104–113; (Abb. 2: T. Dammaschke)

**Online-Version der DZZ:** [www.online-dzz.de](http://www.online-dzz.de)

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung weitgehend verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für alle Geschlechter.

### EMPFEHLUNG DER SCHRIFTLÉITUNG / EDITORS' PICK

# Liebe DZZ-Leserinnen und -Leser

## Editors' Pick

„Das Ende der thermoplastischen Obturation?“ – Schon der Titel klingt nach einem großen Umbruch, abgeschnittenen Zöpfen, etwas Epochalem gar. Das ist in der Zahnmedizin, in der der Fortschritt häufig eher ein geringeres Tempo hat, eine Seltenheit. Nun trägt die Überschrift auch ein Fragezeichen, sodass es sich eher um eine nicht abschließend beantwortete Frage zu handeln scheint. Diese Ansicht – soviel sei vorweggenommen – teilt auch der Autor des Beitrags: „Kalziumsilikat-basierte Sealer führen vermutlich nicht zum Ende der thermoplastischen Obturationsmethoden“, denn „thermoplastische Obturationsmethoden (sind) für eine erfolgreiche endodontische Behandlung nicht zwingend notwendig“

Was ist also dran? Tatsächlich folgen die beschriebenen Kalziumsilikat-basierten Sealer einem Trend nach „mehr Biokompatibilität“. Auf jeden Fall scheinen Eigenschaften des Materials – nämlich die Interaktion mit Feuchtigkeit interessante Aspekte, Vor- und Nachteile zu bergen. Schon allein diese Informationen machen die Lektüre des Beitrags von Till Dammaschke ab Seite 104ff lohnend. Wichtig bleibt die Botschaft, dass es eben nicht nur der Sealer – ein Material – für den Erfolg von Bedeutung ist, sondern dass eine adäquate Desinfektion und dichter Verschluss ebenso wichtige Elemente des endodontologischen Behandlungsprozesses sind. Am besten lesen Sie daher doch gleich das ganze Heft.

Mit freundlichen Grüßen

**Prof. Dr. Guido Heydecke**

**Prof. Dr. Werner Geurtsen**



**Prof. Dr. Guido Heydecke**



**Prof. Dr. Werner Geurtsen**

# Medizin für Zahnmediziner

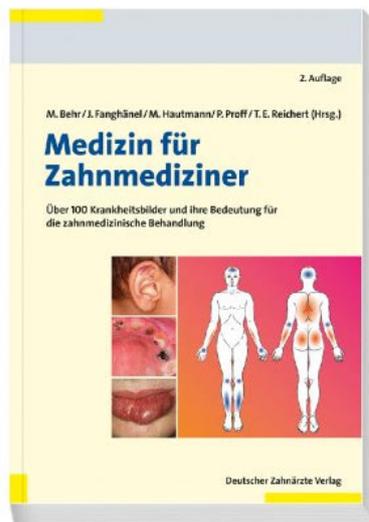
Die 2. Auflage „Medizin für Zahnmediziner“ richtet sich an Zahnärzte und Zahnärztinnen in Klinik und Praxis sowie an Studierende und verbindet in einem interdisziplinären Ansatz medizinisches Wissen mit zahnmedizinischer Behandlung.

Es handelt sich um eine Neuauflage des bewährten Werkes „Risiko-patienten in der Zahnarztpraxis“ aus dem Jahr 2016, das bereits bei vielen Behandlern und Behandler\*innen auf positive Resonanz stieß.

105 Autoren aus Universitätskliniken und Praxen aus allen Fachbereichen der Zahn- und Humanmedizin stellen sicher, dass sowohl der wissenschaftliche als auch der klinische Blick vertreten ist. In dieser Auflage sind die Kapitel zu Tumor-erkrankungen, Transplantationsmedi-zin, Hygiene und Infektionsabwehr sowie ein Impfkalendar und *ein detaillierter Überblick zu Sars-COVID 19* neu geschrieben oder erweitert worden.

Die Kapitel umfassen alle häufigen allgemeinmedizinischen Erkrankungen, die für die zahnärztliche Praxis von Bedeutung sind, von Allergien über Infektionen und neurologischen Krankheitsbildern bis hin zu Erkrankungen des Alters wie Rheuma und Demenz in ihren unterschiedlichen Formen. Jedes Kapitel ist übersichtlich gegliedert in einen kurzen, prägnanten Abschnitt über Ätiologie und Klinik der Erkrankung, Symptomatik und Risiken, Therapieansätze und schließlich die mögliche Interaktion mit einer zahnärztlichen Behandlung. Am Ende jeden Kapitels folgt ein farbig hinterlegter Abschnitt, in dem die relevanten Konsequenzen für die zahnärztliche Behandlung noch einmal anschaulich zusammengefasst sind. Jedes Kapitel wird ergänzt mit Literaturangaben, welche für eine hohe Transparenz sorgen und dem Interessierten eine tiefer gehende thematische Recherche ermöglichen.

In dem Kapitel „Konsequenzen aus der COVID-19-Pandemie“ wird



Michael Behr, Jochen Fanghänel, Matthias Hautmann, Peter Proff, Torsten E. Reichert (Hrsg.), Deutscher Zahnärzteverlag, Köln 2020, 2., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage, 579 Seiten, 130 Abbildungen, 75 Tabellen, ISBN 978-3-7691-3563-3; 99,99 Euro (Deutscher Zahnärzteverlag)

der aktuellste Wissensstand auf Basis von Studien aus 2020 wiedergegeben:

In Zeiten einer globalen Pandemie ist es unabdingbar, über den richtigen Umgang mit infektiösen Patienten informiert zu sein. Hier bietet das Werk einen sicheren Leitfaden, der nicht nur Hygienemaßnahmen in der Praxis von der korrekten Instrumentenaufbereitung bis zur Abfallentsorgung umfasst, sondern auch auf Schutzmaßnahmen für das Team eingeht. Besonders hervorzuheben ist hier eine Übersicht in Tabellenform über Impfungen, deren Indikation, Auffrischung und Bedeutung für die zahnmedizinische Berufsgruppe.

Angesichts einer alternden Bevölkerung gewinnt die Behandlung von Patienten mit Bluthochdruck, kardialen Erkrankungen oder auch Diabetes und multipler Medikation im Praxisalltag immer mehr an Bedeutung. Hier frischt das Werk z.B. das Grundwissen über die Anatomie und Physiologie des Herz-Kreislauf-Systems mit einprägsamen farbigen Abbildun-

gen auf. Auch der Abschnitt über endokrinologische Erkrankungen ist reich bebildert und erleichtert das Verständnis von Krankheiten der Nebenniere und -rinde, Schilddrüse und Bauchspeicheldrüse.

Hervorzuheben ist auch die eindrucksvolle Fotoserie zu Veränderungen der Mundschleimhaut unter verschiedenen Immunsuppressiva, was eine wichtige Ergänzung vorhandener Kenntnisse von Mundschleimhauterkrankungen darstellen kann.

Im Kapitel „Medikamentenwechselwirkungen“ findet sich das Unterkapitel „Analgetisch wirkende Medikamente“ mit einer guten Übersicht der häufigsten Schmerzmittel und deren Nebenwirkungen. Eventuell wäre hier eine kurze Erläuterung über das Zusammenspiel mit Lokalanästhetika wünschenswert sowie die Bedeutung von Opioiden für die Progression dentaler Erkrankungen aufgrund der Schmerzausschaltung. Im Kapitel „Suchterkrankungen“ wird ausführlich auf die Bedeutung von Alkohol und Nikotin (inkl. E-Zigaretten) eingegangen. Auch der recht weit verbreitete Cannabisgebrauch wird, wenn auch kurz, abgehandelt.

Das Werk enthält viele praktische Fragebögen und Diagramme, welche im Praxisalltag direkt anwendbar sind, z.B. zur Überwachung des Gesundheitszustandes im Rahmen der COVID-19-Pandemie und ein Schema zum Vorgehen im Notfall.

Abgerundet wird das Buch mit einem Kapitel über die wichtigsten Laborparameter und ihre Bedeutung, wobei vor allem die Parameter zur Blutgerinnung für Zahnmediziner von größtem Interesse sein dürften.

Aufgrund der aktuellen und hochrelevanten Informationen ist dieses Werk ein wichtiger Baustein in der zahnmedizinischen Fachliteratur, und es sollte in keiner Praxis fehlen. Der Preis ist für die Fülle an Wissen und die hochwertige Aufbereitung absolut gerechtfertigt.

Julia Myrau, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

**permadental**<sup>®</sup>  
Modern Dental Group

PERMADENTALDE  
0 28 22 -1 00 65



## INSPIRATION UND INFORMATION

für den täglichen Praxiseinsatz.

Der neue 60-seitige Zahnersatzkatalog  
für Behandler und Praxismitarbeiter.



Bestellen Sie sich Ihr kostenloses Exemplar des  
Kataloges für die Zahnarztpraxis **Zahnersatz von A-Z**.  
0800 737 000 737 | [e.lemmer@permadental.de](mailto:e.lemmer@permadental.de)  
[kurzellinks.de/ze-katalog](https://kurzellinks.de/ze-katalog)

WEIT MEHR ALS NUR KRONEN UND BRÜCKEN.

# Der Schluckakt/Schluckreflex

## The deglutition act/swallowing reflex

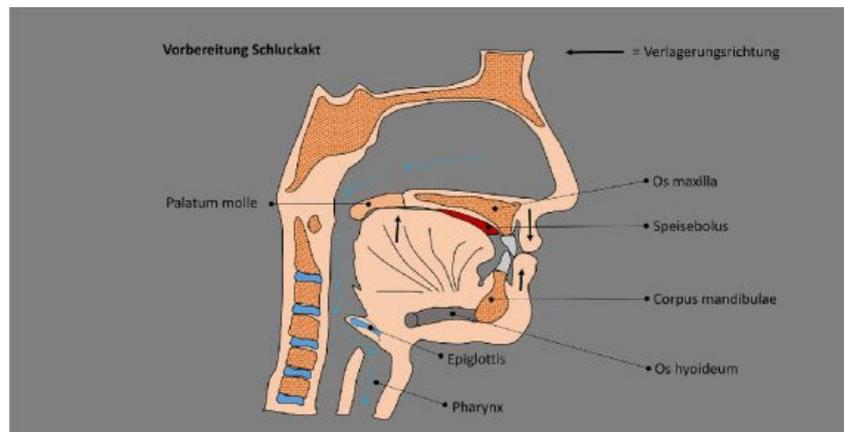


### Fragestellung

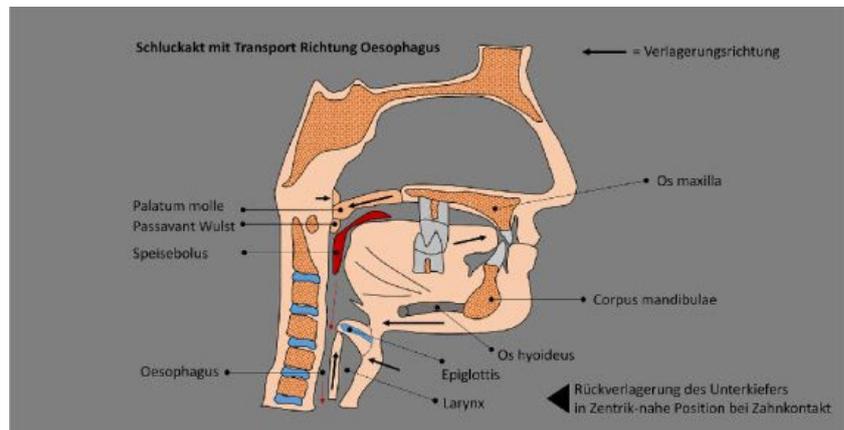
Welche Bedeutung hat der Schluckakt/Schluckreflex für Regulations- und Rückkopplungsmechanismen des stomatognathen Systems?

### Hintergrund

Der Schluckakt ist eine der häufigsten motorischen Funktionsabläufe in unserem Körper, bei dem mehr als 50 Muskelpaare koordiniert werden müssen. Er kann als ein komplexes Reflexgeschehen aufgefasst werden. Im Wachzustand schlucken wir, zu meist unbewusst, einmal pro Minute rund 0,5–1,5 ml Speichel. Im Tiefschlaf ruhen Speichelbildung und Schluckaktivitäten weitgehend [1]. Neben einer Regulation des Speichelflusses scheint der Schluckakt auch einen wichtigen Einfluss auf Regulations- und Rückkopplungsmechanismen des gesamten stomatognathen Systems zu haben. Da in der Regel beim Schluckakt der Unterkiefer nach dorsal und die Zahnreihen des Ober- und Unterkiefers kurz in Kontakt kommen [2, 4, 7], ist ein physiologischer Ablauf der Schluckaktivität für die Steuerung der Kaumuskulatur essenziell. Über die Rezeptoren der Zahnhalteapparate, der Rezeptoren in der Kaumuskulatur und im Kiefergelenk erfolgt beim physiologischen Schluckakt eine Rückkopplung, welche für die Einrichtung wichtiger Stellgrößen des stomatognathen Systems wie der Ruheschwabelage bei entspannter Kaumuskulatur zuständig ist. Jeder Muskel arbeitet, indem er sich verkürzt. Ein sich ständig ver-



**Abbildung 1** Kurz vor dem Schluckakt: Der Zungenrücken schließt die Mundhöhle gegenüber dem Pharynx ab. Die Atemluft kann noch über die Nase in die Trachea einströmen (Umzeichnung nach [6]).



**Abbildung 2** Während des Schluckaktes: Die Zunge ist nach dorsal verlagert. Der weiche Gaumen ist angehoben und verschließt zusammen mit dem Passavant-Ringwulst die oberen Atemwege. Durch die Rückverlagerung von Os hyoideum und Zunge wird der Kehlkopf über die Trachea geschoben. Der Speisebolus kann in den Ösophagus transportiert werden (Umzeichnung nach [6]).

kürzender (arbeitender) Muskel benötigt aber auch eine Information, wel-

che „Länge“ er im entspannten Ruhemodus einhalten oder einstellen soll-

\*Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Behr M, Fanghänel J: The deglutition act/swallowing reflex. Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 50–53  
 Zitierweise: Behr M, Fanghänel J: Der Schluckakt/Schluckreflex. Dtsch Zahnärztl Z 2021; 76: 78–81  
 DOI.org/10.3238/dzz.2021.0007

te. Die Skelettmuskeln beispielsweise rückkoppeln ihre „Länge“ in der Ruhephase über die Aktivität ihrer direkten Antagonisten, also durch eine Wechselwirkung von „Beugern“ und „Streckern“. Im stomatognathen System ist diese einfache Zuordnung, wie sie bei den Extremitäten vorliegt, nicht so offensichtlich vorhanden. Auch müssen wir berücksichtigen, dass das stomatognathe System zwei Funktionen dienen muss. Es nimmt einerseits die Kaufunktion wahr, andererseits ist es Teil des Sprachorgans, sodass unterschiedliche Zentren im Gehirn (z.T. konkurrierende) Steuerfunktionen auf das stomatognathe System ausüben [3]. Von daher ist ein „Reset“, in dem das stomatognathe System seine physiologische Ruheposition immer wiederfindet, ein notwendiges Regelwerk zur störungsfreien Funktion des stomatognathen Systems. Die Tatsache, dass beim Schlucken der Unterkiefer relativ gut reproduzierbar in eine zentrische Position gelangt und dies im Wachzustand sehr häufig und unbewusst abläuft, spricht dafür, dass die Schluckaktivität eine wichtige Steuerfunktion innehat. Der im Schluckakt entstehende okklusale Kontakt zwischen der oberen und unteren Zahnreihe ruft eine vertikal wirkende Kraft von etwa 30 N hervor [7]. Die beim Schlucken wirkenden Okklusionskräfte können das resultierende Kraftsystem modifizieren. Die Kraft ist somit nicht konstant; es findet eine ständige Zu- und Abnahme statt.

**Ablauf des Schluckaktes**

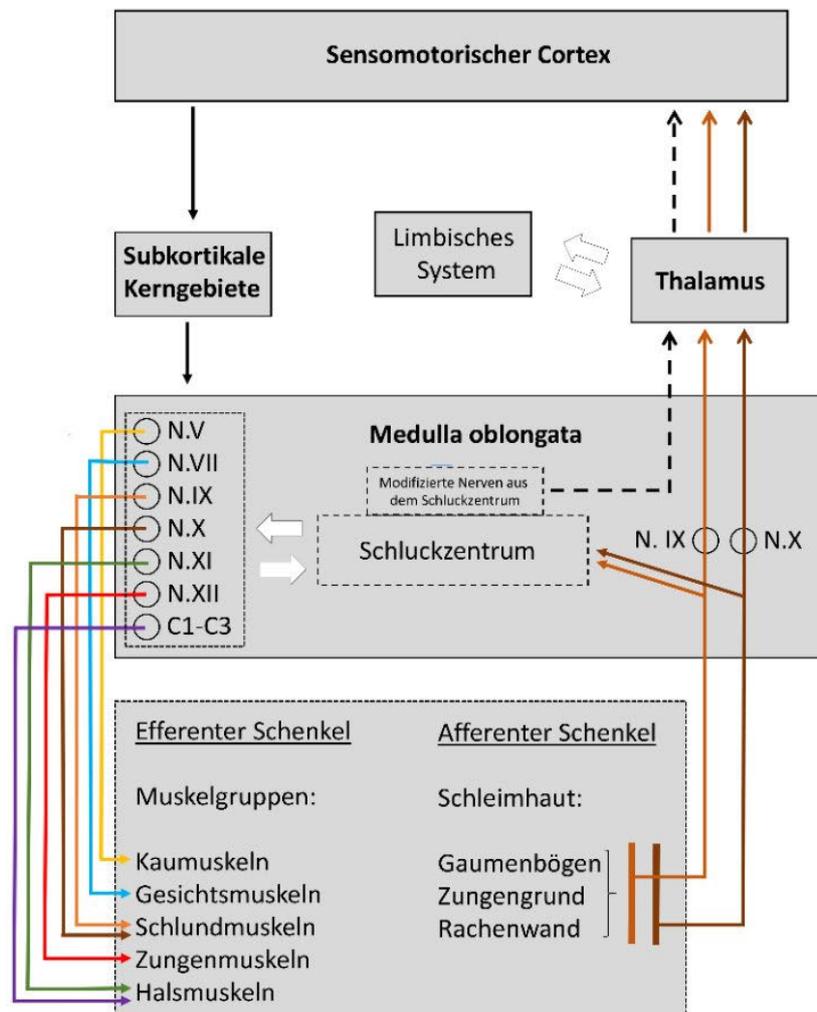
Der Schluckakt wird durch 3 Teilleistungen charakterisiert [5, 8]:

- Aufbereitung und Transport der Nahrung aus der Mundhöhle durch den Pharynx in den Ösophagus,
  - Verschluss des Nasen-Rachenraums,
  - Verschluss des Kehlkopfenganges.
- Nach der Zerkleinerung und dem Einspeichern der Nahrung wird der Schluckakt ausgelöst. Wir unterteilen den Schluckakt in eine präorale, orale, pharyngeale und ösophageale Phase. Alle Phasen gehen fließend ineinander über [1, 5]. Der in der präoralen Phase vorbereitete Speisebolus (Frauen 14–20 ml, Männer 20–25 ml) [6] wird auf dem Zungenrücken posi-



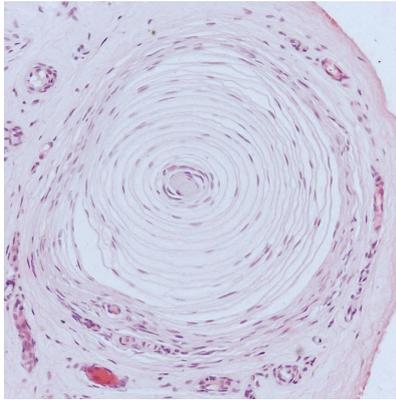
(Abb. 3: Mit freundlicher Genehmigung DeGruyter)

**Abbildung 3** Schematische Übersicht der am Schluckakt beteiligten Muskeln (aus [5]).

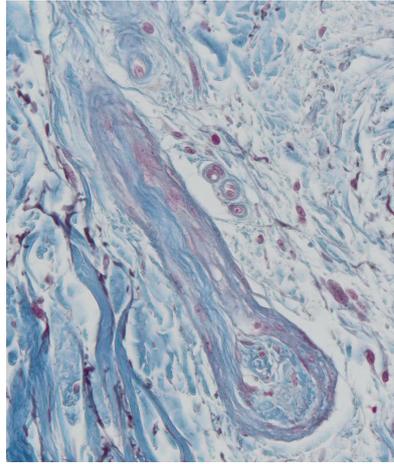


(Abb. 4: J. Fanghänel)

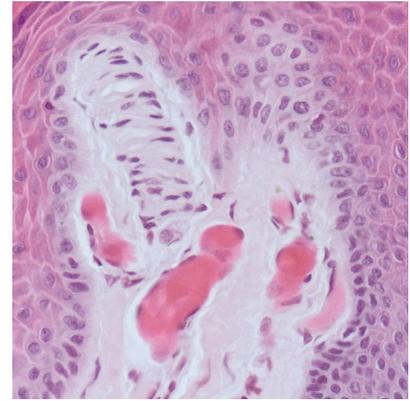
**Abbildung 4** Schema der neuromuskulären Steuerung des Schluckaktes



**Abbildung 5** Vater-Pacini-Körperchen, HE, Vergr. 20x



**Abbildung 6** Ruffini-Körperchen, Kresazan, Vergr. 40x



**Abbildung 7** Meissner Tastkörper, HE, Verg. 40x

(Abb. 5–7: B. Mlehe, J. Fanghänel)

tioniert. Dabei stützt sich die Zungenspitze gegen die oberen Frontzähne und anterior am harten Gaumen ab. Die Seitenbereiche der Zunge heben sich und formen eine löffelförmige Vertiefung für den Bolus. Der posteriore-pharyngeale Anteil der Zunge wölbt sich auf und tritt in Kontakt mit dem weichen Gaumen. Dadurch wird zunächst der Bolus vor Ort gehalten und kann nicht in den Pharynx abgleiten (sog. glossopharyngealer Sphinkter) (Abb. 1).

Die Lippen schließen sich und die Schneidezähne des Unterkiefers nähern sich denen des Oberkiefers an. Die vorderen Zweidrittel der Zunge schieben in peristaltischen Bewegungen den Bolus in Richtung Pharynx. Die Mm. hyoglossi und Mm. styloglossi heben die Zunge nach kranial und die Mm. palatoglossi ziehen den Zungenrücken nach dorsal (Abb. 2, Abb. 3). Die Zahnreihen kommen in Kontakt. Das Gaumensegel wird über die Mm. tensor veli palatini und levator veli palatini angehoben und gegen den Passavant-Ringwulst gepresst. Dabei wird die Tuba auditiva geöffnet. Der Passavant-Ringwulst entsteht durch Kontraktion des M. constrictor pharyngis superior. Gaumensegel, Passavant-Ringwulst und hinterer Zungenrücken dichten die oberen Atemwege ab und verhindern, dass der Bolus vorzeitig in den Pharynx abgleitet. Die vorderen Zweidrittel der Zunge erzeugen nun peristaltische Bewegungen, welche den Isthmus faucium kurzfristig öff-

nen und den Bolus in Richtung Pharynx transportieren (Abb. 2). In dieser Phase hebt sich der Mundboden mittels suprahyale Muskulatur. Dadurch verlagern sich Zungenbein und Kehlkopf nach kranial. Der Kehlkopf wird passiv über den Aditus laryngis verlagert. Es folgt der reflektorische Verschluss der Glottis und eine Hemmung der Atemmuskulatur. Den Weitertransport bewirken rhythmische Kontraktionen der Schlundschürer; insbesondere der M. constrictor pharyngis inferior. Im Ösophagus transportieren peristaltische Wellen, hervorgerufen durch die Ösophagusmuskulatur, den Bolus weiter in Richtung Magen [5].

Der gesamte Schluckmechanismus stellt einen Regelkreis (Abb. 4) mit einem afferenten und efferenten Schenkel dar. Ersterer beginnt in der Schleimhaut der Gaumenbögen, des Zungengrundes und der Pharynx-(hinter-)wand. Hier befinden sich freie Nervendigungen und Nervenendkörperchen in der Schleimhaut. Während die freien Nervendigungen die Schmerzempfindung registrieren, nehmen die Nervenendkörperchen, Vater-Pacini-Körperchen (Abb. 5), Ruffini-Körperchen (Abb. 6), Meissner-Tastkörperchen (Abb. 7) u.a., Druck-, Stoß-, Zugempfindungen auf. Die aus Gliagewebe aufgebauten Strukturen (Lamellen, Kugeln, Kolben, Verzweigungen, usw.) dienen der Vergrößerung der Empfangsoberfläche [8] (wie Antennen) für die empfangenen Reize. Die afferenten Fasern der Nerven

IX und X werden in der Medulla oblongata umgeschaltet und verlaufen über den Thalamus (Zentrum der Sensibilität) zur Körperfühlsphäre (Region hinter dem Sulcus centralis) des Großhirns. In der Formatio reticularis der Medulla oblongata befindet sich außerdem das Schluckzentrum (Abb. 4). In ihm werden vegetative Regulationen vorgenommen.

Nach weiteren Umschaltungen im Zentralnervensystem gelangen die efferenten Bahnen (als Pyramidenbahnen und extrapyramidale Bahnen) über die Kerne der Hirnnerven V, VII, IX, X, XI, XII sowie der Halssegmente C1–C3 zu den Muskeln der Erfolgsorgane Rachen, Zungenrund, Kehlkopf, Speiseröhre sowie zur Halsmuskulatur [5]. Der Schluckakt kann demnach kortikal oder subkortikal ablaufen, je nachdem, ob dieser bewusst oder unbewusst abläuft. Die Ursachen der Schluckstörungen (Dysphagien) sind entsprechend der Schluckphasen vielfältig. Bei funktionellen Störungen in der Medulla oblongata, beispielsweise der Bulbärparalyse, ist die Dysphagie eines der Kardinalsymptome [8].

### Statement

Der Schluckakt ist ein hochkomplexes Refluxsystem, bei welchem wir eine präorale, orale, pharyngeale und oesophageale Phase unterscheiden. Insgesamt sind beim Schlucken mehr als 50 Muskelpaare, 6 Hirnnerven sowie Nerven der Halssegmente C1–C3 beteiligt. Mit ca. 1000–2000 Schluck-

akten am Tage ist es einer unserer häufigsten motorischen Funktionsabläufe in unserem Körper. Der Schluckakt dient nicht nur zur Nahrungsaufnahmen und zur Reduktion der Speichelmenge in der Mundhöhle, er spielt auch offensichtlich bei Selbstregulationsprozessen des stomatognathen Systems, wie dem (Wieder-)Einstellen der Ruheschwebelage des Unterkiefers, eine wichtige Rolle.

### Interessenkonflikte

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Michael Behr, Jochen Fanghänel,  
Regensburg

### Literatur

1. Bartolome G: Physiologie des Schluckvorgangs. In: Bartolome G, Schröter-Morasch H (Hrsg): Schluckstörungen. Interdisziplinäre Diagnostik und Rehabilitation. Urban & Fischer, Elsevier, München 2018, 23–46
2. Bartow K: Physiotherapie am Kiefergelenk. Untersuchung, Therapie, Fallbeispiele. Kap. 8.1.3, S104. Thieme, Stuttgart, New York 2019
3. Behr M, Fanghänel J: Der Einfluss des stomatognathen Systems auf die Entwicklung des Menschen. Dtsch Zahnärztl Z 2019; 74: 295–299
4. Bradley RM: Physiologie des stomatognathen Systems. Ulstein-Mosby, Berlin, Wiesbaden 1996
5. Fanghänel J: Schluckakt. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (Hrsg): Waldeyer. Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas in einem Band. De Gruyter, Berlin 2009, 309
6. Lawless HT, Bender S, Oman C, Pelletier C: Gender, age, vessel size, cup vs.

straw sipping, and sequence effects on sip volume. Dysphagia 2003; 18: 196–202

7. Proffit WR, Fields HN, Nixon WL: Occlusal forces in normal and long-face adults. J Dent Res 1983; 62: 566–570

8. Schiebler TH, Schmidt W (Hrsg): Anatomie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1991



(Foto: UKR)

**PROF. DR. MED. DENT.**  
**MICHAEL BEHR**  
Universität Regensburg  
Fakultät für Medizin  
Franz-Josef-Strauss-Allee 11  
93053 Regensburg  
michael.behr@klinik.uni-regensburg.de

# Gesundheitsdaten verstehen

## Statistiken lesen lernen – ein Einsteigerbuch

Knapp 15 Jahre nach Erscheinen ihres Büchleins "Gesundheitsdaten verstehen" legen Joseph Kuhn und Manfred Wildner (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Oberschleißheim bei München) eine aktualisierte Neuauflage vor. Nach einer kurzgefassten thematischen Einleitung erwartet die Leser die epidemiologische Einführung "Von Prävalenzen und Risiken: ein Sprachkurs Deutsch-Epidemiologisch", das Hauptkapitel "Fündig werden: Daten und Datenquellen zur Gesundheit" und der praxisorientierte Wink "Daten präsentieren". Ein Anhang mit den wichtigsten Merk-

malen zu Todesursachen-, Krankenhaus-, Rentenzugangs-, Verkehrsunfall-, Krankenarten-, Unfallversicherungsträger- und Pflegestatistiken sowie Mikrozensus, gefolgt von einer Erläuterung von 12 Fachbegriffen (für "Profis" sei das kostenfreie EbM-Glossar des *Deutschen Netzwerks Evidenzbasierte Medizin* empfohlen<sup>1</sup>), einem Literaturverzeichnis und einem Sachregister beschließen das Buch.

Einer der neuen Abschnitte betrifft den nicht unumstrittenen Begriff "Big Data". Als medizinischer Schlüsselbegriff vor Kurzem (2019) in der MeSH-Datenbank von PubMed

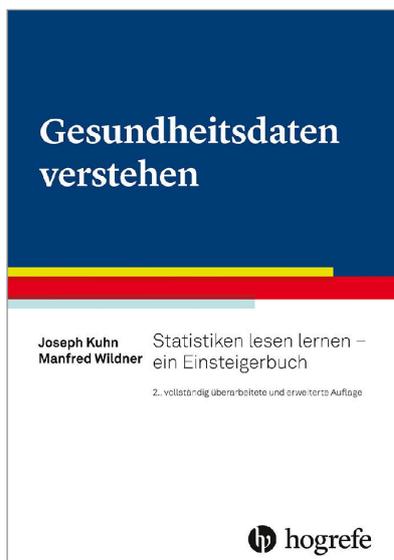
aufgenommen, versteht man darunter "[e]xtremely large amounts of data which require rapid and often complex computational analyses to reveal patterns, trends, and associations, relating to various facets of human and non-human entities". Eine PubMed-MeSH-Suche lieferte immerhin 1340 Treffer (am 17. März 2021), von denen aber weniger als 1 % aus der Zahnmedizin stammen. Kuhn und Wildner beziehen eine eher neutrale Stellung zu der Brauchbarkeit solcher Massendaten. Eine klarere Meinung vertritt dagegen der frühere Direktor des Deutschen Cochrane Zentrums, Gerd Antes. In

<sup>1</sup> EbM-Glossar. URL: <<https://www.ebm-netzwerk.de/de/service-ressourcen/ebm-glossar>> (letzter Zugriff am: 17.03.2021)

<sup>2</sup> Fried A: Mathematiker Gerd Antes: Big Data führt uns in eine Falle. Der Standard CURE. 24.08.2019. URL: <<https://www.derstandard.de/story/2000107328669/mathematiker-gerd-antes-big-data-fuehrt-uns-in-eine-falle>> (letzter Zugriff am: 17.03.2021)

einem Interview mit einem österreichischen Gesundheitsmagazin äußerte er im August 2019<sup>2</sup>:

„Big Data ist ein Hype, der uns geradewegs in eine Falle führt. Die Idee dahinter ist, dass man riesige Datenmengen völlig unstrukturiert und unsystematisch durchwühlen kann und dabei auf sinnvolle Zusammenhänge stößt. Das ist wissenschaftlicher Unfug und kann nicht funktionieren. [...] Wissenschaftliches Arbeiten bedeutet, dass man mithilfe von Theorie und Daten Hypothesen generiert, die empirisch durch Studien bestätigt oder widerlegt werden müssen. Der Big-Data-Hype steht in krassem Gegensatz zu diesem Erkenntnisprozess. Man tut so, als ob man in riesigen Datenmengen einfach nach Korrelationen suchen kann und diese dann einen Sinn ergeben. Da kommt unglaublich viel Schwachsinn heraus. Das ist wie das Suchen nach einer Nadel im Heuhaufen. Durch Big Data macht man jedoch den Heuhaufen nur noch größer. [...] Korrelationen werden als Brunnen der Erkenntnis verkauft, für die man Daten nur zu sammeln braucht. Das ist ein Irrweg, Daten müssen geplant genau und intelli-



Joseph Kuhn, Manfred Wildner, Hogrefe, Bern 2019, 120 Seiten, 35 Abb., 44 Tab., ISBN 978-3-456-85912-5, 24,95 Euro (Hogrefe)

gent ausgewertet werden. Wenn ich Daten einfach laufen lasse, dann entdecke ich mehr Falsches als Richtiges. Das Rauschen wächst schneller als die richtigen Signale. Man muss Daten zielgerichtet erheben, nicht willkürlich. Durch das nachträgliche Kor-

relieren von blindwütig gesammelten Daten bekommt man falsche Erkenntnisse – das nennt man dann ‚spurious correlations‘, also unechte Korrelationen. [...] ‚Big Data‘ produziert ‚Big Errors‘. [...] Fehler in den Daten, deren Natur nicht klar ist und die keine besondere Aufmerksamkeit bekommen, können sich bei ‚riesigen‘ Datenmengen so potenzieren, dass sie zu absurden Ergebnissen führen. [...] Das ist selbst für Wissenschaftler schwierig zu akzeptieren, weil es im Gegensatz zum Fundament der Statistik steht, dass mit mehr Daten alles besser wird.“

Umso wichtiger ist es also, Gesundheitsdaten zu verstehen, erst recht angesichts der derzeitigen Corona-Pandemie. Daher ist die Lektüre dieses um 20 Seiten erweiterten Büchleins genauso zu empfehlen, wie dies bereits bei seinem Vorgänger der Fall war (Rezension in Dtsch Zahnärztl 2007;62:370). Allerdings erscheint der Preis zu hoch, wenn man ihn mit den 49,95 Euro vergleicht, welches das im selben Verlag erschienene 388-seitige Werk „Klinische Epidemiologie“ kostet (Rezension in Dtsch Zahnärztl 2020;75:18–19).

Prof. Dr. Jens C. Türp, Basel

## Der Wissenschaft verpflichtet

### Biographische Notizen und Plädoyer für eine am Patientenwohl orientierte menschliche Medizin

In meiner über 20-jährigen Beschäftigung mit der nachweisgestützten (Zahn-)Medizin inner- und außerhalb des *Deutschen Netzwerks Evidenzbasierte Medizin* ([www.ebm-netzwerk.de](http://www.ebm-netzwerk.de)) habe ich einige Autoren – Kliniker, klinische Epidemiologen, Sozialmediziner, Biostatistiker – kennengelernt, die ausnahmslos durch über den Tellerrand gerichtete zeitlose und lehrreiche Publikationen bestechen. Gerd Antes, Norbert Donner-Banzhoff, David Klemperer, Johannes Köbberling, Heiner Raspe, Jürgen Windeler, ... – Veröffentlichungen

aus der Feder dieser Wissenschaftler erweitern den eigenen Horizont ungenügend. Nur zwei Publikationen aus Johannes Köbberlings Feder seien diesbezüglich genannt: Das Buchkapitel „Der Zweifel als Triebkraft des Erkenntnisgewinns in der Medizin“ (in: Kunz R et al: Lehrbuch Evidenzbasierte Medizin in Klinik und Praxis. Deutscher Ärzteverlag, Köln 2007, S. 3–14) und der Fachartikel „Wirksamkeit, Nutzen und Notwendigkeit – Versuch einer wissenschaftlichen Definition“ (Z Evid Fortbild Qual Gesundheitswes 2009;103:249–252).

Köbberling, geboren 1940 in Lötzen (Ostpommern), Studium bis Habilitation an der Georg-August-Universität Göttingen, ab 1986 Professor an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, ab 2000 Chefarzt in Wuppertal, verkörperte beispielhaft gelebte evidenzbasierte Medizin – als Kliniker und als Wissenschaftler. Dies spiegelt auch seine 2020 vorgelegte Biographie wider. In 15 Kapiteln berichtet er über die Stationen seines Lebenswegs bis hin zu einem der angesehensten Mediziner im deutschen Sprachraum. Die „Verpflichtung zur Wissenschaft“ braucht

Vorbilder und "Ansteckung" (S. 6), und ein solches Vorbild ist der Autor.

Jedes Kapitel wird eröffnet durch ein treffendes Zitat des Göttinger Physikers und genialen Aphoristikers Georg Christoph Lichtenberg (1742–1799). Neben medizinischen Themen (Humangenetik; Innere Medizin) liegt Köbberling die Aufklärung über die und den Umgang mit der sog. Paramedizin am Herzen. Hier spannt sich ein unsichtbarer Bogen zu dem legendären österreichisch-deutschen Rechtsmediziner Otto Prokop<sup>1</sup> (Humboldt-Universität Berlin [Ost]), der während seiner gesamten wissenschaftlichen Karriere ebenfalls vehement und pointiert gegen unwissenschaftliche Methoden in der Medizin Stellung bezogen hatte<sup>2</sup>. Gleich auf der ersten Seite seines Werk hebt Köbberling hervor, „dass der entscheidende Unterschied zwischen der Medizin und allen Formen der sog. Alternativmedizin oder Paramedizin nicht nur darin besteht, das letztere nicht spezifisch wirksam sind, sondern vor allem darin, dass ihre Vertreter nicht bereit sind, sich selbst in Frage zu stellen und ihre Ergebnisse und Aussagen jederzeit zu überprüfen.“

Eine in den Augen des Rezensenten kardinale Aussage ist die Erkenntnis, dass „externe Evidenz nur in der Kombination mit der ärztlichen Erfahrung sinnvoll in Han-



Johannes Köbberling, de Gruyter, Berlin 2020, 214 Seiten, ISBN 978-3-11-067655-6, 59,95 Euro (de Gruyter)

deln umgesetzt werden kann“ (S. 141). Das alleinige Vertrauen auf literaturbasierte Daten und Empfehlungen bei klinischen Handlungsentscheidungen („Kochbuchmedizin“) kann vergleichbar gefährlich sein wie das alleinige Setzen auf die persönliche (unkontrollierte) Erfahrung („In meinen Händen funktioniert’s!“). Mit anderen Worten: Wer nicht regelmäßig Patienten sieht (und dies gilt auch für Hochschul-

angehörige), aber dessen ungeachtet literaturgestützte patientenbezogene Handlungsempfehlungen publiziert, braucht sich nicht zu wundern, wenn solche Hinweise bisweilen realitätsfern sind und am Patienten in eine Sackgasse führen.

Ein zentrales Dokument in diesem bibliographischen Werk ist Köbberlings zur Eröffnung des 103. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin gehaltene Rede „Der Wissenschaft verpflichtet“, auf die er in dem Buch mehrmals rekurriert und die im Anhang auf 16 Seiten ungekürzt wiedergegeben ist. Letztlich geht es dem Autor darum, anstelle „einer Verfestigung oder Untermuerung vorbestehender eigener Positionen“ als „Ausdruck von verkrusteten Denkstrukturen“ (S. 153) eine „Erziehung zum Zweifel“ und eine „Erhaltung einer Kultur des Zweifels“ (S. 145) zu fördern und in der Praxis umzusetzen. In diesem Sinne spricht sich Köbberling auch gegen ein „Zudecken der Dissense durch Konsensbildung“ (S. 157) aus, weil dies dem EbM-Gedanken sehr zuwiderlaufe: „Wenn die Ergebnisse von Studien unterschiedliche Interpretationen zulassen, dann müssen diese ausdiskutiert werden.“ (S. 157).

Das Buch ist allen zu empfehlen, denen die evidenzbasierte (Zahn-)Medizin am Herzen liegt.

Prof. Dr. Jens C. Türp, Basel

<sup>1</sup> Mark Benecke: Seziert: Das Leben von Otto Prokop. Das Neue Berlin, Berlin 2013. [Inhaltsgleich mit: Mark Benecke: Mark Benecke ermittelt: Leben und Fälle des Rechtsmediziners Otto Prokop. Buchvolk, Zwickau 2017]

<sup>2</sup> Ludwig Prokop, Otto Prokop, Heinz Prokop: Grenzen der Toleranz in der Medizin. Verlag Gesundheit, Berlin 1990

**MEDENTIS****Echte Teamarbeit mit Magellan X**

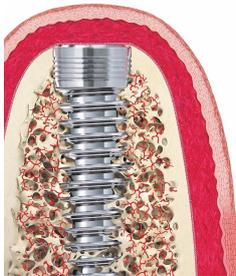
Arbeiten Sie im Team in der Cloud: der Chirurg plant, der Zahn-techniker kann dies sofort kommentieren und der Prothetiker beobachtet und kann jederzeit per

Mausklick eingreifen. Wenn alle im digitalen Workflow von ICX-Magellan X mitarbeiten, verkürzt sich die Dauer der gesamten Behandlung.

Für den Anwender ist ICX-Imperial die Brücke zwischen Implantationsplanung und der eigentlichen Behandlung. Die ICX-Magellan-X Bohrschablone garantiert optimalen Komfort und Sicherheit bei der Implantatinsertion. Mit ICX-Imperial erhalten Sie zum OP-Termin darüber hinaus bis zu drei Bohrschablonen, ein gedrucktes 3D-Modell, alle benötigten Implantate und Aufbauten sowie die CAD/CAM-gefräste ICX-SmileBridge.

**medentis medical GmbH**

Walporzheimer Str. 48–52, 53474 Bad Neuenahr/Ahrweiler  
Tel.: 02641 9110-0, Fax: 02641 9110-120  
info@medentis.de, <https://icx-magellan.de/magx-download/>

**GEISTLICH****Langzeiterfolg bei Augmentation**

Augmentationskonzepte für den Langzeiterfolg von Implantaten sind ab sofort bei Geistlich Biomaterials erhältlich. Als Hauptursache bei Implantatpätverlusten wird in der Literatur die Periimplantitis beschrieben. Mit jährlich mehr als einer Million inserierter dentaler Implantate in Deutschland gewinnt damit

die Prävention und Therapie von Periimplantitis für Behandler/innen immer mehr an Bedeutung. In einer mehrstufigen Kampagne wird Geistlich Biomaterials Konzepte zur Therapie & Prävention von Periimplantitis bereitstellen. Der erste Teil wurde nun veröffentlicht: Klar strukturiert erhält der Leser Einblicke in verschiedene Augmentationskonzepte, die alle das Ziel einer langzeitstabilen Hart- und Weichgewebesituation verfolgen und so einen wertvollen Beitrag zur Periimplantitis-Prävention leisten können. Gut dokumentierte klinische Fallbeispiele, kombiniert mit aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen runden die ausführlichen Erläuterungen ab.

**Geistlich Biomaterials Vertriebsgesellschaft mbH**

Schneidweg 5, 76534 Baden-Baden, Tel.: 07223 96240  
Fax: 07223 962410, [www.geistlich.com](http://www.geistlich.com)

Alle Beschreibungen sind den Angaben der Hersteller entnommen.

**PERMADENTAL****Fortbildungsplattform online**

Am 31. März war es so weit: Die europäische Fortbildungsplattform für Zahnärzte und das Praxisteam mit dem verbindenden Namen "Modern Dental Connect" – A

smile is connecting people – ging nach längerer Vorbereitungszeit online. Mit dieser Europa-Initiative reagiert Modern Dental Europe, und somit auch Permamental, schnell und zielgerichtet auf die aktuelle Situation, die Reisen für eine nicht absehbare Zeit erschwert, und auf den Wunsch vieler Seminar-Teilnehmer nach individueller und möglichst grenzenloser Wissensvermittlung. Die Plattform ist unter [moderndentalconnect.de](http://moderndentalconnect.de) (oder [moderndentalconnect.eu](http://moderndentalconnect.eu)) erreichbar.

**Permamental GmbH**

Marie-Curie-Straße 1, 46446 Emmerich  
Tel.: 02822 10065, [info@ps-zahnersatz.de](mailto:info@ps-zahnersatz.de), [www.permamental.de](http://www.permamental.de)  
[www.moderndentalconnect.de](http://www.moderndentalconnect.de), [www.moderndentalconnect.eu](http://www.moderndentalconnect.eu)

**W&H****Frühlings-Rabatte bis Ende Mai**

W&H hält bis zum 31. Mai wieder besondere Aktionen und Rabatte in seinem GoodieBook bereit (bitte QR-Code scannen). So erhält man beim Kauf von zwei Synea Fusion-



Instrumenten die begehrten Winkelstücke zum halben Preis. Aerosolreduzierte Prophylaxe ist während der Corona-Pandemie das große Ziel. W&H liefert mit dem Prophylaxe Cart die passende Lösung: Das mobile Gerätecart bietet mit Proxeo Ultra und Proxeo Twist Cordless eine Kombination aus Piezo Scaler und rotierendem Polieren – und das auch noch zu einem günstigen Paketpreis. Weitere Highlights der Frühjahrssparaktion sind die Angebote rund um die Chirurgieeinheit Implantmed, die ihren 20. Geburtstag feiert, und das Hygienepaket mit Teon Thermodesinfektor, Injektionspaket, Assistina Twin sowie Lisa Remote Plus, 171, bei dem man durch das GoodieBook 4000 Euro sparen kann.

**W&H Deutschland GmbH**

Raiffeisenstraße 3b, 83410 Laufen/Obb.  
Tel.: 08682 8967-0, Fax: 08682 8967-11  
[office.de@wh.com](mailto:office.de@wh.com), [www.wh.com](http://www.wh.com)



Sebastian Bürklein, Tom Schloss, Marc Semper, Birger Thonemann

# DVT in der chirurgischen Endodontie – ein „Must-have“?!\*

## Warum sollten Sie diesen Beitrag lesen?

Die DVT ist mittlerweile ein etabliertes Instrumentarium in der endodontischen Diagnostik und der Einsatz in der Endodontie wird bisweilen kontrovers diskutiert. Der Beitrag erläutert die Technik mit entsprechenden Möglichkeiten und Limitationen, sowie die Indikationen mit dem Schwerpunkt der chirurgischen Endodontie.

**Zusammenfassung:** Die 3D-Diagnostik – also die DVT – ist in der endodontischen und endo-chirurgischen Diagnostik, Therapie und Kontrolle (Nachsorge) nicht mehr wegzudenken und nicht nur für versierte Kollegen und Spezialisten zu einem echten „Gamechanger“ geworden. Mit zunehmender Komplexität der Fälle gewinnt die überlagerungsfreie und dimensionsgetreue Darstellung selbst kleinster Details an Bedeutung und bietet eine exzellente Einschätzung der Prognose der zu therapierenden Zähne und erlaubt dadurch eine hohe Sicherheit in der Therapieplanung sowie eine (evidenzbasierte) Aufklärung der Patienten. Das gilt besonders für endochirurgische Eingriffe mit ihren engen Lagebeziehungen zu anatomisch bedeutsamen Strukturen (z.B.: Sinus maxillaris oder nervale Strukturen). Dennoch erfordert die DVT ein hohes Maß an Verantwortung hinsichtlich der Anwendung ionisierender Strahlen. Das ALARA Prinzip („As Low As Reasonably Achievable“) wird mitunter mehr und mehr durch ALADA („As Low As Diagnostically Acceptable“) ersetzt. Es gilt immer zu entscheiden, ob durch die Unterlassung der Anfertigung der Röntgenaufnahme das Patientenwohl stärker kompromittiert wird als durch die dabei auftretende ionisierende Strahlung und deren Folgen. Auch wenn es aktuelle Hinweise gibt, dass sich das Krebsrisiko durch eine Exposition mit niedrig dosierter Strahlung mit einer kumulativen Dosis von bis zu 100 mSv scheinbar nicht erhöht, ist jede DVT-Aufnahme eine zu rechtfertigende, indikationsbezogene Einzelfallentscheidung, die stets auf Basis einer gründlichen Anamnese und klinischen Untersuchung unter Berücksichtigung von etwaig vorhandenen Voraufnahmen gefällt werden muss.

**Schlüsselwörter:** Apikalchirurgie; CBCT; Endodontie; Mikrochirurgie; Strahlenbelastung; chirurgisch; Endodontie; Behandlungsergebnis; Röntgen

Zentrale Interdisziplinäre Ambulanz (ZIA), Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universitätsklinikum Münster: Prof. Dr. Sebastian Bürklein

Private Praxis, Kornmarkt 8, 90402 Nürnberg: Dr. Tom Schloss

Private Praxis, Benquestraße 29, 28209 Bremen: Marc I. Semper

Private Praxis, Luegplatz 3, 40545 Düsseldorf-Oberkassel; Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universitätsklinikum Regensburg: Prof. Dr. Birger Thonemann

\*Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Bürklein S, Schloss T, Semper M, Thonemann B: CBCT in surgical endodontics – a must-have?! Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 54–63

**Zitierweise:** Bürklein S, Schloss T, Semper M, Thonemann B: DVT in der chirurgischen Endodontie – ein „Must-have“?! Dtsch Zahnärztl Z 2021; 76: 85–95

**Peer-reviewed article:** eingereicht: 25.09.2020, Fassung akzeptiert: 30.11.2020

DOI.org/10.3238/dzz.2021.0008

## CBCT in surgical endodontics – a must-have?!

**Abstract:** 3D diagnostics – i.e. CBCT – has become indispensable in endodontic and endosurgical diagnostics, treatment and control (follow-up) and has become a real “gamechanger” not only for experienced colleagues and specialists. With the increasing complexity of cases, the superimposition-free and dimensionally accurate display of even the smallest details is gaining in importance and offers an excellent assessment of the prognosis of the teeth to be treated, thus allowing a high degree of certainty in treatment planning as well as (evidence-based) patient education. This is especially relevant for endosurgical procedures with their close relationships to anatomically significant structures (e.g.: maxillary sinus or nervous structures). Nevertheless, CBCT requires a high degree of responsibility with regard to the use of ionizing radiation. The ALARA principle (“As Low As Reasonably Achievable”) is more and more replaced by ALADA (“As Low As Diagnostically Acceptable”). It is always necessary to decide whether the patient’s well-being is more compromised by not taking the X-ray than by the ionizing radiation and its consequences. Even though there is current evidence that exposure to low-dose radiation with a cumulative dose of up to 100 mSv does not appear to increase the risk of cancer, each CBCT-scan is a justifiable, indication-based, case-by-case decision that must always be made on the basis of a thorough history and clinical examination, taking into account any previous images that may be available.

**Keywords:** apical surgery; CBCT; endodontics; microsurgery; radiation exposure; surgical; endodontics; treatment outcome; radiography

### 1. Einleitung

Die endodontische Behandlung zielt auf die Prävention oder Therapie einer pulpalen/periradikulären Pathologie mit dem Ziel des Zahnerhalts. Endodontische Misserfolge resultieren in der Regel aus dem Versäumnis, dieses primäre Ziel zu erreichen, und die Revision soll die Unzulänglichkeiten der Erstbehandlung korrigieren. Dabei wird die Revision als Therapie an einem Zahn definiert, der bereits eine zuvor versuchte endgültige Behandlung erhalten hat, mit einem Zustand, der eine weitere endodontische Behandlung erfordert, um den Zahn zu erhalten.

Eine nicht-chirurgische endodontische Nachbehandlung sollte stets die erste Behandlungswahl sein, wenn eine fehlgeschlagene endodontische Behandlung festgestellt wird. Es gibt prinzipiell vier mögliche Vorgehensweisen, über die der Patient aufgeklärt werden muss, um seine Einwilligung zu geben:

- nicht-chirurgische endodontische Nachbehandlung (= Revisionsbehandlung),
- apikale Chirurgie (Wurzelspitzenresektion = WSR),
- Extraktion (mit oder ohne Ersatz; ggf. auch Transplantation),
- keine Behandlung (diese Wahl erfordert eine ordnungsgemäße Dokumentation).

Die Entscheidung über die Therapiealternative ist meist relativ einfach, wenn ein offensichtlicher Grund für den pathologischen Befund festgestellt werden kann.

### 2. Indikationen für eine WSR

Eine endo-chirurgische Maßnahme kann in folgenden Fällen erwogen werden, wenn eine klinische und/oder radiografische Zeichen einer apikalen Parodontitis vorliegen:

- Zähne mit obliteriertem und/oder nicht mehr instrumentierbarem Wurzelkanal (Abb. 1),
- indizierte, aber orthograd nicht durchführbare Wurzelkanalbehand-

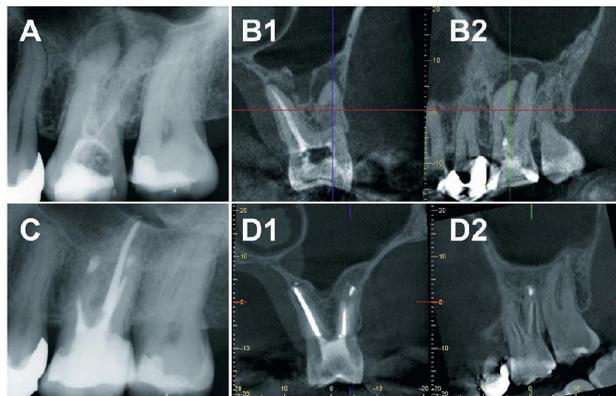
lung bzw. bei erheblichen morphologischen Varianten der Wurzeln (Abb. 1),

- persistierende apikale Parodontitis mit klinischer Symptomatik oder zunehmender radiografischer Osteolyse nach einer vollständigen oder unvollständigen Wurzelkanalfüllung oder Revisionsbehandlung, falls diese nicht oder nur unter unverhältnismäßigen Risiken entfernt oder verbessert werden kann (Abb. 2),
- Fraktur eines Wurzelkanalinstrumentes in Apexnähe, das auf orthogradem Weg nicht entfernbar ist (Abb. 3),
- orthograd nicht mehr korrigierbare apikale Perforationen, die iatrogen in der Primärbehandlung verursacht wurden (Abb. 3 und 4),
- überpresstes Wurzelkanalfüllmaterial mit klinischer Symptomatik oder Beteiligung von Nachbarstrukturen (Kieferhöhle, Mandibularkanal) (Abb. 1–4),
- Wurzelquerfrakturen im apikalen Wurzel Drittel mit Infektion des apikalen Fragmentes,
- bereits resezierte Zähne – als Alternative zur bzw. zur Ergänzung der orthograden Revision, z.B. Verdacht auf apikale In-/Frakturen (Abb. 2),
- Verletzung von Wurzelspitzen im Rahmen chirurgischer Eingriffe (z.B. Zystenentfernung, Probeexzision),
- Zähne mit aufwendiger prothetischer Restauration oder großvolumigem Stiftaufbau (Abb. 5).

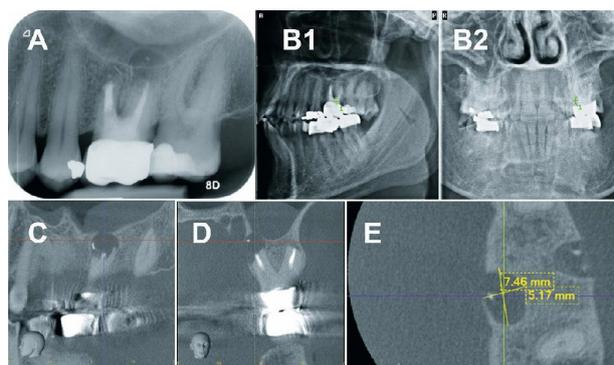
Zur Entscheidung hinsichtlich der Wahl der Therapie sind stets eine gründliche allgemeine und spezielle Anamnese sowie eine umfassende klinische Diagnostik in Kombination mit geeigneten bildgebenden Verfahren obligat.

### 3. Bildgebende Verfahren

In der endodontischen Behandlung sind intraorale Einzelzahnaufnahmen nach wie vor das wichtigste Hilfsmittel zur röntgenologischen Darstellung der Zähne. Die Röntgenstrahlen durchdringen das Gewebe und werden beim Passieren der Gewebe durch Absorption und Streuung abgeschwächt. Die Absorption ist elementabhängig – Strukturen mit Ele-



**Abbildung 1 A** = präoperativer Zahnfilm Zahn 26 mit Z.n. WKB und WF mit iatrogenen Stufenbildung und komplexer Wurzelkanalmorphologie. **B1,2** = koronale und sagittale Ansicht im DVT mit apikalen Parodontitiden. **C** = Jahreskontrolle im Zahnfilm ohne Anzeichen auf pathologische Veränderungen. **D1,2** = koronale und sagittale Ansicht des Zahnes 26 mit kompletter knöcherner Regeneration



**Abbildung 2 A** = Zahnfilm 26 nach multiplen alio loco durchgeführten orthograden und chirurgischen Erhaltungsversuchen. **B1,2** = Voraufnahme in 2 Ebenen zur Einstellung der ROI (region of interest). **C,D** = DVT (sagittal und koronal) durch die palatinale Wurzel mit Mitbeteiligung des Sinus maxillaris (Perforation) und reaktiver Schleimhautschwellung. **E** = maximale Ausdehnung der Osteolyse an der palatinalen Wurzel im axialen Schnitt

menten hoher Ordnungszahlen absorbieren Röntgenstrahlen stärker als solche mit niedrigeren Ordnungszahlen. So entsteht das typische Graustufenbild, das entweder entwickelt werden muss (analoge Technik) oder durch digitale Signalverarbeitung eines Bildempfängers sichtbar gemacht wird. Bei der konventionellen Röntgentechnik wird ein räumliches Objekt zweidimensional auf dem Zahnfilm oder Monitor dargestellt. Überlagerungen, Verzerrungen, Additions- und Subtraktionseffekte sowie Aufhärtungsartefakte können vereinzelt dazu führen, dass einzelne Objekte nicht mehr differenzierbar sind. Wenn beispielsweise bei der Beurteilung periapikaler Strukturen eine überlagerungsfreie Projektion der Wurzeln und deren Unterscheidung nicht möglich ist, ist es indiziert, ggf. zusätzliche exzentrische Aufnahmen (etwa 30° mesial- oder distalexzentrisch von der orthogonalen Einstellung) anzufertigen. Die zusätzlichen Informationen ermöglichen es, auf die dreidimensionale Realität zu schließen. Wenn es jedoch um die Vergleichbarkeit von Einzelaufnahmen (z.B. Verlaufskontrollen) geht, sind stets gleiche Aufnahmewinkel, Belichtungszeiten, Röhrenspannung (kV), Stromstärke (mA) und Sensoren im Sinne von standardisierten Aufnahmen erforderlich.

#### 4. DVT

DVT Aufnahmen entstehen aus multiplen zweidimensionalen Projektionsaufnahmen aus verschiedenen Richtungen während des definierten Umlaufs von Strahlenquelle und Detektor um das Objekt. Diese Einzelprojektionen werden durch mathematische Algorithmen anschließend zu 3D-Daten zusammengesetzt (Primärrekonstruktion). Dem durchstrahlten Objekt werden anhand der Absorptionen im Gewebe entsprechende Grauwerte hinsichtlich der Voxel (= Volumetric Pixel) mittels mathematischer Algorithmen zugeordnet. In der Bildgebung kann eine Graustufenverteilung als mathematische Funktion betrachtet werden und jede Funktion kann über eine unendliche Anzahl von Linien, die durch die Funktion verlaufen, vollständig aus den Integralen wiederhergestellt werden [40]. Das zugrunde liegende Rekonstruktionsprinzip selbst wird als „Rückprojektion“ bezeichnet. Heutzutage wird zur einfachen und schnellen Implementierung der bekannte Feldkamp-Algorithmus in seiner ursprünglichen Form oder in verschiedenen Modifikationen zur Erstellung der Primärrekonstruktion verwendet. Am PC lassen sich dann anschließend in der Sekundärrekonstruktion alle gewünschten Schichtrichtungen des FOV (Field of View = Sichtfeld) erstellen. Der große Vorteil der Aufnahmen ist die Iso-

metrie des Voxels. Es ist in der Länge, Breite und Höhe gleich (Isometrie), daher lassen sich in der DVT auch Längen- und Winkelmessungen durchführen, die frei von jeglichen Überlagerungen sind.

#### 4.1 DVT-assoziierte Artefakte

Treten Differenzen zwischen Abbildung und Realität auf, dann spricht man von Artefakten, die es bei der Befundung stets zu berücksichtigen gilt. Folgende typische Artefakte werden unterschieden:

##### Metallartefakte

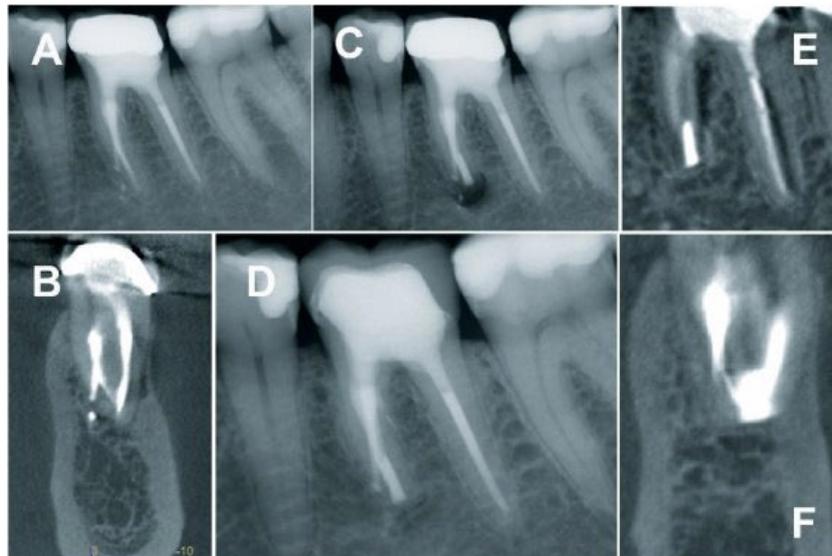
Durch Streuung verursacht: Photonen, die nach Wechselwirkung mit Materie von ihrem ursprünglichen Weg gebeugt werden, tragen zu erhöhten gemessenen Primärintensitäten bei.

##### Auslöschungsartefakte (extinction artefacts)

Besonders dicke und dichte Materialien (z.B. Goldrestorationen) führen zu einer Einfallintensität von „Null“ auf dem Detektor (= komplette Absorption), wodurch keine Absorption berechnet werden kann [38].

##### Aufhärtungsartefakte (beam hardening)

Die Strahlauhärtung ist eine der bekanntesten Quellen für Artefakte [13]. Beim Durchtritt des Strahlen-



**Abbildung 3** **A** = persistierende Beschwerden Zahn 36 bei Z.n. mehrfacher Revision und Perforationsdeckung nach alio loco erfolgter Primärbehandlung. **B** = koronaler Schnitt (DVT) mit extrudiertem Wurzelkanalfüllmaterial im Bereich der Perforationsdeckung. **C** = Z.n. mikrochirurgischer WSR. **D** = Jahreskontrolle (Zahnfilm) ohne Anzeichen auf Pathologie. **E, F** = sagittale und koronale Ebene (DVT) mit vollständiger knöcherner Regeneration und perfekter Angulation der Resektion



**Abbildung 4** latrogen frakturiertes und über den Apex verlagertes Instrument, welches orthograd nicht mehr entfernbar war. **Unten:** Zwei-Jahres-Kontrolle (Zahnfilm 16) mit nahezu vollständiger knöcherner Regeneration (retrograde WF mit Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Frankreich)

spektrums durch dichte Objekte werden Strahlen mit niedrigerer Energie stärker absorbiert. Je dichter das Objekt und je höher die Ordnungszahl, desto größer ist der Anteil der absorbierten Wellenlängen im niedrigerenergetischen Bereich/ lange Wellenlängen. Folglich wirkt das Objekt wie ein Filter und auf den Detektor trifft vor allem bei energiearmem Spektrum relativ mehr energiereiche Strahlung, was zu dunklen Streifen führt. Selbst Leichtmetall wie Titan führt mit den gängigen KV-Zahlen zu Strahlaufhärtingen.

#### Bewegungsartefakte (motion artefacts) (Abb. 6)

Atmung, Pulsschlag, Blinzeln und Muskeltonus führen zu Bewegungen der Objektpunkte während der Expositionszeit, die jedoch als ortständig betrachtet werden. Folglich werden Details in der Rekonstruktion ggf. mehreren Voxeln zugeordnet. Das verursacht sogenannte „Bewegungsunschärfen“ – gerade bei höheren Expositionszeiten. Die Summe der Bewegungsunschärfen (bis zu 1400 µm) kann ein Vielfaches einer Voxelgröße (70–400 µm) ausmachen. So sind die Expositions-

zeit und die Fixierung des Patienten wichtige Faktoren für die zu erwartende Bildqualität.

#### Kantenverlaufsartefakte (exponential edge gradient effect; EEGE)

Dieser Effekt tritt an scharfen Kanten (z.B. Kronenrändern) mit hohem Kontrast zu benachbarten Strukturen auf und besteht aus zarten Streifen bzw. dünnen, abwechselnd dunkel und hellen Linien hinter den Objekten. Er entsteht aufgrund der Differenz zwischen der endlichen Strahl- und Brennfleckweite bei mathematischer Annahme einer Breite von „Null“. Man kann das mit der Halbschattenbildung bei einer Lichtquelle vergleichen.

#### Aliasing Artefakte

Um ein Detail vollständig rekonstruieren zu können, muss die Abtastfrequenz (hier Pixelgröße des Detektors) doppelt so groß sein wie das Objekt (Nyquist-Theorem). Eine sog. „Unterabtastung“ und die Divergenz des Kegelstrahls verursachen die Aliasing-Artefakte, die sich als feines Linienmuster (Moiré-Muster) darstellen, welche zur Peripherie des

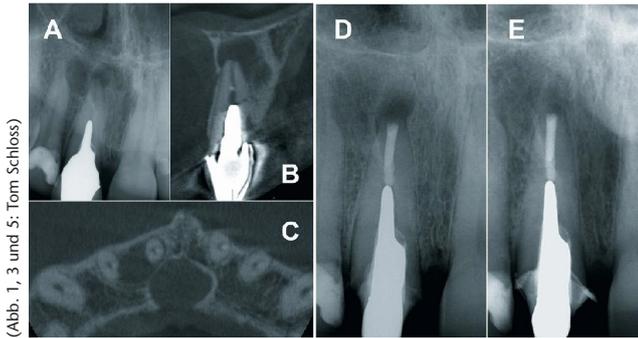
durchstrahlten Volumens hin divergieren [12].

#### Rauschen

Das Rauschen zählt nicht zu den eigentlichen Artefakten, beeinträchtigt aber die DVT-Bildqualität durch Verringerung der Kontrastauflösung von Objektdetails geringer Dichte, die sich folglich schwerer differenzieren lassen – ähnlich einer Digitalkamera, die bei schlechten Lichtverhältnissen Bilder minderer Qualität liefert. Das liegt daran, dass die Stromstärke (mA) aus Gründen der Dosisreduktion erheblich unter der von medizinischen Computertomographen liegt. Dies führt zu einem geringeren Signal-Rausch-Verhältnis [49].

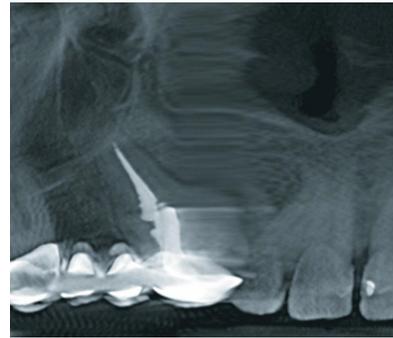
#### 4.2 Digitale Volumentomographie (DVT): rechtliche Grundlagen

Die bildgebende Diagnostik in der Endodontie wird heute wesentlich durch die Möglichkeiten der digitalen Volumentomographie ergänzt. Für die rechtfertigende Indikation sollte vor der Anfertigung einer DVT-Aufnahme stets eine umfangreiche Basisdiagnostik durchgeführt worden sein [17]. Des Weiteren sollten das FOV auf die frag-



(Abb. 1, 3 und 5: Tom Schloss)

**Abbildung 5** A = Zahn 11 mit intaktem und orthograd nur mit hohem Risiko entfernbarem individuell gegossenem Wurzelstift und apikaler Parodontitis. B, C = sagitaler und axialer Schnitt durch die ROI. Anmerkung: neben der apikalen Parodontitis imponiert ein großlumiger Canalis incisivus. D = postoperativer Zahnfilm Zahn 11 nach mikrochirurgischer WSR mit achsgerechter retrograder Präparation und Wurzelkanalfüllung. E = Jahreskontrolle mit kompletter knöcherner Heilung (Zahnfilm 11)



**Abbildung 6** Ausschnitt aus einer Schicht in der Implantat-Ansicht im DVT. Erhebliche Unschärfen durch Patientenbewegung

liche Region begrenzt und eine möglichst hohe nominelle Auflösung angestrebt werden, im Sinne einer Voxelgröße von 125 µm [46], wobei jedoch die tatsächlich erreichbare Ortsauflösung deutlich über der nominellen Größe des Voxels liegt [7, 49].

Dass die DVT in einer Vielzahl der Indikationen im Bereich der Endodontie eine höhere Sensitivität im Vergleich zur herkömmlichen Diagnostik aufweist ist unbestritten [36]. Hinsichtlich des Benefits für die Patienten und der Evidenz zur Abänderung von Therapieplänen gibt es widersprüchliche Aussagen. Während einige Autoren in systematischen Arbeiten sich sehr kritisch mit der DVT und den potenziellen Vor- und Nachteilen befassen [27, 44], beschreiben andere einen weitreichenden Einfluss auf die Therapieentscheidungen für bestimmte Indikationsbereiche – insbesondere für die endodontische Chirurgie [14, 32, 42, 43, 57].

Es stellt sich also grundsätzlich die Frage, wann der ideale Zeitpunkt ist, um ergänzend zur Einzelzahnaufnahme eine DVT zu erstellen (Befunde und Symptome => Behandlungsbedarf => Indikation). Um ggf. auch iatrogene Probleme durch zuvor erfolgte Behandlungen (z.B.: Kanalverlagerungen in bukkolingualer Ausrichtung, Perforationen) zu erkennen, welche einen Einfluss auf den möglichen Erfolg der geplanten Therapie haben [21], kann zur Wahl chirurgischer oder nicht-chirurgischer

Maßnahmen bereits die überlagerungsfreie 3D-Diagnostik indiziert sein. Unabhängig davon ist vor jedem zahnärztlichen Eingriff die Einwilligung des Patienten einzuholen, die nur nach einer umfassenden (evidenzbasierten) Aufklärung über Therapie, Alternativen, Risiken und Nebenwirkungen sowie Prognose erfolgen kann.

### 5. Allgemeine endodontische Indikationen

Allgemeine endodontische Indikationen, wenn die zweidimensionale bildgebende Diagnostik keine oder unzureichende Informationen für die Behandlungsplanung und Prognose liefert oder die vorhandenen klinischen Befunde und Symptome eine entsprechende Verdachtsdiagnose nicht ausreichend absichern:

- periapikale Untersuchung,
- Detektion von Wurzelfrakturen,
- Verdacht auf oder Vorliegen von Perforationen, insbesondere Stiftperforationen (Abb. 2),
- in Einzelfällen, wenn die endodontologische Therapie durch bestimmte Begleitumstände erschwert wird, wie komplexe Anatomie des Wurzelkanalsystems (Abb. 1),
- Planung endodontologisch-chirurgischer Behandlungen, insbesondere dann, wenn erschwerende Faktoren, wie die Gefährdung anatomischer Nachbarstrukturen, vorliegen (Abb. 5),

- Lagebestimmung von intrakanalär frakturierten Wurzelkanalinstrumenten (Abb. 2),
- Beurteilung von apikalen, internen und externen Wurzelresorptionen (Abb. 7),
- Beurteilung der Knochenverhältnisse (insbes. bukkale Kortikalis und Furkationsbereiche) (Abb. 8),
- Zahn- oder dentoalveoläres Trauma,
- obliterierte, kalzifizierte Wurzelkanäle,
- Revisionsbehandlung und/oder Beurteilung von Wurzelkanalfüllungen.

### 5.1 Endochirurgie

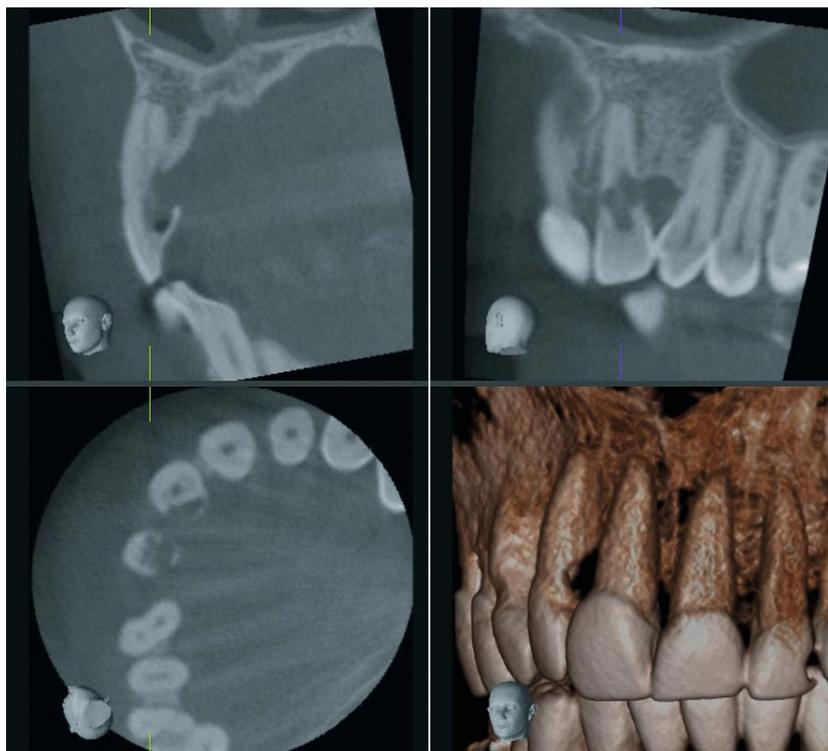
Grundsätzlich wurde durch den vermehrten Einsatz des Operationsmikroskops in der endodontischen Chirurgie eine Vielzahl der Unzulänglichkeiten früherer Techniken überwunden. Dies gilt auch im Zusammenhang mit der Entwicklung mikrochirurgischer Instrumente, achsgerechter retrograder Präparation mit Ultraschallspitzen und neuen biologisch kompatibleren Wurzelendfüllungsmaterialien. Die endodontische Mikrochirurgie ist eine minimalinvasive Technik, die mit weniger postoperativen Schmerzen, Ödemen und einer schnelleren Wundheilung assoziiert ist und eine deutlich höhere Erfolgsrate als die traditionelle apikale Chirurgie aufweist [19].

Als Komponente, Schlüsselkonzept und wichtigen Verfahrensschritt

der endodontischen Mikrochirurgie wird auch die dreidimensionale Diagnostik genannt. Die Vorteile der dreidimensionalen Diagnostik ergeben sich klar aus der überlagerungsfreien Darstellung aller Details und ihrer benachbarten Strukturen. Auch wenn endochirurgische Maßnahmen in der „prä-DVT-Ära“ stets mit herkömmlicher Diagnostik geplant und durchgeführt wurden, sollte die DVT heutzutage gerade in komplexen Fällen als diagnostischer „State of the art“ angesehen werden. Die DVT stellt eine wertvolle diagnostische Hilfe bei der Entscheidungsfindung dar [1, 34]. Betrachtet man alleine die anatomischen Nachbarstrukturen, die im Rahmen eines endochirurgischen Eingriffes verletzt werden könnten, so erscheint eine Kenntnis der exakten Strukturen sinnvoll. Foramen mentale, Sinus maxillaris, Underwood-Septen in der Kieferhöhle (Abb. 9), Nervus alveolaris inferior, Canalis retromolaris, Spina nasalis, Canalis incisivus, Ductus nasopalatinus und Nasenboden können sicher diagnostiziert und in ihrer tatsächlichen Lagebeziehung zu den Apices evaluiert werden [8, 29, 37, 56] (Abb. 10). Die Komplexität der Fälle steigt mit der Destruktion der kortikalen Strukturen mit oder ohne Kommunikation zum marginalen Parodont oder den sogenannten „through-and-through“-Defekten (orale und vestibuläre Kortikalis betroffen) (Abb. 8 und 9). Hier sind in der Regel Membranen zur Regeneration erforderlich (GBR/GTR) [61]. Damit ergibt sich hinsichtlich der Therapieentscheidung für oder gegen den Zahnerhalt und zur Therapieplanung für den etwaigen operativen Eingriff eine (dringende) Notwendigkeit zur 3D-Diagnostik.

### 5.2 Nicht-endodontisch-chirurgische Maßnahmen

Des Weiteren kann man auch bei primär nicht-endodontisch-chirurgischen Maßnahmen Informationen hinsichtlich der Therapieentscheidung erhalten. Im Hinblick auf die Therapie von externen zervikalen Resorptionen (ECR = external cervical resorption) ist bereits auf Basis der 3D-Diagnostik eine neue Klassifikation implementiert worden [33]. Die



**Abbildung 7** Externe invasive zervikale Resorption (EICR) Zahn 12. Ausdehnung bis ins mittlere Wurzel Drittel, zirkumferente Ausdehnung > 270 °, mögliche Pulpabeteiligung: DVT-basierte Klassifikation Zahn 12 = 3Dp; zusätzlich Zahn 11 betroffen = 2Bd

se neue Klassifikation erlaubt eine verlässlichere Therapieentscheidung, eine effektive und genaue Kommunikation zwischen den Kollegen sowie eine verlässlichere Aussage hinsichtlich der Prognose der betroffenen Zähne.

Ebenso kann man für nicht erhaltungswürdige Zähne so ggf. im Hinblick auf eine mögliche (Auto-)Transplantation von Zähnen bereits im Vorfeld Analoga drucken lassen und so das Transplantatbett (Empfängerbett) ideal an das Transplantat anpassen ohne es zu schädigen [5, 23, 58].

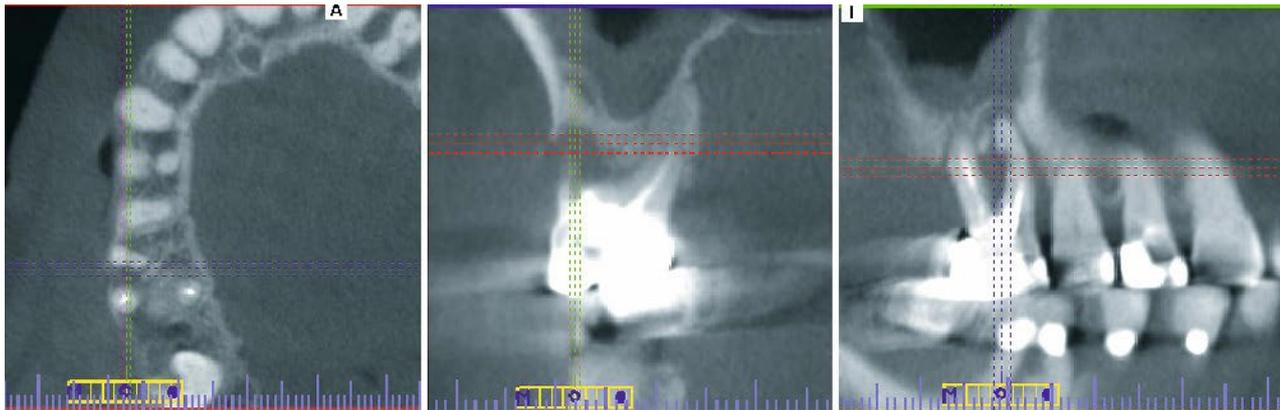
### 5.3 Navigierte endodontische Chirurgie

Als neues Feld kann man auch die „Guided surgery“ ansehen. Es gibt mittlerweile einige Fallberichte die erfolgreich mittels navigierter, geführter Chirurgie – basierend auf DVT-Daten – chirurgische Eingriffe durchgeführt haben. Die Größe des Knochenfensters, die Angulation und die Tiefe des Trepanbohrers können präoperativ geplant und definiert und entsprechende Schablonen angefertigt werden. Nach der Präparation des

Mukoperiostlappens erfolgt die WSR dynamisch navigiert mithilfe einer stereoskopischen Motion-Tracking-Kamera (computergesteuerte Bewegungsverfolgung) oder direkt und simultan mittels eines schablonengeführten Trepanbohrers [3, 20, 52, 53]. In Kadaverstudien zeigte sich die Verwendung von DVT-basierten chirurgischen Schablonen als genauere Methode für den Zugang zur Wurzelspitze im Vergleich zu einer „freihändigen“ DVT-gestützten Methode [2, 18].

### 5.4 Navigierte Endodontie

Abzugrenzen dazu ist hier auch die navigierte Endodontie, die sich als Therapieoption bereits etabliert hat. Anstatt eines chirurgischen Eingriffes kann in speziellen Fällen auch ein navigiertes orthogrades Vorgehen basierend auf DVT-Daten in Erwägung gezogen werden. Tiefe und Richtung der Trepanationsöffnung lassen sich durch eine exakte Planung und die Anfertigung einer passenden Bohrschablone festlegen, wobei entweder intraorale Scans (STL-Daten) mit den dreidimensionalen Daten verknüpft



**Abbildung 8** Überlagerungsfreie axiale, koronale und sagittale Schicht (Zahn 16) mit Verlust der bukkalen Lamelle und des interradiikulären Knochens sowie einer apikalen Parodontitis

oder die DICOM-Daten alleine zur Herstellung der Schablonen herangezogen werden. So ist ein sicheres Auffinden des obliterierten Kanalsystems in „tiefen“ Wurzelbereichen möglich und der operative Eingriff kann somit vermieden werden [26, 28]. Der erhöhte finanzielle und zeitliche Aufwand für die Erstellung der Schiene sowie die ggf. erhöhte Strahlenbelastung sind zu berücksichtigen.

## 6. „Treatment outcome“ in der Endochirurgie

Traditionell werden die Erfolgsraten in der Endodontie mittels Einzelzahnaufnahmen mit dem PAI (periapical Index) bestimmt, während im Zusammenhang mit endodontisch-chirurgischen Eingriffen die Klassifikation nach Rud und Molven herangezogen wird [30, 31, 45]. Hierbei wird der Periapex der Wurzeln in der Summationsaufnahme hinsichtlich etwaiger Pathologien (insbesondere Osteolysen und Erweiterung des PA-Spalts) analysiert und bewertet. Die Bewertung der Behandlungsverläufe mittels Einzelzahnaufnahmen ist trotz der immanenten Limitationen (Überlagerungen, Verzerrungen, Additions- und Subtraktionseffekte sowie Aufhärtungsartefakte) in der Literatur fest verankert. Das garantiert die Vergleichbarkeit zu älteren Studien sowie eine gute Strahlenhygiene.

In Studien wurden eine Reihe von Prädiktoren für einen Therapieerfolg endochirurgischer Therapien beschrieben, wobei diese insbesondere durch eine Abnahme der kristallinen Höhe indirekt negativ beeinflusst

werden. Auch Wurzeldefekte, das Vorhandensein präoperativer klinischer Anzeichen und bereits erfolgte retrograde Wurzelkanalfüllungen, Größe der Läsion, achsgerechte retrograde Präparation werden als Faktoren diskutiert [22] (Abb. 1–5). Zusammenfassend wurden positive Behandlungsergebnisse in bis zu 94 % der Fälle durch mikrochirurgische Techniken nachgewiesen [11, 41, 55]. Dabei scheinen die mikrochirurgischen Verfahren erfolgsversprechender zu sein als die traditionellen Techniken [50], weshalb die Mikrochirurgie zumindest in der Spezialistenpraxis als „State of the art“ angesehen werden kann [11, 19, 24, 50, 51].

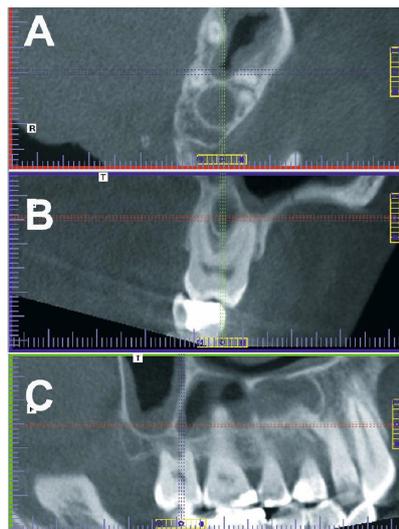
Wenn man die DVT zur Erfolgskontrolle einsetzt, können deutlich mehr Indizes (z.B.: Dicke des kortikalen Knochens, Resektionsfläche und -winkel, achsgerechte Lage der retrograden WF) erhoben und somit die Heilung genauer bewertet werden [60] (Abb. 1 und 3). Es wurden reliable DVT-basierte periapikale Indices vorgeschlagen [15, 16] und mittlerweile gibt es einige Studien, die die traditionelle zweidimensionale (2D) und dreidimensionale (3D) Heilung bei endochirurgischen Eingriffen evaluieren [10, 47, 54, 59]. Alle Studien legen nahe, dass die DVT eine bis zu 1/3 höhere Sensitivität in der Detektion pathologischer Strukturen aufweist als Einzelzahnaufnahmen. Dennoch rechtfertigt das nicht die DVT-Analyse zur periapikalen Diagnose als Standardmethode [27], auch wenn als klarer Vorteil der 3D-Evaluation das exakte Ausmessen und der Ver-

gleich des Volumens ( $\text{cm}^3$ ) etwaiger prä- oder postoperativer Osteolysen angesehen werden kann (Abb. 2). Dies kann im Hinblick auf den Einfluss regenerativer Techniken (GBR/GTR) auf die Heilung wertvolle Hinweise geben [24] und Klarheit darüber bringen, ob eine vollständige Heilung/Regeneration eingetreten ist und ob die einjährige Verlaufskontrolle ausreicht, um eine Ausheilung (uncertain healing) zu beurteilen. Eine durch die ossäre Zugangskavität bedingte Einziehung im kortikalen Bereich kann nur so sicher von anderen Pathologien oder osteolytischen Prozessen abgegrenzt werden. Unabhängig davon sind eine exakte Beurteilung und die Differenzierung apikaler Pathologien und der Nachweis auf eine etwaige Malignität nur durch eine histologische Untersuchung ganz sicher möglich [6].

## 7. Strahlenhygiene

In der Regel spricht das Risiko-Nutzen-Verhältnis in Bezug auf die Strahlenexposition bei der Diagnostik und den Nachkontrollen für die konventionelle zweidimensionale Röntgentechnik, die bei Anfertigung eines Zahnfilms mit einer effektiven Dosis von 0,6–5  $\mu\text{Sv}$  vergesellschaftet ist, während die DVT nach dem SEDENTEXCT-Konsortium Report bei adaptierten Einstellungsparametern und kleinem FOV mit 19–55  $\mu\text{Sv}$  auskommen kann [35].

Allerdings unterscheiden sich DVT-Geräte sowohl in der Technik (Sensor, Detektor) als auch der Bildrate, der Rotationszeit und dem Rota-



**Abbildung 9** A,B,C = axiale, koronale und sagittale Schnitte regio 17. Zwischen den bukkalen Wurzeln und der palatinalen Wurzel erstreckt sich ein Septum im Sinus maxillaris (Underwood-Septum).



**Abbildung 10** Koronaler, axialer und sagittaler Schnitt regio 23. Ausgedehnter osteolytischer Prozess ausgehend von Zahn 23 mit Verlust der knöchernen Barriere zum Nasenboden sowie der palatinalen Kortikalis (palatum durum)

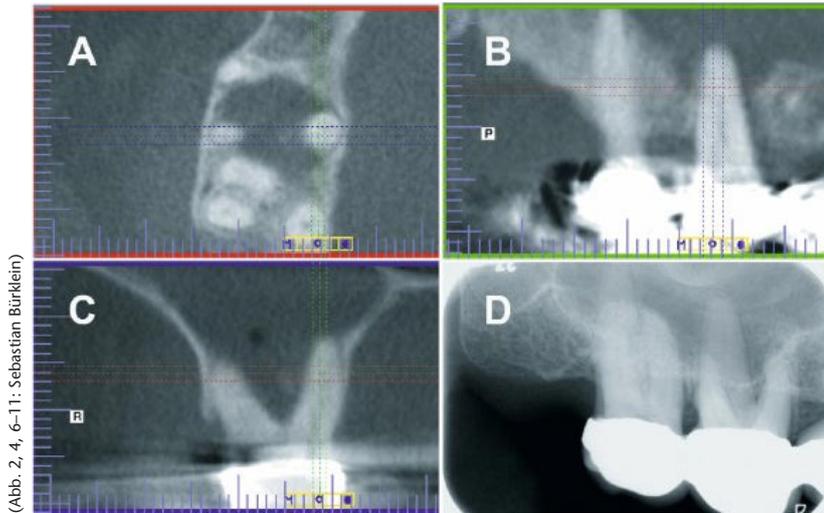
tionswinkel bei der Exposition des Patienten, sodass die effektiven Dosen bei vergleichbaren Parametern extrem variieren können (Faktor 20 bis 170) [4, 35]. Im Allgemeinen wird über eine höhere Anzahl von Basisprojektionen ein höher auflösendes und kontrastreicheres Bild erzeugt. Dem steht aber eine dadurch bedingte höhere Strahlendosis entgegen. In den meisten DVT-Geräten werden daher Programme implementiert, die zum einen die Anzahl der Basisprojektionen (high dose) oder die Strahlendosis reduzieren (low dose). Je höher die Auflösung ist, umso höher ist die hierzu notwendige Strahlendosis bei gleichem Field-of-View (FOV), weil im hochauflösenden Modus mehr Rohaufnahmen angefertigt werden, was immer mit einer verlängerten Expositionszeit verbunden ist. Wenn man allerdings mit einer reduzierten Anzahl von Rohaufnahmen zur Dosisreduktion arbeitet, kann das die Gefahr von Bewegungsartefakten erhöhen (Abb. 6).

Die Höhe des Field-of-View (FOV) gilt dennoch als wichtigster Faktor für die Strahlendosis. Die gängigen, modernen DVT-Geräte ermöglichen je nach Detektorgröße, Bauart und voreingestellten Parametern die Anfertigung unterschiedlich großer Volumina (z.B.: Zylinder mit einem Durchmesser von 12–15 cm, 8–11 cm oder 3–5 cm mit entsprechender Höhe). Mit der Funktion von „Pre-Shots“ (Voraufnahmen) (Abb. 2 B1,2) aus 2 Ebenen kann die exakte Ausrichtung des Volumens mit der ROI (Region of Interest) sicher gewährleistet werden. Für endodontische Fragestellungen sollte immer das kleinste mögliche Volumen gewählt werden, das für die diagnostische Aufgabe ausreichend ist. Geringere Strahlendosis und die auf die ROI limitierte Befundung sind damit assoziiert. Durch die Verpflichtung der Befundung des gesamten Volumens entfallen hierbei im Gegensatz zu großen FOVs die Diagnostik und Interpretation kranialer Strukturen, die u.U.

den versierten Zahnmediziner in den Grenzbereich führt. Dies führte bereits zu Forderungen nach einer intensivierten DVT-spezifischen Ausbildung für Zahnärzte sowohl in der studentischen Ausbildung als auch in postgraduierten Kursen und Studiengängen [39].

## 8. Zusammenfassung

Das routinemäßige Anfertigen von dreidimensionalen Aufnahmen (hier: DVT) mit entsprechender Feldeingrenzung ist derzeit nicht „State of the art“ in der endodontischen Diagnostik und Nachsorge. Nach der Strahlenschutzverordnung „muss“ für jede Röntgenaufnahme eine rechtfertigende Indikation durch den Behandler gestellt werden. Hierbei muss die Belastung des Patienten durch ionisierende Strahlen nach dem ALARA Prinzip („As Low As Reasonably Achievable“) berücksichtigt werden. Somit muss der Behandler stets entscheiden, ob durch die Unterlassung der Anfertigung der Rönt-



**Abbildung 11 A,B,C** = axiale, sagittale und koronale Ebene regio 16. Die DVT-Schnitte zeigen den Verlust der basalen Knochenstrukturen im Furkationsbereich des betroffenen Zahns. Mund-Antrum-Verbindung durch fortgeschrittene Parodontitis (keine primär endodontische Ursache). **D** = dazugehöriger Zahnfilm regio 16, der die Destruktion nicht adäquat widerspiegeln kann

genaufnahme das Patientenwohl stärker kompromittiert wird als durch die dabei auftretende ionisierende Strahlung und deren Folgen, auch wenn es aktuelle Hinweise gibt, dass sich das Krebsrisiko durch eine Exposition mit niedrig dosierter Strahlung mit einer kumulativen Dosis von bis zu 100 mSv scheinbar nicht erhöht [48]. Das führt möglicherweise zur Ablösung von ALARA zu ALADA („As Low As Diagnostically Acceptable“ = frei übersetzt: so gering wie für die [adäquate] Diagnostik akzeptabel).

Unabhängig davon ist die 3D-Diagnostik in der Endodontie nicht mehr wegzudenken und für versierte Kollegen und Spezialisten zu einem echten „Gamechanger“ geworden. Die zunehmende Komplexität der Fälle gerade in den Spezialistenpraxen sorgt für eine „Negativauswahl“ an vermeintlich hoffnungslosen Fällen. Hier ist aufgrund der u.U. multiplen zuvor erfolgten Behandlungs- und Rettungsversuche mit ggf. iatrogenen Wurzelkanalverlagerungen und/oder Perforationen [21] eine realistische Einschätzung zur Erhaltungsfähigkeit der betroffenen Zähne nicht mehr ohne eine räumliche, überlagerungsfreie Darstellung aller beteiligten Strukturen möglich. Das könnte möglicherweise zu einer hö-

heren Anzahl an Indikationsstellungen durch die spezialisierten Kollegen führen. Diese weisen nicht nur in der Therapie, sondern auch in der Diagnostik dieser komplexen Fälle eine besondere Expertise auf (Abb. 11). Für Vieles gilt: Das Häufige ist häufig, das Seltene ist selten, aber mit besonderer Expertise wird irgendwann das Seltene häufig und das erfordert ggf. erweiterte diagnostische Maßnahmen. Nur so können seriöse Therapieplanungen mit Einschätzung der Prognose der zu behandelnden Zähne und die adäquate (evidenzbasierte) Aufklärung der Patienten erfolgen. Das trifft insbesondere auf die chirurgische Endodontie zu, da hier das maximale Ausmaß der nicht erfolgreichen Vorbehandlungen erreicht ist. Mit den multiplen anatomisch bedeutsamen Nachbarstrukturen gilt es mittels geeigneter Diagnostik und Bildgebung den medizinischen Grundsatz „nihil nocere“ einzuhalten, weshalb der DVT hier ein besonderer Stellenwert zuzuschreiben ist. Allerdings ist die Indikationsstellung für die Nachsorge (follow-up) strenger zu stellen, zumal der bereits klinische Befund (Calor, Rubor, Dolor, Tumor, Functio laesa) neben der Bildgebung (herkömmlicher periapikaler Zahnfilm) wichtige Hinweise auf die Heilung liefert.

Die Frage nach dem richtigen Zeitpunkt für die Anfertigung einer DVT als alleiniges bildgebendes Diagnostikum oder zusätzlich zum Einzelzahnfilm oder OPG hängt folglich von vielen Faktoren ab und ist immer eine indikationsbezogene Einzelfallentscheidung.

## Interessenkonflikte

Birger Thonemann gibt an, dass er ein DVT in der eigenen Praxis betreibt. Die anderen Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

## Literatur

1. AAE and AOMR Joint position statement. Use of cone beam computed tomography in endodontics 2015 update. *J Endod* 2015; 41: 1393–1396
2. Ackerman S, Aguilera FC, Buie JM et al.: Accuracy of 3-dimensional-printed endodontic surgical guide: a human cadaver study. *J Endod* 2019; 45: 615–618
3. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E: Computer-aided design/computer-aided manufacturing-guided endodontic surgery: guided osteotomy and apex localization in a mandibular molar with a thick buccal bone plate. *J Endod* 2018; 44: 665–670
4. Al-Okshi A, Lindh C, Salé H, Gunnarsson M, Rohlin M: Effective dose of cone beam CT (CBCT) of the facial skeleton: a systematic review. *Br J Radiol* 2015; 88: 20140658
5. Anssari Moin D, Verweij JP, Waars H, van Merkesteyn R, Wismeijer D: Accuracy of computer-assisted template-guided autotransplantation of teeth with custom three-dimensional designed/printed surgical tooling: a cadaveric study. *J Oral Maxillofac Surg* 2017; 75: 925.e1–925.e7
6. Bornstein MM, Bingisser AC, Reichart PA, Sendi P, Bosshardt DD, von Arx T: Comparison between radiographic (2-dimensional and 3-dimensional) and histologic findings of periapical lesions treated with apical surgery. *J Endod* 2015; 41: 804–811
7. Bruellmann D, Schulze R: Spatial resolution in cbct machines for dental/maxillofacial applications|what do we know today? *Dento Maxillofac Radiol* 2015; 44: 20140204
8. Bürklein S, Grund C, Schäfer E: Relationship between root apices and the mandibular canal: a cone-beam com-

- puted tomographic analysis in a German population. *J Endod* 2015; 41: 1696–1700
9. Chong BS, Dhessi M, Makdissi J: Computer-aided dynamic navigation: a novel method for guided endodontics. *Quintessence Int* 2019;50:196–202
10. Christiansen R, Kirkewang LL, Gotfredsen E, Wenzel A: Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dento Maxillofac Radiol* 2009; 38: 531–536
11. Curtis DM, VanderWeele RA, Ray JJ, Wealleans JA: Clinician-centered outcomes assessment of retreatment and endodontic microsurgery using cone-beam computed tomographic volumetric analysis. *J Endod* 2018; 44: 1251–1256
12. de Man B, Basu S: Distance-driven projection and backprojection in three dimensions. *Phys Med Biol* 2004; 49: 2463–2475
13. de Man B: Metal streak artefacts in X-ray computed tomography: a simulation study. *IEEE Trans Nuc Sci* 1999; 46: 691–696
14. Ee J, Fayad MI, Johnson BR: Comparison of endodontic diagnosis and treatment planning decisions using cone-beam volumetric tomography versus periapical radiography. *J Endod* 2014; 40: 910–916
15. Esposito S, Cardaropoli M, Cotti E: A suggested technique for the application of the cone beam computed tomography periapical index. *Dento Maxillofac Radiol* 2011; 40: 506–512
16. Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JR, Pécora JD: A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2008; 34: 1325–1331
17. European Commission. Radiation protection no 172: cone beam ct for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. a report prepared by the sedentext project, 2012
18. Fan Y, Glickman GN, Umorin M, Nair MK, Jalali P: A novel prefabricated grid for guided endodontic microsurgery. *J Endod* 2019; 45: 606–610
19. Floratos S, Kim S: Modern endodontic microsurgery concepts: a clinical update. *Dent Clin North Am* 2017; 61: 81–91
20. Giacomino CM, Ray JJ, Wealleans JA: Targeted endodontic microsurgery: a novel approach to anatomically challenging scenarios using 3-dimensional-printed guides and trephine burs – a report of 3 cases. *J Endod* 2018; 44: 671–677
21. Gorni FG, Gagliani MM: The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 2004; 30: 1–4
22. Guerreo CG, Quijano Guaugue S, Molano N, Pineda GA, Nino-Barrera JL, Marin-Zuluaga DJ: Predictors of clinical outcomes in endodontic microsurgery: a systematic review and meta-analysis. *G Ital Endod* 2017; 31: 2–13
23. He W, Tian K, Xie X, Wang E, Cui N: Computer-aided autotransplantation of teeth with 3D printed surgical guides and arch bar: a preliminary experience. *PeerJ* 2018; 6: e5939. doi:10.7717/peerj.5939
24. Kang M, In Jung H, Song M, Kim SY, Kim HC, Kim E: Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis. *Clin Oral Investig* 2015; 19: 569–582
25. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon TC, Lee CY, Kim E: Influence of size and volume of periapical lesions on the outcome of endodontic microsurgery: 3-dimensional analysis using cone-beam computed tomography. *J Endod* 2016; 42: 1196–1201
26. Krastl G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kühl S: Guided endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dent Traumatol* 2016; 32: 240–246
27. Kruse C, Spin-Neto R, Wenzel A, Kirkewang LL: Cone beam computed tomography and periapical lesions: a systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model. *Int Endod J* 2015; 48: 815–828
28. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Machado VC, Santa-Rosa CC: A new approach for minimally invasive access to severely calcified anterior teeth using the guided endodontics technique. *J Endod* 2018; 44: 1578–1582
29. López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Falcão A, Falcão C, Ríos-Santos JV, Herrero-Climent M: Thickness of the buccal bone wall and root angulation in the maxilla and mandible: an approach to cone beam computed tomography. *BMC Oral Health* 2018; 18: 194. doi:10.1186/s12903-018-0652-x
30. Molven O, Halse A, Grung B: Incomplete healing (scar tissue) after periapical surgery – radiographic findings 8 to 12 years after treatment. *J Endod* 1996; 22: 264–268
31. Molven O, Halse A, Grung B: Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987; 16: 432–439
32. Mota de Almeida FJ, Knutsson K, Flygare L: The effect of cone beam CT (CBCT) on therapeutic decision-making in endodontics. *Dento Maxillofac Radiol* 2014; 43: 20130137. doi:10.1259/dmfr.20130137.
33. Patel S, Foschi F, Mannocci F, Patel K: External cervical resorption: a three-dimensional classification. *Int Endod J* 2018; 51: 206–214
34. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Manocci F: European Society of Endodontology position statement: use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int Endod J* 2019; 52:1675–1678
35. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B et al.: SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* 2012; 81: 267–271
36. Petersson A, Axelsson S, Davidson T et al.: Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. *Int Endod J* 2012; 45: 783–801
37. Porto OCL, Silva BSF, Silva JA et al.: CBCT assessment of bone thickness in maxillary and mandibular teeth: an anatomic study. *J Appl Oral Sci* 2020; 28: e20190148
38. Prell D, Kyriakou Y, Beister M, Kalender WA: A novel forward projection-based metal artifact reduction method for flat-detector computed tomography. *Phys Med Biol* 2009; 54: 6575–6591
39. Rabiee H, McDonald NJ, Jacobs R, Aminlari A, Inglehart MR: Endodontics program directors', residents', and endodontists' considerations about CBCT-related graduate education. *J Dent Educ* 2018; 82: 989–999
40. Radon J: Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten. *Ber Verh Sächs Akad Wiss Leipzig, Math Phys Kl* 1917; 69: 262–277
41. Riis A, Taschieri S, Del Fabbro M, Kvist T: Tooth survival after surgical or nonsurgical endodontic retreatment: long-term follow-up of a randomized clinical trial. *J Endod* 2018; 44: 1480–1486
42. Rodríguez G, Abella F, Durán-Sindreu F, Patel S, Roig M: Influence of cone-beam computed tomography in clinical decision making among specialists. *J Endod* 2017; 43: 194–199
43. Rodríguez G, Patel S, Durán-Sindreu F, Roig M, Abella F: Influence of cone-beam computed tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists. *J Endod* 2017; 43: 1433–1437
44. Rosen E, Taschieri S, Del Fabbro M, Beitlitum I, Tsesis I: The diagnostic efficacy of cone-beam computed tomography in endodontics: a systematic review and analysis by a hierarchical model of efficacy. *J Endod* 2015; 41: 1008–1014
45. Rud J, Andreasen JO, Jensen JE: Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg* 1972; 1: 195–214

46. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG: Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009; 2009: 634567. doi:10.1155/2009/634567

47. Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, Setzer FC: A comparison of 2- and 3-dimensional healing assessment after endodontic surgery using cone-beam computed tomographic volumes or periapical radiographs. *J Endod* 2017; 43: 1072–1079

48. Schultz CH, Fairley R, Murphy LS, Doss M: The risk of cancer from CT scans and other sources of low-dose radiation: a critical appraisal of methodologic quality. *Prehosp Disaster Med* 2020; 35: 3–16

49. Schulze R, Heil U, Groß D et al.: Artefacts in CBCT: a review. *Dento Maxillofac Radiol* 2011; 40: 265–273

50. Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S: Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature – part 2: comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod* 2012; 38: 1–10

51. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S: Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature – part 1: comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* 2010; 36: 1757–1765

52. Strbac GD, Schnappauf A, Giannis K, Moritz A, Ulm C: Guided modern endodontic surgery: a novel approach for guided osteotomy and root resection. *J Endod* 2017; 43: 496–501

53. Sutter E, Lotz M, Rechenberg DK, Stadlinger B, Rücker M, Valdec S: Guided apicoectomy using a CAD/CAM drilling template. *Int J Comput Dent* 2019; 22: 363–369

54. Tanomaru-Filho M, Jorge ÉG, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JM, Spin-Neto R, Gonçalves M: Two- and tridimensional analysis of periapical repair after endodontic surgery. *Clin Oral Investig* 2015; 19: 17–25

55. Tsesis I, Rosen E, Taschieri S et al.: Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod* 2013; 39: 332–339

56. Uğur Aydın Z, Göller Bulut D: Relationship between the anatomic structures and mandibular posterior teeth for endodontic surgery in a Turkish population: a cone-beam computed tomographic analysis. *Clin Oral Investig* 2019; 23: 3637–3644

57. Venskutonis T, Plotino G, Juodzbalys G, Mickevičienė L: The importance of cone-beam computed tomography in the management of endodontic problems: a review of the literature. *J Endod* 2014; 40: 1895–1901

58. Verweij JP, Jongkees FA, Ansari Moin D, Wismeijer D, van Merkesteyn JPR: Autotransplantation of teeth using computer-aided rapid prototyping of a three-dimensional replica of the donor tooth: a systematic literature review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2017; 46: 1466–1474

59. von Arx T, Janner SF, Hänni S, Bornstein MM: Agreement between 2D and 3D radiographic outcome assessment

one year after periapical surgery. *Int Endod J* 2016; 49: 915–925

60. von Arx T, Janner SF, Hänni S, Bornstein MM: Evaluation of new cone-beam computed tomographic criteria for radiographic healing evaluation after apical surgery: assessment of repeatability and reproducibility. *J Endod* 2016; 42: 236–242

61. von Arx T, Cochran DL: Rationale for the application of the GTR principle using a barrier membrane in endodontic surgery: a proposal of classification and literature review. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001; 21: 127–139



(Foto: Sebastian Bürklein)

**PROF. DR. SEBASTIAN BÜRKLEIN**  
Zentrum für Zahn-, Mund- und  
Kieferheilkunde, Universitätsklinikum  
Münster  
Zentrale Interdisziplinäre  
Ambulanz (ZIA)  
Albert-Schweitzer-Campus 1/W30  
48149 Münster  
sebastian.buerklein@ukmuenster.de

## Autorinnen und Autoren für wissenschaftliche Beiträge gesucht

- Beschäftigen Sie sich mit einem zahnärztlichen Thema besonders intensiv?
- Möchten Sie andere an Ihrem Wissen und Ihren Erfahrungen teilhaben lassen?
- Dann schreiben Sie eine Originalarbeit, einen Übersichtsartikel oder einen Fallbericht für die DZZ – gerne in deutscher Sprache.

Nähere Informationen zum Aufbau eines wissenschaftlichen Beitrages finden Sie unter:

<https://www.online-dzz.de/autorengutachter/>

Wir beraten Sie gern! Wenn Sie eine Idee für einen wissenschaftlichen Beitrag haben, melden Sie sich gerne bei der DZZ-Schriftleitung. Unsere Kontaktdaten finden Sie auf der neuen Webseite unter

<https://www.online-dzz.de/redaktion/>

Roland Weiger

# Wurzelkanalspülung: Wie viel Aktivierung muss sein?\*

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten?

Eine effiziente Wurzelkanalspülung ist unverzichtbarer Bestandteil einer Wurzelkanalbehandlung. Der Beitrag informiert über die Wirksamkeit von schall-, ultraschall- und laserunterstützter Spülmethode.

**Einleitung:** Aktuell gängige Systeme zur Aktivierung von Spüllösungen nutzen mehrheitlich Schall, Ultraschall oder Laser. Abzugrenzen ist die einfache Form der manuellen dynamischen Aktivierung.

**Methoden:** Im Vergleich zu der klassischen Spültechnik führen die beschriebenen Methoden experimentell im Allgemeinen zur Erhöhung der Reinigungswirkung (Entfernung von Pulpagewebe und Debris, Eindringtiefe in das Wurzelzementin, antibakterielle Wirkung, Entfernung von Kalziumhydroxid). Graduelle Unterschiede scheinen eher Folge des gewählten Versuchsaufbaus und des verwendeten Materials zu sein.

**Ergebnis und Schlussfolgerung:** Da vergleichende klinische Studien weitgehend fehlen und die Vorteile eines definierten Spülprotokolls unter Einbeziehung der Aktivierung der Spüllösung im klinischen Einsatz bis dato nicht belegt sind, lässt sich aus den vorliegenden experimentellen Untersuchungen lediglich eine Empfehlung zu deren Anwendung ableiten. Ebenso lassen sich verschiedene Vorgehensweisen im Hinblick auf die Aktivierungsmethode rechtfertigen.

**Schlüsselwörter:** aktivierte Wurzelkanalspülung; Laser; Wurzelkanalaufbereitung; Wurzelkanalbehandlung; Ultraschall

Leiter der Klinik für Parodontologie, Kariologie und Endodontologie, Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel (UZB), 4058 Basel, Schweiz: Prof. Dr. Roland Weiger

\*Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Weiger R: Root canal irrigation: How much activation is necessary? Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 64–70

Zitierweise: Weiger R: Wurzelkanalspülung: Wie viel Aktivierung muss sein? Dtsch Zahnärztl Z 2021; 76: 96–103

Peer-reviewed article: eingereicht: 01.10.2020, revidierte Fassung akzeptiert: 27.10.2020

DOI.org/10.3238/dzz.2021.0009

## Root canal irrigation: How much activation is necessary?

**Introduction:** Current systems for activating irrigation solutions mainly use sound, ultrasound or laser. The simple form of manual dynamic activation must be differentiated.

**Methods:** In comparison to the conventional irrigation technique, the described methods generally result in a greater cleaning effect under experimental conditions (removal of pulp tissue and debris, penetration depth into the root dentin, antibacterial effect, removal of calcium hydroxide). Gradual differences seem to be the result of the chosen experimental setup and the material used.

**Result and Conclusion:** Given that comparative clinical studies are largely lacking and the advantages of a defined irrigation protocol involving the activation of the irrigation solution have not been clinically proven so far, only a recommendation for their application can be derived from existing experimental studies. Also, with respect to the activation method, different approaches can be justified.

**Keywords:** activated root canal irrigation; laser; root canal preparation; root canal treatment; ultrasound

### Einleitung

Neben der mechanischen Bearbeitung der Hauptwurzelkanäle bedarf es einer suffizienten chemischen Aufbereitung des Wurzelkanalsystems mittels Wurzelkanalspülung. Hieraus leitet sich der Begriff der chemo-mechanischen Aufbereitung ab. Der Grund liegt in den Grenzen der mechanischen Bearbeitung und in der Komplexität des Wurzelkanalsystems. Handinstrumente ebenso wie rotierende Wurzelkanalinstrumente bearbeiten die Kanalwände der Hauptwurzelkanäle nicht vollumfänglich und erreichen die Ausläufer des Wurzelkanalsystems nicht. Trotz sorgfältiger Aufbereitung bleiben in der Regel mindestens 35 % der Wurzelkanalinflächen unbearbeitet [11, 21]. So bedarf es einer effizienten Wurzelkanalspülung, die neben den Hauptkanälen Isthmen, Seitenkanäle und offene Dentintubuli reinigt und je nach mikrobieller Besiedelung desinfiziert.

Im besten Fall lässt sich der Beitrag einer bestimmten Spültechnik am klinischen Erfolg der endodontischen Behandlung bewerten [4]. Voraussetzung bei einer vergleichenden

klinischen Untersuchung wäre, dass alle weiteren relevanten und heute bekannten Einflussgrößen weitgehend identisch sind oder innerhalb der Vergleichsgruppen gleich verteilt sind. Vor dem Hintergrund der Vielzahl der Variablen, die einen Einfluss auf die Prognose eines Zahnes nach Wurzelkanalbehandlung ausüben können, erscheint ein unzweifelhafter Nachweis eines einzelnen Parameters in prospektiven, randomisierten klinischen Studien äußerst schwierig. Die hierfür benötigten Fallzahlen und Recallraten liegen je nach Fragestellung derart hoch, dass eine Realisierung mit einem sehr hohen Aufwand verbunden ist.

Welches Potenzial in der Aktivierung von Spüllösungen liegen könnte, beantworten u.a. zumeist ältere klinische Studien, die ohne Zuhilfenahme moderner Spültechniken auskamen. So berichten bereits Grahen und Hansen im Jahre 1961 [10] von einer hohen Erfolgsrate von 81 % vier bis fünf Jahre nach Wurzelkanalbehandlung. Ebenfalls belegen die 30 Jahre später veröffentlichte Arbeit von Sjögren et al. [23] und ein Review von Ng et al. aus 2011

[19], dass die Ausheilungsraten – unter Anwendung konventioneller Spülmethode – in einem ähnlich hohen Bereich liegen. Aus diesem Blickwinkel kann man das Potenzial einer Aktivierung von Spüllösungen als begrenzt einstufen. Nimmt man hingegen die niedrigeren Erfolgsraten von Wurzelkanalbehandlungen, die unter gängigen Praxisbedingungen erzielt werden [5, 31] als Maßstab, so wendet sich das Blatt und führt zur Frage, ob Methoden zur Aktivierung von Spüllösungen unter diesen Bedingungen nicht doch einen wesentlichen Beitrag leisten können, sofern sie effizient und einfach umsetzbar sind. Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen skizziert dieser Beitrag die wichtigsten Methoden zur Aktivierung von Spüllösungen und fasst die Erkenntnisse zusammen, die maßgeblich in den letzten 5 Jahren im Rahmen von In-vitro- und In-vivo-Untersuchungen publiziert wurden.

### Ziele einer aktivierten Wurzelkanalspülung

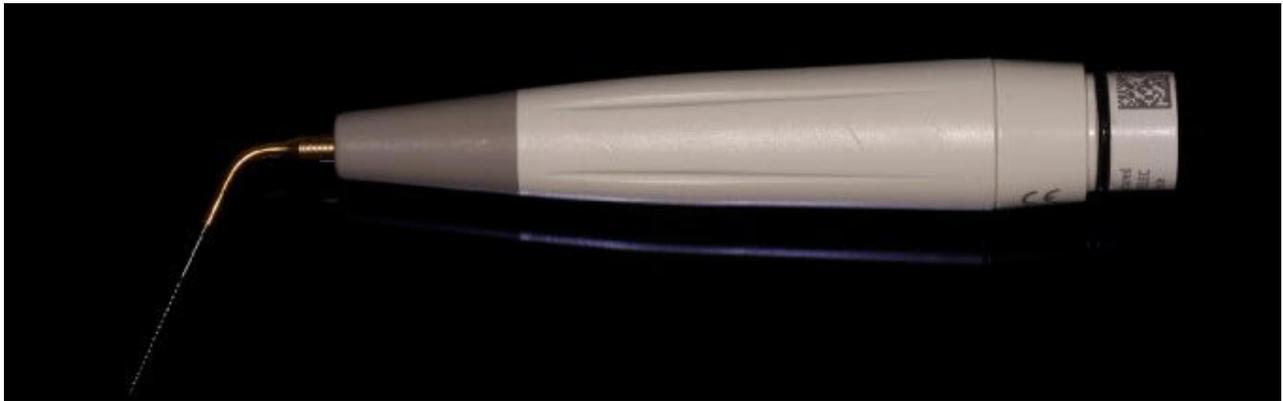
Mit der Aktivierung einer Spüllösung sollen die bekannten und positiven Effekte herkömmlicher Spültechniken in Verbindung mit den gängigen Spüllösungen wie z.B. Natriumhypochlorit gesteigert werden – insbesondere in die für Wurzelkanalinstrumente nicht zugänglichen Bereiche des Wurzelkanalsystems. Im Wesentlichen sind dies:

- Entfernung von Pulpagewebe, Geweberesten sowie von Mikroorganismen, Pilzen und Viren
- Auflösung und Entfernung von Dentinabrieb (einschl. Schmier-schicht)
- Zerstörung und Entfernung von Biofilmen
- Antibakterielle Wirkung und Neutralisation von bakteriellen Toxinen
- Entfernung von intrakanalären Einlagen (z.B. Kalziumhydroxid) sowie von Sealer- und Guttapercharesten.

Ebenso sollen keine Nebenwirkungen als Folge der Aktivierung von Spüllösungen auftreten. Zu nennen sind die Extrusion von Flüssigkeit und/oder Debris und das Auftreten von postoperativen Beschwerden.



**Abbildung 1** Neuartiges rotierendes Wurzelkanalinstrument (XP-endo Finisher, FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Schweiz)



**Abbildung 2** Ultraschallansatz mit Irri S Feile (VDW, München, D)

Muss ein enger Wurzelkanal erst initial gängig gemacht werden, bleibt die Spülwirkung in dieser Phase limitiert. Erst in der Endphase der mechanischen Aufbereitung und bei ausreichender apikaler Aufbereitungsgröße erreicht die Spüllösung tiefere apikale Areale und Isthmi und dringt im günstigen Fall in Seitenkanäle und Dentinkanälchen ein. Wird naheliegender eine kleine Spülkanüle mit einem Durchmesser von 0,30 mm (Gauge 30) verwendet, so bedarf es einer apikalen Präparation mit Instrumenten mindestens der Größe 25.06 (z.B. rotierende Feile) oder der Größe ISO 30 (z.B. Handfeile), damit die Spülflüssigkeit auch in tiefe apikale Bereiche gelangt. Unter diesen Voraussetzungen kommt der abschließenden (finalen) Spülung ohne oder mit Aktivierung nach vollständiger Präparation der Wurzelkanäle eine besondere Bedeutung zu.

### Methoden der Aktivierung von Spüllösungen

Bei den heute gängigen Systemen zur Aktivierung erfolgt der Energieeintrag

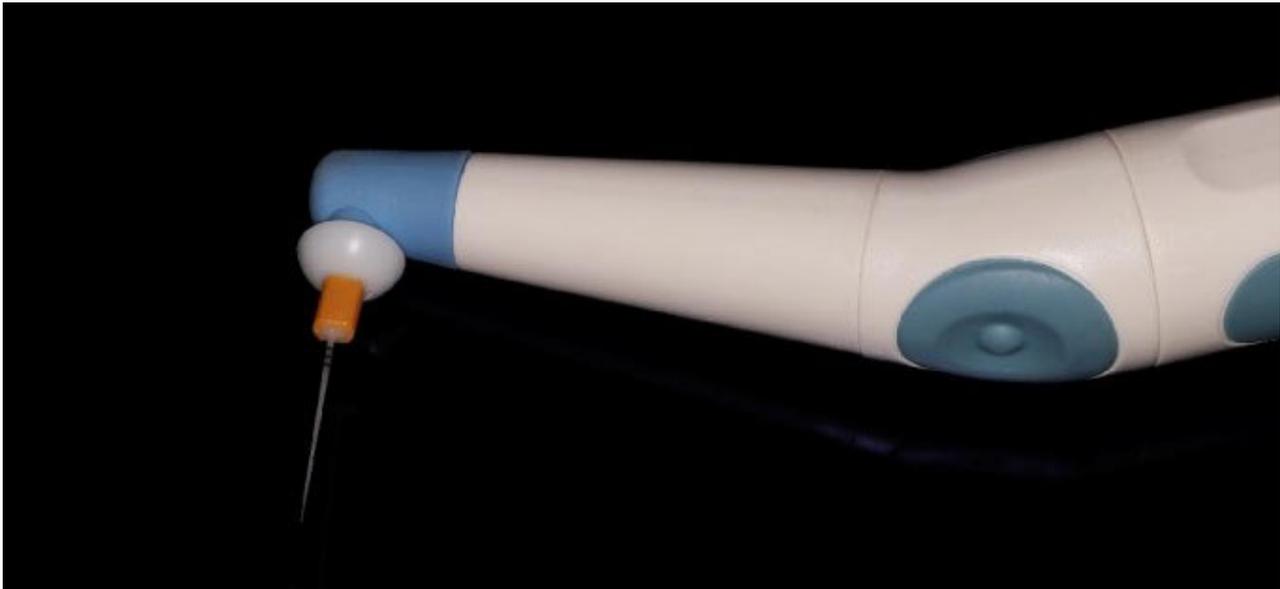
in die Spüllösung mehrheitlich mittels schall-, ultraschall- oder lasergeeigneter Wellenlänge sowie mechanisch durch in der Flüssigkeit erzeugte Vertikalbewegungen (manuelle dynamische Aktivierung). Die verschiedenen Verfahren führen im Allgemeinen in vitro zur Erhöhung der mechanischen Reinigungswirkung im Vergleich zu der klassischen Spültechnik [29], wenngleich sich Unterschiede je nach Aufbau der Studien ergeben.

### Mechanisch aktivierte Spültechnik

Auf einfache Weise kann die Spüllösung manuell mit einem Guttaperchastift durch schnelle Auf- und Abbewegung in der Flüssigkeitssäule aktiviert werden. Diese Form der Aktivierung ist jedoch für den Behandler mühsam. In Bezug auf die Eindringtiefe in das umgebende Dentin bleibt dieses Verfahren gegenüber laser-, schall- und ultraschallunterstützten Methoden zurück [8]. Ein Vorteil bei der Reduktion von Debris in mesialen Wurzelkanälen und im Isthmusbe-

reich unterer Molaren gegenüber der konventionellen Handspülung zeigt sich in vitro nicht [20]. Hingegen besteht unter Anwendung manuell dynamischer Aktivierung ein erhöhtes Risiko von postoperativen Schmerzen bei irreversibler Pulpitis [25].

Ein neuartiges rotierendes Wurzelkanalinstrument (XP-endo Finisher, FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Schweiz) (Abb. 1) soll sich insbesondere zur Aktivierung der Spüllösung vorzugsweise am Ende der Aufbereitung eignen. Das Instrument ist löffelartig gebogen und setzt bei entsprechender Rotation die Spüllösung nicht nur in Bewegung, sondern erreicht Kanalareale, die herkömmliche konische Feilen nicht erreichen. Zwei aktuellen experimentellen Studien zufolge konnte sowohl mit dem XP-endo Finisher als auch mit der passiven Ultraschallaktivierung mehr Debris entfernt werden als mit einer konventionellen Spülung [7, 32]. Ebenfalls eignet sich dieses Instrument für die Entfernung von Kalziumhydroxid aus dem Wurzelkanal [15].



**Abbildung 3** Spezielle schallaktivierte Aufsätze beim EndoActivator (Dentsply Sirona York, PA,, USA)



**Abbildung 4** Spezielle schallaktivierte Aufsätze bei Eddy (VDW, München, D)

### Ultraschallaktivierte Spülmethoden

Ultraschallbasierte Spültechniken haben vor über 10 Jahren Einzug in die Endodontie gehalten. Der Ultraschallbereich beginnt bei einer Frequenz von etwa 20.000 Hz. Mithilfe eines Ultraschallhandstückes kann die Energie auf eine eingespannte Feile oder einen glattwandigen konisch zulaufenden Ansatz übertragen werden. Mit letzterem kann eine sogenannte passive Ultraschallspülung – ohne mechanische Bearbeitung der

Kanalwand – durchgeführt werden. Sie sieht vor, dass der Ansatz in den mit Spüllösung gefüllten Wurzelkanal möglichst bis etwa 1–2 mm vor Arbeitslänge eingeführt und dann für 20 sec aktiviert wird, ohne dass eine zusätzliche vertikale Bewegung ausgeführt wird. Die größte Wirkung wird erzielt, wenn die Feile im Wurzelkanal möglichst frei schwingen kann. Limitationen ergeben sich hierbei durch die Krümmung und die Dimensionen des Wurzelkanals. Eine passive Ultraschallaktivierung der

Spüllösung bietet sich in der Regel im Rahmen der Abschlussspülung nach Formgebung des Wurzelkanals an.

Unter günstigen Bedingungen entstehen die mit Kavitation und „acoustic streaming“ beschriebenen Effekte. Durch die Schwingung der Feile, die in einer Ebene mit mind. 20.000 HZ schwingt, entstehen sog. Knoten und Bäuche, die die Spülflüssigkeit in Bewegung setzen. Es entstehen lokal derart hohe Flüssigkeitsbewegungen, dass diese zur Entfernung von Debris und Pulpagewebe



Abbildung 5 Erbitium-YAG Laser (Orcos, Medical, Küssnacht, Schweiz)

wesentlich beitragen können. Eine weitere Folge, insbesondere an der Spitze eines frei schwingenden Ansatzes, ist die Kavitation. Hierbei entstehen kleine, in kürzester Zeit an Größe zunehmende Bläschen, die wiederum unmittelbar implodieren. Die dabei entstehenden Druckwellen beschleunigen das Spülmedium in Richtung Wurzelkanalwände. Zu berücksichtigen ist, dass der maximale Eintrag in der Schwingungsebene (parallel zur Ausrichtung des Winkelstücks) erfolgt. Relevanz hat diese Überlegung z.B. bei der Reinigung von Isthmi, beispielsweise zwischen mesio- und distobukkalem Wurzelkanal unterer Molaren. Vor diesem Hintergrund sollte der Ansatz während der Aktivierungsphase langsam gedreht werden. Dem können jedoch klinisch Grenzen gesetzt sein, da das Winkelstück im Mund des Patienten nicht beliebig rotiert werden kann.

Grundsätzlich sind „nicht-schneidende“ Ansätze zu bevorzugen (Abb. 2). Sie tragen bei Wandkontakt kein Wurzelkavität ab und erzeugen keine Stufen, da sich im klinischen Alltag ein intermittierender Kontakt von Ansatz und Kanalwand zumeist nicht vermeiden lässt. Unsachgemäße Anwendung kann darüber hinaus zur Fraktur des Ultraschallansatzes im Wurzelkanal führen. Lediglich bei sehr weiten geraden Wurzelkanälen, z.B. bei Frontzähnen mit weit offenem Foramen, kann der Ansatz „mitig“ im Wurzelkanal platziert werden und bei ruhiger Hand des Behandlers frei – ohne Kanalwandkontakt – mit

maximalem Energieeintrag schwingen. Jedoch hat auch bei Wurzelkanälen mit kleinerer apikaler Aufbereitung von 20/04 die ultraschallaktivierte Spülung eine günstige Wirkung auf die Entfernung zurückgebliebener Pulpaanteile, wie die Studie von Lee et al. zeigt [13].

Die obigen Ausführungen machen deutlich, dass die Handhabung des Ultraschallansatzes einen Einfluss auf das Reinigungsergebnis hat. Detaillierte Angaben diesbezüglich finden sich allerdings selten in zumeist in vitro durchgeführten Untersuchungen.

In einem aktuellen systematischen Review zur Wirkung ultraschallaktivierter Spülung wurden insgesamt 45 In-vitro-Studien und 3 klinische Studien analysiert [2]. Im Vordergrund der experimentellen Arbeiten standen die Parameter Entfernung von Pulpagewebe und von Debris sowie die antimikrobielle Wirkung. Im Hinblick auf die Entfernung von Pulpagewebe und Debris erwies sich die ultraschallaktivierte Spülung einer herkömmlichen Spülung in der Mehrzahl der abschließend analysierten Studien als überlegen. Ob die Aktivierung mit Ultraschall einen zusätzlichen antibakteriellen Effekt auf die sich im Wurzelkanalsystem befindenden Mikroorganismen hat, ließ sich nicht belegen. Die Autoren dieser systematischen Übersichtsarbeit schränken bei der Bewertung der summarischen Resultate ein, dass das Evidenzniveau insgesamt gering sei [2]. Zu dem gleichen Schluss kommt

ein weiteres, 2018 publiziertes Review, das 5 Arbeiten in eine Metaanalyse einschloss [16]. Hingegen schließen Nagendrababu et al. [17] aus ihrer Übersichtsarbeit, dass die Reduktion der mikrobiellen Last nach Ultraschalleinsatz gegenüber anderen Verfahren ausgeprägter ist. Aktuelle In-vitro-Arbeiten aus 2019 und 2020 bestätigen, dass der Ultraschallaktivierung positive Effekte im Hinblick auf Debrisabtrag [7, 18, 22], Eindringtiefe der Spüllösung [8, 12] und Entfernung von Pulpagewebe [27] zuzuschreiben sind. Eine höhere chemische Umsetzungsrate von Natriumhypochlorit durch Ultraschallaktivierung ist im Vergleich zur Handspülung zu beobachten [9].

Gegenüber der Ultraschallanwendung überlegen zeigte sich das GentleWave-System (Sonendo Inc, Laguna Hills, CA, USA) in der Beseitigung von Debris im Bereich des Isthmus [3]. GentleWave ist in Europa nicht erhältlich.

Lediglich eine klinische Studie zur Ausheilung einer apikalen Parodontitis im Zusammenhang mit aktivierter Spülung erfüllte die Einschlusskriterien von 2 Reviews [2, 24]. Diese randomisierte Studie zeigte keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich von Handspülung und ultraschallaktivierter Spülung [14]. Hierbei wurden die apikalen Läsionen von einwurzeligen Zähnen mit weitgehend geraden Wurzelkanälen 10 bis 19 Monate nach Wurzelkanalbehandlung auf der Basis von DVT-Aufnahmen beurteilt. Wenngleich kein statistisch

signifikanter Unterschied auf der Basis eines Signifikanzniveaus von  $\alpha = 0,05$  resultierte, so ergeben sich bei näherer Betrachtung Hinweise, die für die ultraschallaktivierte Spülung mit einer Ausheilungsrate von 95,1 % (39 von 41 Zähnen) sprechen gegenüber 88,4 % (38 von 43 Zähnen) bei konventioneller Spültechnik.

### Schallaktivierte Spülmethode

Die speziellen schallaktivierten Aufsätze schwingen im Wurzelkanal mit einer Frequenz im oberen Hörschallbereich (16–20.000 Hz). EndoActivator (Dentsply Sirona) (Abb. 3) und Eddy (VDW, München) (Abb. 4) sind typische Vertreter dieser Gattung.

Als Eddy wird eine schallaktivierte Polyamidspitze bezeichnet, die auf einen Airscaler-Aufsatz aufgeschraubt wird. Neben der großen Flexibilität erlaubt der schmal zulaufende, flexible Kunststoffansatz, dass diese möglichst weit in den Wurzelkanal vorgeschoben und in fast allen Phasen der Wurzelkanalaufbereitung zur Reinigung eingesetzt werden kann. Bei Wandkontakt entsteht kein unerwünschter Dentinabtrag. Ob mit der von Eddy maximal erzeugten Frequenz von 6.000 Hz tatsächlich die Effekte Kavitation und „acoustic streaming“ im Wurzelkanal erzielt werden, ist fraglich. Der abgedeckte Frequenzbereich liegt deutlich unter der geforderten Frequenz von mindestens 14.000 Hz (siehe Ultraschall). Theoretisch erfordert die von der Plastikspitze ausgeführte maximale Amplitude von etwa 350 mm einen apikal bis ISO 100 aufbereiteten Wurzelkanal, damit die Spitze frei schwingen kann und der Energieeintrag in die Spüllösung maximal ist. Ungeachtet dieser Überlegungen zeigen aktuelle experimentelle Untersuchungen bei Wurzelkanälen, die bis zu einer apikalen Größe von 40.06 aufbereitet wurden, dass die Wirkung in angrenzende Dentinwandareale nach Schallaktivierung mit Eddy der von Ultraschall oder Laser aktiviert gespülten Wurzelkanälen entspricht [8].

Eddy erwies sich in der Entfernung von Debris und Schmierschicht ebenso effektiv wie die passive Ultra-

| Standardspülmedium                | NaOCl (i.d.R. 1–3 %)  |  |
|-----------------------------------|---|--|
| während der WK-Aufbereitung:      | mit 5 ml Spritze und mit konventioneller Kanüle (Luer-Lock-system)  | mindestens 1 ml<br>=> nach jedem Handinstrument<br>=> bei rotierenden Instrumenten nach 3 „pecks“ oder nach Rückzug des Instruments aufgrund von „Klemmen“ (erhöhter Widerstand) |
| nach definitiver WK-Aufbereitung: |   |  |
| Entfernung der Schmierschicht:    | mit EDTA (15–17 %) oder Zitronensäure (20 %)  |  |
| Aktivierung von NaOCl:            | mittels Ultraschall aktiviertem Ansatz oder mit Eddy: 3 x 20 sec (mit Erneuerung der Spüllösung) oder kontinuierlich 60 sec pro Kanal |  |

**Tabelle 1** Mögliches Spülprotokoll (WK = Wurzelkanal)

(Abb. 1–5 und Tab. 1: R. Weiger)

schallspültechnik [26]. Beide Methoden zeigen eine vergleichbare Wirkung im Hinblick auf die Reduktion der Bakterienzahlen im Wurzelkanal [18]. Ebenfalls unterstützt Eddy die Entfernung von Kalziumhydroxid; es schnitt besser ab als der Endoactivator (Dentsply Sirona, York, PA; USA), der auch auf dem Prinzip der Schallaktivierung beruht [15]. Der Hersteller des Endoactivator, zu dem es flexible aufsteckbare Polymer-Tips der Größen 15.02, 25.04 und 35.04 gibt, empfiehlt, zusätzliche Pumpbewegungen durchzuführen. In vitro dringen Spüllösungen nach Anwendung des Endoactivator vergleichbar weit in das umgebende apikale Dentin wie laser- oder ultraschallgestützte Verfahren [8]. Hingegen berichten Varela et al. 2019 [27], dass Pulpagewebe nach rotierender Präparation mit 25/08 und nach Einsatz des Endoactivator in größerem Umfang im apikalen Bereich verbleibt als nach passiver Ultraschallanwendung.

### Laseraktivierte Spülmethode

Laserlicht kann über schmale Lichtleiteransätze in den mit Flüssigkeit gefüllten Wurzelkanal eingebracht werden. Die Wirkung hängt weit-

gehend von der vom jeweiligen Lasersystem erzeugten Wellenlänge, der Energiedichte und der Absorption durch die dem Laserlicht ausgesetzten Hart- und Weichgewebe ab.

Das von einem Infrarotlaser emittierte Licht wird von wasserbasierten Lösungen vollständig aufgenommen. Am Austrittsfenster des Laseransatzes kommt es zur Kavitation im Spülmedium. Bei gepulsten Lasern entstehen zusätzlich kleine Blasen durch Kavitation, die das „acoustic streaming“ in der Spüllösung auslösen. Ein aktuelles Verfahren für die laserinduzierte Aktivierung stellt das PIPS-System (Photon Initiated Photoacoustic Streaming) dar, das einen Erbium-YAG Laser mit geringen Pulsenergien (10–20 mJ) und kurzen Pulslängen von 50  $\mu$ s nutzt (Abb. 5). Eine Weiterentwicklung mit angepasstem Pulsmodus stellt das SWEEPS-System (shock-wave enhanced emission photoacoustic streaming) dar.

Der Ansatz wird in der Pulpkammer am Wurzelkanaleingang platziert. Die „primär“ entstandenen Luftblasen kollabieren; es entstehen Schockwellen, die mit hoher Geschwindigkeit auf die Kanalwand treffen, sowie weitere „sekundäre“

Bläschen. Die erzeugten Scherkräfte wirken auf Gewebereste, Biofilm und Schmierschicht und sollen zur Reinigung des Wurzelkanalsystems beitragen. Im Hinblick auf die Entfernung von Debris im Isthmusbereich erweist sich PIPS im Vergleich zur ultraschallaktivierten Spülung und zur herkömmlichen laseraktivierten Spülung als gleichwertig [28]. Bei letzterer wird der Ansatz so tief wie es die Dimensionen des Lichtleiters und des präparierten Wurzelkanals zulassen, in den Wurzelkanal vorgeschoben. Die Entfernung von Kalziumhydroxid aus artifiziiell eingebrachten Vertiefungen im Wurzelkanal gelang mit PIPS vollständig, während nach Anwendung von Ultraschall sowie Einsatz des EndoActivator Reste nachzuweisen waren [1]. Vorteile von SWEEPS gegenüber PIPS bezüglich Eindringtiefe der Spüllösung sowie von Debris ließen sich nicht nachweisen. Beide Verfahren waren jedoch diesbezüglich der konventionellen Spülung mit Nadel überlegen [8, 20].

Die photoaktivierte Desinfektion (PAD) setzt die Zugabe eines Farbstoffes wie beispielsweise Methylenblau voraus. Dieser adhärirt an Zellwänden und ist offenbar nach Aktivierung im Rotlichtbereich (Diodenlaser) gegenüber grampositiven und gramnegativen Bakterien wirksam. Ein zuverlässiger Vergleich mit den anderen Methoden ist nicht möglich, da valide Studien bis dato nicht vorliegen.

### Schlussbetrachtung

Die Ausführungen in der Literatur zu möglichen „Nebenwirkungen“ sind begrenzt. Zur Häufigkeit von postoperativen Schmerzen schloss Decurcio et al. [6] unter Einbezug von 6 klinischen Studien, dass am Tag 1 und 2 nach Wurzelkanalbehandlung nach Anwendung von „maschinenunterstützter“ Wurzelkanalspülung Beschwerden seltener als nach konventioneller Spülung auftreten.

Da die Vorteile eines definierten Spülprotokolls unter Einbeziehung der Aktivierung der Spüllösung in vergleichenden klinischen Studien bis dato nicht belegt werden konnten, lassen sich zumindest aus validen experimentellen Untersuchun-

gen verschiedene Vorgehensweisen im Hinblick auf die Aktivierungsmethode rechtfertigen. Der Autor schließt sich der Auffassung von Virdee et al. 2018 [29] an, die einerseits die 16 in der Metaanalyse eingeschlossenen Publikationen als heterogen bezeichnen, andererseits wiederum aus den Ergebnissen dieser Arbeiten eine Empfehlung für den Einsatz aktivierter Spültechniken ableiten. Ein Spülprotokoll, das bezüglich Aktivierung in der Praxis breite Anwendung findet, ist zur Orientierung in Tabelle 1 skizziert. Grundsätzlich sollte bei deren Verwendung den Empfehlungen der Gerätehersteller Folge geleistet werden. Im klinischen Einsatz hängt die Wirkung einer aktivierten Wurzelkanalspülung von weiteren Faktoren, z.B. Art und Konzentration des Spülmediums, Eindringtiefe, Kontaktzeit und Volumen der eingesetzten Spüllösung ab [28].

### Interessenkonflikte

Der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

### Literatur

1. Arslan H, Akcay M, Capar ID, Saygili G, Gok T, Ertas H: An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. *Int Endod J* 2015; 48: 246–251
2. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, Chávez de Paz LE, Boutsioukis C: Ultrasonic irrigant activation during root canal treatment: a systematic review. *J Endod* 2019; 45: 31–44
3. Chan R, Versiani MA, Friedman S et al.: In vitro efficacy of 3 supplementary irrigation protocols in the removal of hard tissue debris from the mesial root canal system of mandibular molars. *J Endod* 2019; 45: 923–929
4. Chubb DWR: A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Aust Endod J* 2019; 45: 5–11
5. Connert T, Truckenmüller M, ElAyouti A et al.: Changes in periapical status, quality of root fillings and estimated endodontic treatment need in a similar urban German population 20 years later. *Clin Oral Investig* 2019; 23: 1373–1382
6. Decurcio DA, Rossi-Fedele G, Estrela C, Pulikkotil SJ, Nagendrababu V: Machine-assisted agitation reduces post-operative pain during root canal treatment: a systematic review and meta-analysis from randomized clinical trials. *J Endod* 2019; 45: 387–393
7. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A et al.: In vitro Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Invest* 2019; 23: 3087–3093
8. Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R et al.: In vitro penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J* 2019; 52: 1210–1217
9. Gołabek H, Borys KM, Kohli MR, Brus-Sawczuk K, Strużycka I: In vitro chemical aspect of sodium hypochlorite activation in obtaining favorable outcomes of endodontic treatment: An in vitro study. *Adv Clin Exp Med* 2019; 28: 1311–1319
10. Grahnén H, Hansen L: The prognosis of pulp and root canal therapy. *Odontologisk Revy* 1961; 12: 146–165
11. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PHM: Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics* 2005; 10: 30–76
12. Iandolo A, Abdellatif D, Amato M et al.: Dentinal tubule penetration and root canal cleanliness following ultrasonic activation of intracanal-heated sodium hypochlorite. *Aust Endod J* 2020; 46: 204–209
13. Lee OYS, Khan K, Li KY et al.: Influence of apical preparation size and irrigation technique on root canal debridement: a histological analysis of round and oval root canals. *Int Endod J* 2019; 52: 1366–1376
14. Liang YH, Jiang LM, Jiang L et al.: Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: a randomized controlled trial. *J Endod* 2013; 39: 1218–1225
15. Marques-da-Silva B, Alberton CS, Tomazinho FSF et al.: In vitro effectiveness of five instruments when removing calcium hydroxide paste from simulated internal root resorption cavities in extracted maxillary central incisors. *Int Endod J* 2020; 53: 366–375
16. Moreira RN, Pinto EB, Galo R, Falci SGM, Mesquita AT: Passive ultrasonic irrigation in root canal: systematic review and meta-analysis. *Acta Odontol Scand* 2019; 77: 55–60

17. Venkateshbabu N, Jayakumar J, Anand S, Senthilnayagam K, Prasanna N: Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clin Oral Investig* 2018; 22: 655–670

18. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A: Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *J Endod* 2016; 42: 1799–1803

19. Ng YL, Mann V, Gulabivala K: A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J* 2011; 44: 583–609

20. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA: In vitro debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with laser-activated irrigation. *J Endod* 2018; 44: 1697–1701

21. Peters OA, Schönenberger K, Laib A: Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001; 34: 221–230

22. Rödiger T, Sedghi M, Konietschke F, Lange K, Ziebolz D, Hülsmann M: Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J* 2010; 43: 581–589

23. Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K: Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990; 16: 498–504

24. Silva EJNL, Rover G, Belladonna FG, Herrera DR, De-Deus G, da Silva Fidalgo TK: Effectiveness of passive ultrasonic irrigation on periapical healing and root canal disinfection: a systematic review. *Br Dent J* 2019; 227: 228–234

25. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Arslan H: The effect of different irrigation agitation techniques on postoperative pain in mandibular molar teeth with symptomatic irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. *J Endod* 2018; 44: 1451–1456

26. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S: In vitro canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Invest* 2017; 21: 2681–2687

27. Varela P, Souza E, de Deus G, Duran-Sindreu F, Mercadé M: In vitro effectiveness of complementary irrigation routines in debriding pulp tissue from root canals instrumented with a single reciprocating file. *Int Endod J* 2019; 52: 475–483

28. Verstraeten J, Jacquet W, De Moor RJG, Meire MA: Hard tissue debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with ultrasonically and laser-activated irrigation: a micro-computed tomography study. *Lasers Med Sci* 2017; 32: 1965–1970

29. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S: Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2018; 51: 605–621

30. Virdee SS, Farnell DJJ, Silva MA, Camilleri J, Cooper PR, Tomson PL: The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. *Int Endod J* 2020; 53: 986–997

31. Weiger R, Hitzler S, Hermle G, Löst C: Periapical status, quality of root canal treatment and estimated endodontic treatment needs in an urban German population. *Endod Dent Traumatol* 1997; 13: 69–74

32. Zhao Y, Fan W, Xu T, Tay FR, Gutmann JL, Fan B: Evaluation of several instrumentation techniques and irrigation methods on the percentage of untouched canal wall and accumulated dentine debris in C-shaped canals. *Int Endod J* 2019; 52: 1354–1365



(Foto: Roland Weiger)

**PROF. DR. ROLAND WEIGER**  
 Klinik für Parodontologie, Kariologie  
 und Endodontologie  
 Universitäres Zentrum für  
 Zahnmedizin Basel (UZB)  
 Mattenstrasse 40, 4058 Basel  
 Schweiz  
 roland.weiger@unibas.ch

## Interesse am internationalen Publizieren?

- Beschäftigen Sie sich mit einem zahnärztlichen Thema besonders intensiv?
- Möchten Sie andere an Ihrem Wissen und Ihren Erfahrungen – insbesondere auch international – teilhaben lassen?
- Dann schreiben Sie eine Originalarbeit, einen Übersichtsartikel oder einen Fallbericht für die DZZ International – gerne in deutscher und/oder englischer Sprache.

Nähere Informationen zu einer Einreichung finden Sie auf der neuen Website unter [www.online-dzz.com](http://www.online-dzz.com)

Till Dammaschke

# Kalziumsilikat-basierte Sealer: Das Ende der thermoplastischen Obturation?\*

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten?

Vor- aber auch Nachteile der biokompatiblen und bioaktiven Kalziumsilikat-basierten Sealer werden dargestellt, vor allem in Hinblick auf verschiedene kalte und warme Wurzelkanalfülltechniken.

**Zusammenfassung:** Bei allen Obturationstechniken ist eine gewisse Menge an Wurzelkanalfüllpaste (Sealer) erforderlich, um kleine Unebenheiten entlang der Kanalwand auszugleichen. Als Goldstandard gelten dabei bisher Sealer auf Epoxidharzbasis. Eine neuere Entwicklung stellen Sealer auf Kalziumsilikatbasis (KSS) dar, die sich von Kalziumsilikat-basierten Zementen (MTA) ableiten. KSS sind nachgewiesenermaßen biokompatibel und bioaktiv. In Kontakt mit Gewebeflüssigkeit bildet sich an der Oberfläche von KSS ein Hydroxylapatit-ähnlicher Niederschlag, sodass diese Sealer offensichtlich nicht als körperfremd erkannt werden, auch im Falle einer Sealerextrusion. Nach dem Abbinden setzen die KSS über einen längeren Zeitraum  $\text{OH}^-$  und  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen frei, wodurch die Sealer möglicherweise gewisse antibakterielle Effekte aufweisen und die Heilung einer periapikalen Entzündung unterstützen. Daher gibt es Überlegungen, Wurzelkanäle hauptsächlich mit KSS zu füllen und den Gutta-perchaanteil zu minimieren. Allerdings liegen noch keine klinischen Langzeitstudien vor, die einen Vorteil dieses neuen Konzepts bestätigen.

Obwohl Guttapercha schon seit sehr langer Zeit erfolgreich für die Obturation von Wurzelkanälen verwendet wird, gibt es unterschiedliche Auffassung darüber, welche Wurzelkanalfülltechnik besser ist: kalte oder warme (thermoplastische) Obturation. Nach Exposition von suffizient gefüllten Wurzelkanälen mit Speichel kommt es immer zu einer Penetration von Mikroorganismen in das Wurzelkanalsystem – unabhängig von der Obturationsmethode. Keine bisher bekannte Obturationsmethode führt zu einem bakteriendichten Verschluss des Wurzelkanals. Hinsichtlich der klinischen Erfolgsraten konnte daher keine Überlegenheit der häufig propagierten thermoplastischen Wurzelkanalfülltechniken im Vergleich zur kalten lateralen Kompaktion nachgewiesen werden.

Für die thermoplastische Obturation sind KSS allerdings in der Regel nicht freigegeben, da diese Sealer wasserbasiert sind und zu befürchten ist, dass durch die hohen Temperaturen von bis zu 200 °C dem Sealer zu viel Wasser entzogen wird, was sich nachteilig auf die werkstoffkundlichen Eigenschaften auswirken könnte. Es ist aber fraglich, ob so hohe Temperaturen klinisch bei der thermoplastischen Obturation erreicht werden.

Nachteilig an den KSS ist ihre im Vergleich zu Epoxidharzsealern höhere Löslichkeit. Langfristig könnte es so zu Auflösungserscheinungen an der Wurzelkanalfüllung kommen. In den bisher vorliegenden Studien lässt sich aber ein

Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung, Universitätsklinikum Münster, Albert-Schweitzer-Campus 1, Gebäude W 30, Münster: Prof. Dr. Till Dammaschke

\*Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Dammaschke T: Calcium silicate-based sealers: The end of thermoplastic obturation? Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 71–79

Zitierweise: Dammaschke T: Kalziumsilikat-basierte Sealer: Das Ende der thermoplastischen Obturation? Dtsch Zahnärztl Z 2021; 76: 104–113

Peer-reviewed article: eingereicht: 16.07.2020, revidierte Fassung akzeptiert: 12.08.2020

DOI.org/10.3238/dzz.2021.0010

Unterschied bei den klinischen Erfolgsraten zwischen Epoxidharzsealern und KSS nicht feststellen. Insgesamt stellen KSS daher eine interessante Alternative zu den herkömmlichen Wurzelkanalfüllpasten dar. Grundsätzlich ist allerdings der Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung nicht nur von der Obturationstechnik, sondern vor allem auch von der vollständigen Entfernung des infizierten Gewebes und der dauerhaften Desinfektion des Wurzelkanalsystems sowie einer bakterienichten postendodontischen Versorgung abhängig.

**Schlüsselwörter:** Kalziumsilikat; thermoplastische Obturation; Wurzelkanalfülltechniken; Wurzelkanalsealer

## 1. Einleitung

Sealer auf Epoxidharzbasis, wie z.B. AH Plus (Dentsply Sirona, Konstanz), haben sich zu einem Standardmaterial für die Wurzelkanalobturation sowohl bei kalten als auch bei warmen Obturationsmethoden entwickelt und gelten heutzutage als „Goldstandard“ unter den Wurzelkanalfüllpasten [26]. Allerdings haben diese Sealer einen großen Nachteil: Sie sind nicht bioaktiv [21]. Außerdem zeigen Sealer auf Epoxidharzbasis während der Abbindezeit eine gewisse Toxizität, erweisen sich aber nach der Aushärtung als so gut wie unlöslich und nicht zellschädigend [29, 30]. Daher führt ein Überpressen von Epoxidharz-Sealern normalerweise nicht zu schädlichen Reaktionen des periapikalen Gewebes, außer in Fällen, in denen der Sealer in den Nervenkanal des Unterkiefers disloziert wird, wo diese Wurzelkanalfüllpaste – so wie alle anderen Sealer auch – neurotoxisch wirkt [24].

Die neueste Entwicklung im Bereich der Sealer sind Wurzelkanalfüllpasten auf Kalziumsilikatbasis. Ziel dabei war es, die bekannten positiven Eigenschaften der Kalziumsilikat-basierten Zemente wie Mineral Trioxide Aggregat (MTA; z.B. ProRoot MTA, Dentsply Sirona, Ballaigues, Schweiz; MTA-Angelus, Angelus, Londrina, Brasilien) oder Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Frankreich), v.a. die Biokompatibilität und Bioaktivität, auch bei konventionellen, orthograden Wurzelkanalfüllungen nutzbar zu machen. Hauptbestandteile sind Di- und/oder Trikalziumsilikat, weshalb diese Wurzelkanalfüllpasten auch als „Kalziumsilikat-basierte Sealer“ (KSS) bezeichnet werden [14] (Abb. 1 und 2). Fälsch-

licherweise wird im Zusammenhang mit diesen Kalziumsilikat-basierten Sealern sehr oft der Begriff „Biokeramik“ verwendet [50]. Vielmehr handelt es sich aber um „hydraulische“ Sealer, da sie sowohl in Kontakt mit Luft als auch mit Wasser abbinden und erhärten [5]. KSS benötigen sogar Wasser, um vollständig abzubinden. Im Gegensatz zu den herkömmlichen Sealern, muss bei KSS das Wurzelkanallumen nicht mehr zwingend möglichst trocken sein, um eine optimale Verarbeitung des Sealers zu gewährleisten. Die Abbindeigenschaften der KSS werden durch das Vorhandensein von Restfeuchtigkeit im Wurzelkanal nicht beeinträchtigt [16].

Während der Abbindung von KSS kommt es zur Bildung von Kalziumhydroxid, das bekanntermaßen biologische Heilungsprozesse auslöst [10, 49]. KSS sind daher bioaktiv. In Kontakt mit simulierter Körperflüssigkeit wurde außerdem für die KSS die Bildung einer Hydroxylapatit-ähnlichen Oberfläche berichtet [36, 45]. Da diese Schicht keine Fremdkörperreaktion verursacht, können KSS als biokompatibel angesehen werden, auch wenn sie über den Apex hinaus gepresst werden oder wenn der Sealer mit periapikalen Geweben in Kontakt steht.

KSS sind demnach im Gegensatz zu anderen Wurzelkanalsealern biokompatibel und bioaktiv [29, 30] (Abb. 3 und 4). Unter dem Aspekt Biokompatibilität und Bioaktivität sind KSS anderen Sealern offensichtlich überlegen, was möglicherweise vorteilhaft für das Behandlungsergebnis ist [16]. Daher gibt es Überlegungen, von dem bisherigen Behandlungskonzept „möglichst viel Gutta-

percha und möglichst wenig Sealer“ abzuweichen und stattdessen Wurzelkanäle hauptsächlich (aber nicht ausschließlich) mit KSS zu füllen. Guttapercha soll dann nur in der Zentralstifttechnik in den Wurzelkanal eingebracht werden – ganz unabhängig von der Passung, um die biologischen Wirkungen der KSS optimal zu nutzen. Allerdings liegen noch keine klinischen Langzeitstudien vor, die einen Vorteil dieses neuen Konzepts bestätigen.

Ziel dieses Übersichtsartikels soll es daher sein, die neuen KSS im Spannungsfeld der verschiedenen Wurzelkanalfülltechniken in Kombination mit Guttapercha wie Zentralstifttechnik, lateraler Kompaktion und thermoplastischer Obturation zu beleuchten und den aktuellen Forschungsstand darzustellen.

## 2. Guttapercha

Guttapercha wird seit weit mehr als 120 Jahren erfolgreich für die Obturation von Wurzelkanälen verwendet. Das Material ist so gut wie nicht löslich, inert, gewebeverträglich, hat durch den Zinkoxidanteil eine schwache antibakterielle Wirkung, ist kalt und warm verarbeitbar – sowie kompaktierbar und dabei dimensionsstabil. Obwohl die Obturation mit Guttapercha nicht perfekt ist, gilt es immer noch als Material der Wahl bei den meisten Wurzelkanalfüllungen [11]. Allerdings wird weiterhin kontrovers diskutiert, welche Wurzelkanalfülltechnik zu bevorzugen ist, v.a. hinsichtlich kalter versus warmer (thermoplastischer) Obturation mit Guttapercha [27]. Einigkeit herrscht aber darüber, dass bei allen Obturationstechniken eine gewisse Menge an Wurzelkanalfüllpaste (Sealer) er-

## Calcium silicate-based sealers: The end of thermoplastic obturation?

**Abstract:** All obturation techniques require a certain amount of root canal sealers in order to fill small irregularities along the canal wall. Epoxy resin-based sealers have been the gold standard to date. A more recent development is represented by calcium silicate-based sealers (CSS), which derive from calcium silicate-based cements (MTA). CSS are proven to be biocompatible and bioactive. A hydroxyapatite-like precipitate forms on the surface of CSS when they come in contact with tissue fluid so that these sealers are not recognized as foreign bodies, even in cases of sealer extrusion. After their setting, CSS release OH<sup>-</sup> and Ca<sup>2+</sup> ions over a longer period of time through which they potentially exhibit certain antibacterial effects and support the healing of periapical inflammation. For this reason, consideration has been given to the idea of filling root canals mainly with CSS and minimizing the proportion of gutta-percha. To date, however, no long-term clinical studies have been performed to confirm the advantages of this new concept.

Although gutta-percha has been successfully used for root canal obturation for a very long time, there are different perspectives with regard to which root canal filling technique is better: cold or warm (thermoplastic) obturation. After the exposure of sufficiently filled root canals with saliva, microorganisms always infiltrate into the root canal system regardless of the obturation method. Until now, no known obturation method leads to a bacteria-proof sealing of the root canal. Thus, in terms of clinical success rates, no superiority of the frequently recommended thermoplastic root canal filling technique compared with cold lateral compaction could be demonstrated.

As a rule, CSS are not approved for thermoplastic obturation, as these sealers are water-based; there is the concern that high temperatures of up to 200 °C will remove too much water from the sealer, which can have a negative impact on its properties. It is questionable whether such high temperatures are clinically achieved during thermoplastic obturation.

A disadvantage of CSS is their higher solubility compared to epoxy resin sealers. In the long term, this can lead to the dissolution of the root canal filling. In the studies that have been performed to date, however, no difference in the clinical success rates between epoxy resin sealers and CSS has been determined. Overall, CSS represent an interesting alternative to conventional root canal sealers. In principle, the success of a root canal treatment depends not only on the obturation technique, but above all, on the complete removal of the infected tissue, the permanent disinfection of the root canal system and the bacteria-proof post-endodontic restoration.

**Keywords:** calcium silicate; thermoplastic obturation; root canal filling techniques; root canal sealer

forderlich ist, um kleine Unebenheiten entlang der Kanalwand auszugleichen, laterale bzw. akzessorische Kanäle sowie offenliegende Dentintubuli zu verschließen und so eine bessere Anpassung der Guttapercha an die

Kanalwände zu gewährleisten. Außerdem wird versucht, so eine dichte Verbindung zwischen Guttapercha und Kanalwand herzustellen [27]. Der Sealeranteil sollte dabei aber möglichst gering sein. Viele handels-

übliche endodontische Sealer können verwendet werden, solange sie (so gut wie) nicht löslich, biokompatibel (oder zumindest gut gewebeverträglich) sowie nicht resorbierbar sind und beim Abbinden nicht schrumpfen [11].

### 3. Kalte Obturationstechniken

#### 3.1 Zentralstifttechnik

Bei den kalten Wurzelkanalfülltechniken wird zwischen der Zentral- bzw. Einstifttechnik und der lateralen Kompaktion unterschieden. Ziel bei der Zentralstifttechnik ist es, einen genau passenden Guttaperchastift in Kombination mit einem Sealer so in den Wurzelkanal einzubringen, dass der gesamte Kanal dicht gefüllt ist. Die Bereiche des Wurzelkanals, bei denen der Stift nicht randständig ist, sollen von Sealern aufgefüllt werden [11, 39]. Der größte Nachteil der Zentralstifttechnik besteht darin, dass bei allen Wurzelkanälen, die nach Aufbereitung nicht genau der Form der Guttaperchastifte entsprechen, der Sealeranteil an der Wurzelkanalfüllung vergleichsweise groß ist. Aufgrund der möglichen Schrumpfung einiger Wurzelkanalsealer während der Abbindereaktion wird ein möglichst hoher Anteil an Guttapercha als wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Wurzelkanalobturation angesehen [32, 48]. Höhere Anteile an Sealern könnten so zu Undichtigkeiten und bakterieller Penetration führen [6] und dadurch den Erfolg der endodontischen Behandlung beeinträchtigen [4, 15]. Dies stellt daher insbesondere in Wurzelkanälen mit ovalem Wurzelkanalquerschnitt ein Problem dar, bei denen eine kreisrunde Präparation nicht erzielt werden kann [11, 39]. Auch eignen sich mittels manueller Aufbereitungstechniken instrumentierte Wurzelkanäle nicht für die Zentralstifttechnik, da die Form des so präparierten Wurzelkanals und des Guttaperchastifts zu stark differieren. Voraussetzung für die Anwendung der Zentralstifttechnik ist daher ein mit maschinell eingesetzten Nickel-Titan-Instrumenten gleichmäßig konisch aufbereiteter Wurzelkanal, der möglichst gut der Form des zuletzt verwendeten Auf-

bereitungsinstruments entsprechen sollte. Dadurch wird die benötigte Sealermenge reduziert. Ein weiterer Nachteil der Zentralstifttechnik ist darin zu sehen, dass keine Kompaktion des Füllungsmaterials stattfindet und Unebenheiten in der Kanalwand und Seitenkanälen evtl. nur ungenügend gefüllt werden [39]. So werden möglicherweise unregelmäßige Wurzelkanalabschnitte oder durch die mechanische Instrumentierung nicht erreichbare Wurzelkanalbereiche nicht abgefüllt. Zudem können Blasen im Sealer auftreten.

### 3.2 Laterale Kompaktion

Um z.B. ovale oder manuell aufbereitete Wurzelkanäle vollständig mit möglichst viel Guttapercha und möglichst wenig Sealer dicht zu füllen, ist es das Ziel der lateralen Kompaktion, zu dem Masterpoint weitere, kleinere Guttaperchastifte in den Wurzelkanal zu applizieren. Dazu wird mit einem Fingerspreader die bereits im Wurzelkanal befindliche Guttapercha kalt verformt und dabei in den Wurzelkanalquerschnitt hinein kompaktiert, um so Platz für weitere Guttaperchastifte zu schaffen. Ein Problem der lateralen Kompaktion können allerdings vertikale Wurzelfrakturen sein, die durch die mit dem Fingerspreader applizierte Kraft verursacht werden. Ob die laterale Kompaktion bei sachgemäßer Kraftanwendung tatsächlich mit einem erhöhten Risiko von Längsfrakturen assoziiert ist, ist bisher nicht abschließend geklärt. Eine zu starke Krafteinwirkung sollte allerdings vermieden werden [27]. Bei zu geringer Kraftanwendung ist es aber fraglich, ob ausreichend Sealer in alle Bereiche des Wurzelkanals gepresst wird.

### 4. Warme Obturationstechniken

Aufgrund dieser Nachteile der kalten Wurzelkanalfülltechniken wurden warme, thermoplastische Obturationstechniken empfohlen, um den Anteil von Guttapercha in einer Wurzelkanalfüllung zu erhöhen. Mit dieser Technik kann im Idealfall das ganze Wurzelkanalsystem einschließlich Seitenkanäle und apikaler Ramifikationen mit Guttapercha statt nur mit Sealer gefüllt werden. Da die Wurzel-



**Abbildung 1** Bei den Sealern auf Kalziumsilikatbasis (KSS) lassen sich 2 Darreichungsformen unterscheiden: vorgemischte, Ein-Komponenten-KSS gebrauchsfertig in Spritzen und Zwei-Komponenten-KSS aus Pulver und Wasser oder 2 Pasten, die vor Gebrauch angemischt werden müssen. Beispiel für einen Ein-Komponenten Kalziumsilikat-haltigen Sealer auf MTA-Basis (EndoSeal MTA; Maruchi, Wonju, Korea) zur direkten Applikation in den Wurzelkanal.

kanalfüllung unter Druck erfolgt, wird erwärmtes und somit verflüssigtes Guttapercha mehr oder weniger kontrolliert in die Seitenkanäle hineingepresst [22, 40]. Weitlumige oder unregelmäßig geformte Wurzelkanalsysteme sind mit thermoplastischen Wurzelkanalfülltechniken einfacher, schneller und sicherer zu füllen. Auch für komplexe Wurzelkanalanatomien (z.B. tiefe Aufzweigung von Wurzelkanälen) oder Wurzelkanälen mit sehr irregulärem Querschnitt (z.B. c-förmige Kanäle; internes Granulom) erscheint die thermoplastische Obturation eindeutig von Vorteil zu sein [27].

Bei der „Continuous-Wave-Technik“ nach Buchanan wird zur Erwärmung der Guttapercha zumeist eine Temperatur von 200 °C vorgeschlagen. Der verwendete Sealer sollte daher mit der thermoplastischen Obturation kompatibel sein und im angewendeten Temperaturintervall stabil bleiben, da es sonst zu einer chemischen Desintegration oder zu gravierenden Veränderungen der werkstoffkundlichen Eigenschaften kommen könnte. Denkbar sind Verklumpungen des Sealers oder vorzeitiges bzw. ausbleibendes Abbinden [27]. Welche Sealergruppen allerdings überhaupt mit thermoplastischen Obturationstechniken kompatibel sind, ist in der Literatur umstritten. Beispielsweise wurde empfohlen, epoxidharzhaltige Sealer lediglich einer Temperatur von maximal 100 °C auszuset-

zen. Andernfalls könnte es zu chemischen Veränderungen kommen. Dagegen seien KSS bis 125 °C chemisch noch stabil, auch wenn diese von den Herstellern nicht für Warmfülltechniken freigegeben sind. Zinkoxid-Eugenol-haltige Sealer sind dagegen gar nicht thermostabil [3]. In einer weiteren Studie wurde ebenfalls festgestellt, dass epoxidharzhaltige Sealer nicht mit thermoplastischen Obturationstechniken kompatibel sind – im Gegensatz zu Sealern auf Kalziumhydroxidbasis [9]. Andere Autoren konnten dagegen keine wesentlichen physikalischen oder chemischen Veränderungen bei Sealern auf Epoxidharz- oder Zinkoxid-Eugenolbasis durch thermische Behandlung feststellen [18].

### 5. Kalte versus warme Obturationstechniken

Ob die thermoplastischen Fülltechniken im Vergleich zur Zentralstifttechnik oder lateralen Kompaktion zu verbesserten Erfolgsraten führen, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Eine Studie berichtete zwar in Fällen mit apikaler Parodontitis über eine 10 % höhere Erfolgsrate bei der thermoplastischen Obturation im Vergleich zur (kalten) lateralen Kompaktion [20], aber nicht viele Studien unterstützen diesen Befund, sondern zeigen eher keinen Unterschied [11]. Einer Metaanalyse zufolge sind hinsichtlich der Erfolgsraten die kalte laterale Kompaktion und die thermo-



**Abbildung 2** Beispiel für einen Zwei-Komponenten Kalziomsilikat-haltigen Sealer bestehend aus Pulver und Wasser (BioRoot RCS; Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Frankreich). Bei Pulver- und Wasser-basierten Sealern kann die Konsistenz entsprechend der klinischen Situation passend eingestellt werden.

plastischen Wurzelkanalfülltechniken als gleichwertig zu betrachten [35]. Zehn klinische Studien, von denen 9 randomisiert waren, wurden in diese Metaanalyse einbezogen, und 1748 zuvor unbehandelte Zähne wurden entweder mit kalter lateraler Kompaktion oder warmer Guttapercha thermoplastisch obturiert. Eine Auswertung erfolgte in einem Zeitraum von 1–5 Jahren. Während beide Methoden – kalte laterale Kompaktion und thermoplastische Obturation – ein statistisch ähnliches Niveau hinsichtlich postoperativen Beschwerden, Langzeitergebnis und Füllungsqualität aufwiesen, führt die thermoplastische Obturation signifikant häufiger zu einer Überpressung von Wurzelkanalfüllmaterial [35].

## 6. Bakteriendichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen

Grundsätzlich beeinträchtigt ein Mikroleakage das Ergebnis und den Erfolg jeder Wurzelkanalbehandlung [6]. Daher ist eine möglichst bakteriendichte Wurzelkanalfüllung wünschenswert. Allerdings konnte bisher mit keiner Wurzelkanalfülltechnik, weder warm noch kalt, eine zuverlässige bakteriendichte Obturation des Wurzelkanalsystems erreicht werden [31, 41]. Nach Exposition von suffizient gefüllten Wurzelkanälen mit Speichel kommt es zu einer Penetration von Mikroorganismen in das Wurzelkanalsystem. Innerhalb von 3–60 Tagen weist eine freiliegende, dem Mundmilieu ausgesetzte Wurzelkanalfüllung aus Guttapercha und

Sealer ein mikrobielles Leakage entlang der Wurzelkanalfüllung auf – unabhängig von der Obturationsmethode [31, 41].

Nicht nur Bakterien, sondern auch Endotoxine sind in der Lage, in Wurzelkanalfüllungen einzudringen und das periapikale Gewebe zu entzünden. Endotoxine sind Bestandteil der äußeren Zellmembran gramnegativer Bakterien und werden beim Zerfall dieser Bakterien freigesetzt. Endotoxine dringen möglicherweise schneller als Bakterien in das Wurzelkanalfüllmaterial ein und können eine apikale Entzündungsreaktion auslösen [1].

Auf Grundlage der bisher verfügbaren evidenzbasierten Studien kann man daher schlussfolgern, dass die Dichtigkeit der postendodontischen, koronalen Restauration mindestens genauso wichtig für den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung ist, wie die der eigentlichen Wurzelkanalfüllung selber. Es gibt hinsichtlich der Heilungschancen nach Wurzelkanalbehandlung keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Faktoren [23]. Koronale Undichtigkeiten werden als eine der Hauptursachen für das Versagen bei der Wurzelkanalbehandlung angesehen [1]. Eine Undichtigkeit der koronalen Restauration ist daher die wahrscheinlichste Erklärung für das Wiederauftreten einer apikalen Parodontitis [37] – nicht die Art der Wurzelkanalfüllungstechnik und wie hoch der Sealeranteil dabei ist.

## 7. Löslichkeit von Sealern auf Kalziomsilikatbasis

Unter Abwägung der Vor- und Nachteile der zuvor dargestellten verschiedenen Wurzelkanalfülltechniken und der Idee, bei den KSS von dem Postulat „möglichst viel Guttapercha und möglichst wenig Sealer“ abzuweichen, ergibt sich ein Aspekt, der einer näheren Betrachtung bedarf: Während Epoxidharz-haltige Sealer als nahezu unlöslich gelten, ist die Löslichkeit von KSS im Vergleich zu beispielsweise AH Plus signifikant höher [36, 45]. Dies kann sich bei einem neuen Behandlungskonzept „möglichst viel Sealer und möglichst wenig Guttapercha“ negativ auswirken.

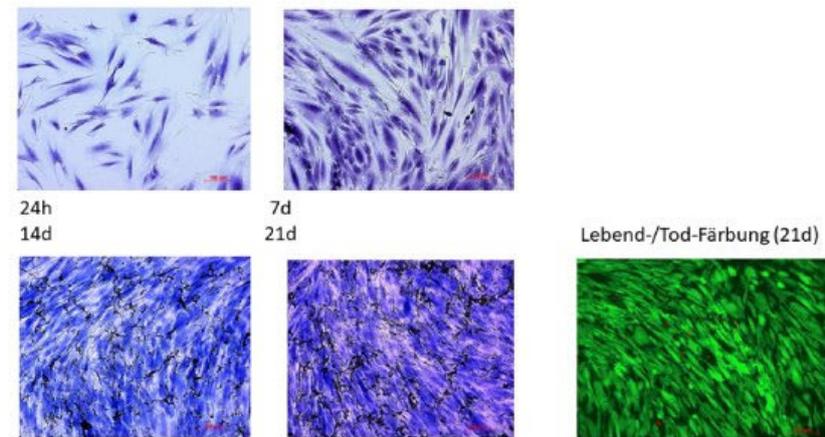
Laut der Norm ISO 6876:2012 sollte der Gewichtsverlust von Sea-

lern 24 h nach Lagerung in doppelt destilliertem Wasser weniger als 3 % betragen [28]. In einigen Studien zu den KSS BioRoot RCS und iRoot SP wurde eine höhere Löslichkeit berichtet. Andere Publikationen zu iRoot SP-, BioRoot RCS-, Endoseal MTA- und Endo C.P.M.-Sealer dagegen bestätigen eine Löslichkeit von weniger als 3 %. Insgesamt sind bisher die Daten in der Literatur dazu aber uneinheitlich [16].

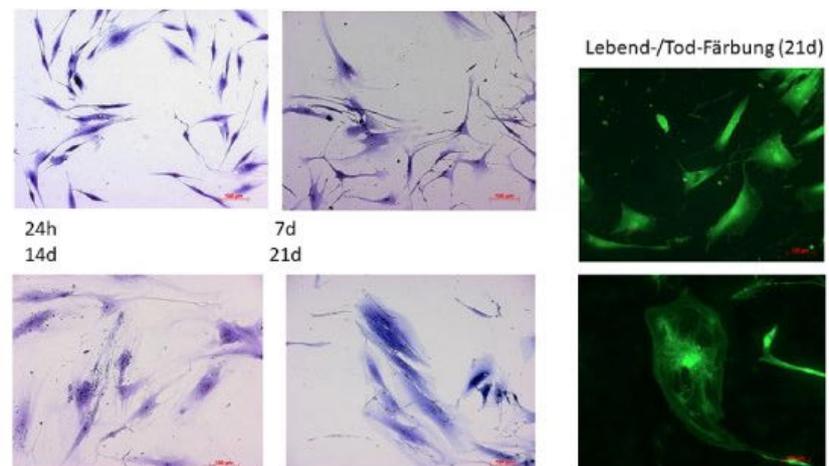
Die Löslichkeit ist dabei entscheidend abhängig vom Lagermedium. In doppeltdestilliertem Wasser (so wie in ISO 6876:2012 vorgegeben [28]) ist die Löslichkeit von KSS signifikant höher als in simulierter Körperflüssigkeit (phosphatgepufferte Kochsalzlösung, kurz PBS von englisch phosphate-buffered saline) [36, 45]. Eine Langzeituntersuchung ergab, dass die Löslichkeit eines KSS (BioRoot RCS) auch über einen Zeitraum von 6 Monaten bei Lagerung in PBS den Anforderungen der ISO 6876:2012 entsprach [45] (Abb. 5).

Aufgrund der Löslichkeit kommt es also innerhalb von 7 Tagen nach Lagerung in destilliertem Wasser und PBS zu einer Volumenabnahme bei den KSS. Allerdings konnte ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Bildung von Hohlräumen zwischen KSS und AH Plus während der Lagerzeit nicht festgestellt werden [44]. Alle Sealer weisen Hohlräume nach Wurzelkanalfüllung auf, unabhängig von der Art des Sealers [34]. Obwohl TotalFill BC-Sealer (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Schweiz) eine höhere Löslichkeit als AH Plus hat, wies dieser KSS bei einer Bewertung mittels Mikrocomputertomographie (Micro-CT) eine volumetrische Stabilität auf [43].

Grundsätzlich scheint jedoch die Löslichkeit – bedingt durch die Freisetzung von Ionen aus den KSS – mit einem positiven biologischen Ergebnis verbunden zu sein [50]. Die Löslichkeit der Sealer ist also ein zweischneidiges Schwert. Auf der einen Seite sollten Sealer nach Möglichkeit unlöslich sein, um auch über Jahre den Wurzelkanal dicht zu verschließen. Andererseits weiß man, dass, um bioaktive und biokompatible Effekte zu erreichen, Ionen aus den Sealern in das umgebende Gewebe in Lösung



**Abbildung 3** Menschliche Osteoblasten nach direktem Kontakt mit einem Eluat von BioRoot RCS nach bis zu 21 d in vitro. In der BioRoot RCS-Gruppe überlebten alle Osteoblasten den Kontakt mit einem 1:2 verdünnten Extrakt und eine deutliche Zellproliferation konnte beobachtet werden. Dies spricht für die Biokompatibilität und Bioaktivität der KSS (Richardson-Färbung und Lebend- (grün)/Tod- (rot) Färbung; Vergrößerung x 100) [30].



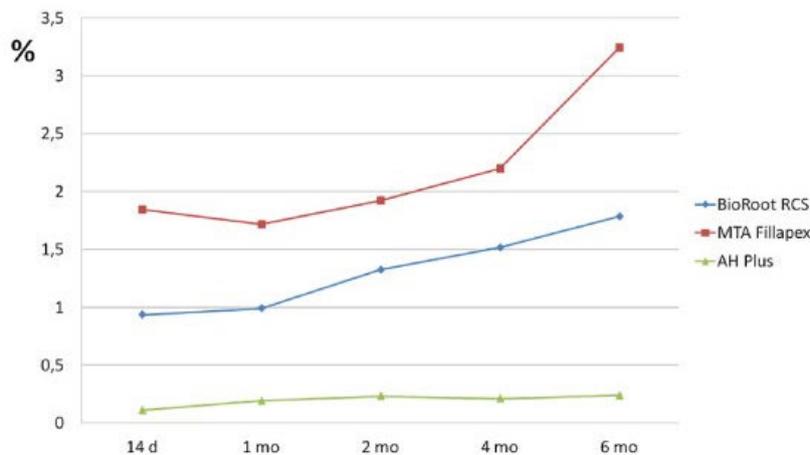
**Abbildung 4** In der AH Plus-Gruppe (Dentsply Sirona, Konstanz) starben nahezu alle menschlichen Osteoblasten in den ersten Tagen nach Zugabe des Sealer-Extrakts in einer Verdünnung von 1:10 ab. In der Richardson-Färbung und der Lebend-/Tod-Färbung waren nach 14 bzw. 21 d nur wenige Zellen sichtbar. Im Kontakt mit AH Plus wurde die Morphologie der Osteoblasten verändert; sie werden mit längerer Inkubationszeit größer (Tage 14 und 21; Vergrößerung x 100) [30].

gehen müssen. So ist bekannt, dass in vitro KSS auch in simulierter Körperflüssigkeit einen hohen Level an  $Ca^{2+}$ -Ionen- und an OH-Ionen-Freisetzung aufweisen. Aber auch Silizium-Ionen werden freigesetzt [7, 10, 49]. All diese Ionen tragen bekanntermaßen zur Ausheilung apikaler Läsionen bei.

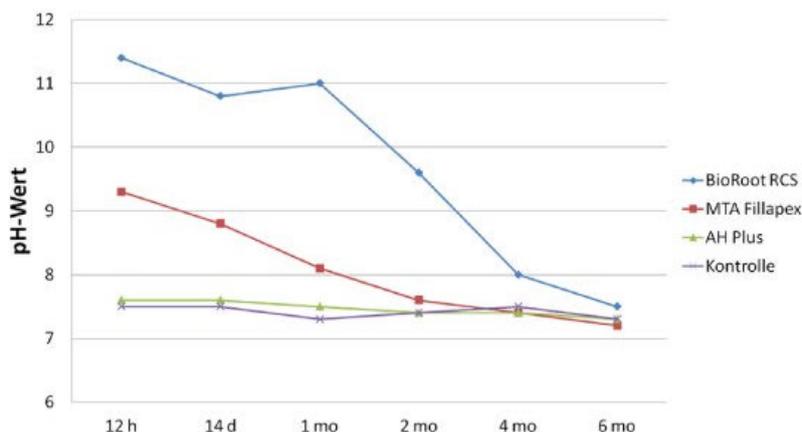
Die Freisetzung von OH-Ionen führt in vitro zudem zu einem basischen pH-Wert für einen Zeitraum von bis zu 4 Monaten [45] (Abb. 6).

Dadurch lassen sich u.U. die nachgewiesenen antimikrobiellen Effekte der KSS erklären [33, 47, 51]. So sind beispielsweise Endosequence BC-Sealer und BioRoot RCS gegenüber *E. faecalis* wirksam – sowohl direkt nach Applikation als auch im abgebundenen Zustand [8, 33]. KSS sind auch gegen viele andere Keime im Wurzelkanal aktiv [16]. Dentinkontakt verstärkt den antibakteriellen Effekt [8, 47].

Hinsichtlich des apikalen Abdichtungsvermögens der KSS sind die An-



**Abbildung 5** Löslichkeit von BioRoot RCS, MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brasilien) und AH Plus in phosphatgepufferter Kochsalzlösung (PBS) zur Simulation von Körperflüssigkeit. Die Löslichkeit der KSS BioRoot RCS und MTA Fillapex war im Vergleich zu AH Plus signifikant erhöht. Allerdings entsprach die Löslichkeit von BioRoot RCS auch über einen Zeitraum von 6 Monaten den Anforderungen der ISO 6876:2012 von weniger als 3 % [45].



**Abbildung 6** pH-Werte von BioRoot RCS, MTA Fillapex und AH Plus in phosphatgepufferter Kochsalzlösung (PBS) zur Simulation von Körperflüssigkeit. BioRoot RCS führt für einen Zeitraum von bis zu 4 Monaten in vitro zu einem basischen pH-Wert in der Phosphat-gepufferten Kochsalzlösung. Dies kann durch die Freisetzung von OH<sup>-</sup>-Ionen aus dem Sealer erklärt werden (Kontrolle = PBS ohne Sealer) [45].

gaben in der Literatur bisher widersprüchlich. Im Vergleich zu herkömmlichen Sealern wurde den neuen KSS ein vergleichbares oder sogar besseres apikales Abdichtungsvermögen attestiert. Andere Studien fanden dagegen ein signifikant erhöhtes apikales Mikroleakage [16]. Beim Abbindevorgang interagieren die KSS mit der Oberfläche des Wurzelkanalwanddentins; ein Prozess, der über Monate ablaufen kann. Es kann darüber spekuliert werden, inwieweit dadurch im Laufe der Zeit die Löslichkeit abnimmt und es zu einer Verbesserung der Versiegelung des Wurzel-

kanals durch ein KSS kommen kann [42]. Trotzdem steht zu befürchten, dass es, bedingt durch mögliche Auflösungsprozesse der KSS v.a. im apikalen Drittel, evtl. zu einer Re-Kolonisierung von Mikroorganismen kommen kann, was dann unter Umständen zu einer Reinfektion des Wurzelkanalsystems beiträgt. Im Falle einer Auflösung des Sealers, entstehen in der apikalen Region Hohlräume, die von Mikroorganismen (re-)kolonisiert werden könnten. Dies kann prinzipiell auf 3 Wegen geschehen: 1. Passage von Mikroorganismen aus koronalen Regionen, 2. Persistenz von Mi-

kroorganismen in der apikalen Region (Biofilm im Wurzelkanal), 3. Reinfektion aus z.B. extrakanalärem Biofilm oder infiziertes Weichgewebe.

## 8. Kalziumsilikat-basierte Sealer und thermoplastische Obturation

Um nun das Problem der Löslichkeit der KSS zu umgehen und den Sealeranteil doch möglichst gering zu halten, könnte man geneigt sein, auf thermoplastische Obturationsmethoden zurückzugreifen. Allerdings sind Sealer auf Kalziumsilikatbasis zum größten Teil von den Herstellern bislang nicht für warme Wurzelkanalfülltechniken freigegeben, da sie zum Abbinden Feuchtigkeit benötigen und thermoplastische Obturationstechniken dem Sealer möglicherweise zu viel Feuchtigkeit entziehen können. Dies könnte die Eigenschaften der Materialien beeinträchtigen [9, 27].

Nach der Erwärmung von BioRoot RCS auf über 100 °C wurde Wasserverlust und eine irreversible Veränderung in der chemischen Struktur des Materials berichtet. Außerdem wurden reversible Veränderungen in der chemischen Struktur von iRoot SP nach Erwärmung über 125 °C beschrieben [3]. In einer anderen Studie wurde iRoot SP dagegen durch die thermische Behandlung in seinen chemischen oder physikalischen Eigenschaften nicht beeinflusst [12]. Jedoch unterscheiden sich Art und Dauer der Wärmeanwendung zwischen den Studien. Aber gerade die Art und Dauer der Wärmeanwendung könnten das Ergebnis solcher In-vitro-Studien beeinflussen [3, 18, 46]. Die Simulation der Wärmebehandlung sollte die klinische Situation so gut wie möglich widerspiegeln, um Ergebnisse mit klinischer Relevanz zu erhalten. Daher sollten intrakanaläre Temperaturen und klinisch relevante Aufheizzeiten für die Untersuchung des Effekts der thermischen Behandlung von Sealern während der thermoplastischen Obturation berücksichtigt werden [17].

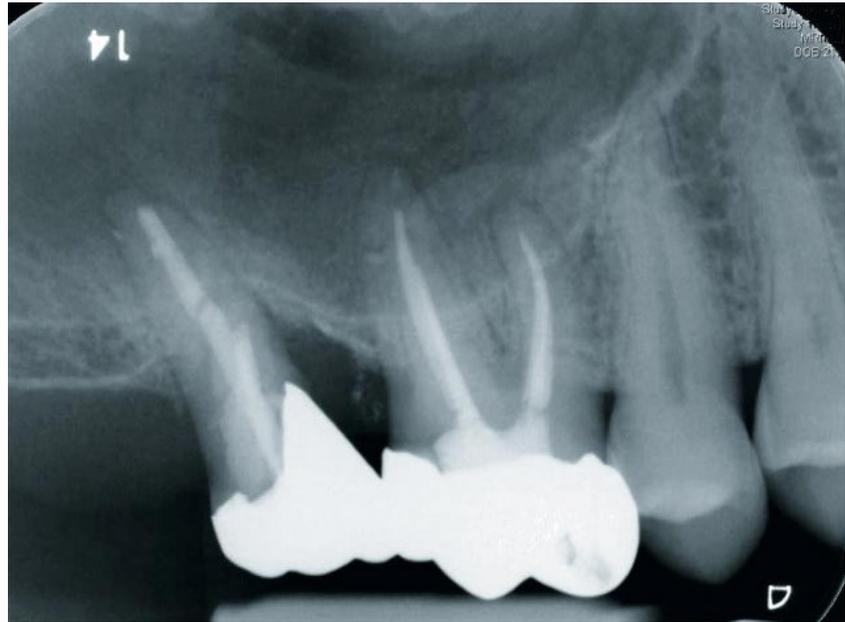
Es ist daher grundsätzlich fraglich, ob diese hohen Temperaturen von 100–200 °C bei der thermoplastischen Obturation im Wurzelkanal überhaupt erreicht werden. In einer kürzlich publizierten In-vitro-Studie

lag die höchste gemessene Temperatur mit der „Continuous Wave Technik“ bei 56 °C, welche vermutlich kaum Einfluss auf die Sealer hat [17]. Zusammenfassend lässt sich aber feststellen, dass es nur wenige Informationen über den Einfluss klinisch relevanter Temperaturen auf KSS gibt.

Nur ein Produkt, der Sealer Endo-sequence BC Sealer HiFlow (Brasseler USA, Savannah, USA), der auch als Total Fill BC Sealer HiFlow (FKG Dentaire) vertrieben wird, wird für die thermoplastische Obturation des Wurzelkanals empfohlen. Dieser Sealer sollte laut Hersteller ausschließlich zusammen mit entsprechend niedrig schmelzender Guttapercha verwendet werden. In der bisher einzigen Studie, in der der BC Sealer HiFlow entsprechend erwärmt wurde, wurde seine chemische Zusammensetzung durch die thermische Behandlung nicht verändert. Auch die Fließrate, Filmdicke und Abbindezeit wurden aus klinischer Sicht nicht relevant beeinflusst [12].

## 9. Klinische Studien zu Kalziumsilikat-basierten Sealern

KSS sind seit ihrer Markteinführung 2007 vielfach *in vitro* untersucht worden und zeigen dabei positive Ergebnisse, die eine klinische Anwendung vielversprechend erscheinen lassen. Allerdings gibt es bisher nur relativ wenige klinische Studien zu den KSS [19]. In einer randomisierten kontrollierten Studie mit 114 Zähnen wurde kein signifikanter Unterschied in Bezug auf postoperative Schmerzen zwischen dem konventionellen Sealer AH Plus und dem KSS Total Fill BC Sealer gefunden. Wurzelkanalfüllungen ohne Sealerextrusion führen nur selten zu postoperativen Beschwerden. Die Wahl des Sealers hat keinen Einfluss auf das Auftreten von Beschwerden [25]. Zu vergleichbaren Ergebnissen kam eine weitere Studie. Die Ergebnisse zeigten auch hier, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen AH Plus und iRoot SP hinsichtlich der Inzidenz postoperativer Schmerzen nicht vorlag. Allerdings nahmen – im Vergleich zu Patienten, bei denen iRoot SP Sealer zum Einsatz kam – Patienten, bei denen AH Plus Sealer ver-



**Abbildung 7** Röntgenkontrollaufnahme nach Wurzelkanalfüllung mit Guttapercha und BioRoot RCS an Zahn 16 (kalte, laterale Kompaktion).



**Abbildung 8** Röntgenologische apikale Ausheilung mesiale Wurzelspitze 6 Monate nach Wurzelkanalbehandlung an Zahn 16.

wendet wurde, kurz nach der Wurzelkanalfüllung signifikant häufiger Schmerzmittel ein [2].

Wurzelkanalfüllungen mit der Zentralstifttechnik in Kombination mit Endo-sequence BC Sealer können hohe Erfolgsraten erreichen. Nach einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 30 Monaten wurden 90,9 % der Wurzelkanalbehandlungen als Erfolg gewertet, wobei 83,1 % der Fälle als Heilung und 7,8 % als heilend eingestuft wurden.

In 47,4 % der Fälle kam es zu einer Sealer-Extrusion, was aber keinen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg hatte [13]. Im direkten Vergleich zwischen der Zentralstifttechnik unter Verwendung eines KSS (BioRoot RCS) und warmer vertikaler Kompaktion mit einem Epoxidharzhaltigen Sealer (AH Plus) ließ sich klinisch nach einem Jahr ein signifikanter Unterschied hinsichtlich Erfolgsraten nicht feststellen. Anhand von DVT-Aufnahmen wurde für AH Plus

(Abb. 1–8: T. Dammaschke)

(warmer vertikaler Kompaktion) eine Erfolgsrate von 80 % und für Bio-Root RCS (Zentralstifttechnik) von 84 % bestimmt. Röntgenologisch lagen die Erfolgsraten bei 89 % (AH Plus) bzw. 90 % (BioRoot RCS). Der Unterschied war statistisch nicht signifikant. Die Autoren sehen in den Ergebnissen eine klinisch validierte Rechtfertigung zur Verwendung der Zentralstifttechnik mit einem KSS, auch wenn es sich um eine nicht-randomisierte Studie handelt [50].

## 10. Fazit

Obwohl Studien über den langfristigen klinischen Erfolg noch fehlen, haben sich KSS zu einer relevanten Alternative zu Sealern auf Epoxidharzbasis entwickelt. Die Aussagekraft der bisher vorliegenden klinischen Studien ist aufgrund der kurzen Nachbeobachtungszeiträume sicherlich mit Vorsicht zu betrachten. Allerdings ist eindeutig eine Tendenz zu erkennen, dass Wurzelkanalfüllungen mit KSS am Patienten erfolgreich sein können [19] – auch mit Zentralstifttechnik und ohne thermoplastische Obturation (Abb. 7 und 8).

In einer Mikro-CT-Analyse wurde die Obturationsqualität von zwei Abfüllmethoden verglichen: die Zentralstifttechnik mit dem KSS EndoSequence BC und die thermoplastische Obturation mit AH Plus als Sealer. Dabei gab es keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich Füllvolumen und Hohlräumen. Mit beiden Abfüllmethoden konnte eine vergleichbare Qualität Wurzelkanalfüllung erzielt werden. Keiner der beiden Methoden in Kombination mit dem jeweiligen Sealer war in der Lage, das Wurzelkanalsystem vollständig zu füllen [38].

Aufgrund der Biokompatibilität und Bioaktivität stellen Kalziumsilikat-basierte Sealer in Kombination mit kalten Obturationsmethoden eine Alternative zu thermoplastischen Obturationsmethoden dar. Dennoch ist die Frage, ob die Kalt- oder Warmobturation die bessere Technik für Sealer auf Kalziumsilikatbasis ist, bisher unbeantwortet.

Kalziumsilikat-basierte Sealer führen vermutlich nicht zum Ende der thermoplastischen Obturationsmethoden. Allerdings muss man

nach derzeitiger Datenlage auch feststellen, dass thermoplastischen Obturationsmethoden für eine erfolgreiche endodontische Behandlung nicht zwingend notwendig sind.

Grundsätzlich muss man bedenken, dass der Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung und die Ausheilung von Entzündungsprozessen nicht nur mit der Obturationstechnik, sondern auch direkt mit der suffizienten Entfernung von infiziertem Gewebe, den Mikroorganismen und deren Toxinen sowie der korrekten Desinfektion des Wurzelkanalsystems und einer bakterien-dichten Restauration des wurzelkanalbehandelten Zahns zusammenhängen.

## Interessenkonflikte

Till Dammaschke gibt an, dass er Honorare der Firma Septodont für Vorträge erhalten hat.

## Literatur

- Alves J, Walton R, Drake D: Coronal leakage: endotoxin penetration from mixed bacterial communities through obturated, post-prepared root canals. *J Endod* 1998; 24: 587–591
- Atav Ates A, Dumani A, Yoldas O, Unal I: Post-obturation pain following the use of carrier-based system with AH Plus or iRoot SP sealers: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig* 2019; 23: 3053–3061
- Atmeh AR, Hadis M, Camilleri J: Real-time chemical analysis of root filling materials with heating: guidelines for safe temperature levels. *Int Endod J* 2020; 53: 698–708
- Bachicha WS, DiFiore PM, Miller DA, Lautenschlager EP, Pashley DH: Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod* 1998; 24: 703–708
- Berzins DW: Chemical properties of MTA. In: Torabinejad M (ed): *Mineral trioxide aggregate. Properties and clinical applications*. Wiley Blackwell Publishing, Hoboken, New Jersey 2014, 17–36
- Bogen G, Kuttler S: Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. *J Endod* 2009; 35: 777–790
- Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA et al.: Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J* 2012; 45: 419–428
- Bukhari S, Karabucak B: The antimicrobial effect of bioceramic sealer on an 8-week matured *Enterococcus faecalis* biofilm attached to root canal dentinal surface. *J Endod* 2019; 45: 1047–1052
- Camilleri J: Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod* 2015; 41: 72–78
- Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I: Bioactivity of a calcium silicate-based endodontic cement (BioRoot RCS): interaction with human periodontal ligament cells in vitro. *J Endod* 2015; 41: 1469–1473
- Castellucci A: Obturation of the radicular spaces. In: Rotstein I, Ingle JI (ed): *Ingle's endodontics*. 7th Edition. PMPH USA, Raleigh 2019, 669–727
- Chen B, Haapasalo M, Mobuchon C, Li X, Ma J, Shen Y: Cytotoxicity and the effect of temperature on physical properties and chemical composition of a new calcium silicate-based root canal sealer. *J Endod* 2020; 46: 531–538
- Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J: Clinical outcome of non-surgical root canal treatment using a single-cone technique with endosequence bioceramic sealer: A retrospective analysis. *J Endod* 2018; 44: 941–945
- Dammaschke T: Sealer auf Kalziumsilikatbasis. *Der Freie Zahnarzt* 2020; 64: 64–71
- Davalou S, Gutmann JL, Nunn MH: Assessment of apical and coronal root canal seals using contemporary endodontic obturation and restorative materials and techniques. *Int Endod J* 1999; 32: 388–396
- Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E: Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology* 2019; 107: 421–436
- Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S: Real-time intracanal temperature measurement during different obturation techniques. *J Endod* 2018; 44: 1832–1836
- Donnermeyer D, Urban K, Bürklein S, Schäfer E: Physico-chemical investigation of endodontic sealers exposed to simulated intracanal heat application: epoxy resins and zinc oxide-eugenols. *Int Endod J* 2020; 53: 690–697
- Donnermeyer D: Literatur-Rundschau: Kalziumsilikat-basierte Wurzelkanalsealer – die klinische Datenlage. *Endodontie* 2020; 29: 209–216
- Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S: Treatment outcomes in endodontics – the Toronto study. Part II: initial treatment. *J Endod* 2004; 30: 302–309

21. Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A: Comparative biocompatibility and osteogenic potential of two bioceramic sealers. *J Endod* 2019; 45: 51–56
22. Gilhooly RMP, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PMH: Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. *Int Endod J* 2000; 33: 415–420
23. Gillen BM, Looney SW, Gu LS et al.: Impact of the quality of the coronal restoration versus the quality of the root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2011; 37: 895–902
24. González-Martín M, Torres-Lagares D, Gutiérrez-Pérez JL, Segura-Egea JJ: Inferior alveolar nerve paresthesia after overfilling of endodontic sealer into the mandibular canal. *J Endod* 2010; 36: 1419–1421
25. Graunaite I, Skucaite N, Lodiene G, Agentiene I, Machiulskiene V: Effect of resin-based and bioceramic root canal sealers on postoperative pain: a split-mouth randomized controlled trial. *J Endod* 2018; 44: 689–693
26. Hergt A, Wiegand A, Hülsmann M, Rödiger T: AH Plus root canal sealer – an updated literature review. *Endo (Lond Engl)* 2015; 9: 245–265
27. Herrmann H-W, Hülsmann M, Schäfer E: Probleme bei der Wurzelkanalfüllung. In: Hülsmann M, Schäfer E (Hrsg): Probleme in der Endodontie. Prävention, Identifikation und Management. 2. Aufl., Quintessenz Verlag, Berlin 2019, 291–322
28. International Organization for Standardization: International Standard ISO 6876:2012: Dental root canal sealing materials. International Organization for Standardization, Geneva 2012
29. Jung S, Libricht V, Sielker S, Hanisch MR, Schäfer E, Dammaschke T: Evaluation of the biocompatibility of root canal sealers on human periodontal ligament cells ex vivo. *Odontology* 2019; 107: 54–63
30. Jung S, Sielker S, Hanisch MR, Libricht V, Schäfer E, Dammaschke T: Cytotoxic effects of four different root canal sealers on human osteoblasts. *PLoS One* 2018; 13: e0194467. doi: 10.1371/journal.pone.0194467
31. Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M: Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod* 1993; 19: 458–461
32. Kontakiotis EG, Wu M-K, Wesselink PR: Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J* 2003; 30: 307–312
33. Long J, Kreft JU, Camilleri J: Antimicrobial and ultrastructural properties of root canal filling materials exposed to bacterial challenge. *J Dent* 2020; 93: 103283. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103283
34. Milanovic I, Milovanovic P, Antonijevic D, Dzeletovic B, Djuric M, Miletic V: Immediate and long-term porosity of calcium silicate-based sealers. *J Endod* 2020; 46: 515–523
35. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X: Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod* 2007; 33: 106–109
36. Prüllage RK, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T: Material properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer. *J Endod* 2016; 42: 1784–1788
37. Ricucci D, Siqueira JF Jr.: Recurrent apical periodontitis and late endodontic treatment failure related to coronal leakage: a case report. *J Endod* 2011; 37: 1171–1175
38. Roizenblit RN, Soares FO, Lopes RT, Dos Santos BC, Gusman H: Root canal filling quality of mandibular molars with EndoSequence BC and AH Plus sealers: a micro-CT study. *Aust Endod J* 2020; 46: 82–87
39. Schäfer E, Nelius B, Bürklein S: A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig* 2012; 16: 225–230
40. Schilder H: Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967; 11: 723–744
41. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Abad EC, Castro AJ, Gahyva SM: Bacterial leakage in coronally unsealed root canals obturated with 3 different techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90: 647–650
42. Steffen R, Coray R, Stratigaki E: Mineraltrioxidaggregat und bioaktive Zement in der Kinderzahnmedizin. *Quintessenz Zahnmed* 2019; 70: 302–314
43. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chavez-Andrade GM et al.: Physicochemical properties and volumetric change of silicone/bioactive glass and calcium silicate-based endodontic sealers. *J Endod* 2017; 43: 2097–2102
44. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M: Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J* 2020; 53: 385–391
45. Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D, Schäfer E, Dammaschke T: Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: a long-term investigation. *J Endod* 2018; 44: 1736–1740
46. Viapiana R, Moizadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J: Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and Bio-Root RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J* 2016; 49: 774–782
47. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M: Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod* 2014; 40: 505–508
48. Wu M-K, Wesselink PR: A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 2001; 34: 137–141
49. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J: In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. *J Endod* 2015; 41: 111–124
50. Zavattini A, Knight A, Foschi F, Mannonci F: Outcome of root canal treatment using a new calcium silicate root canal sealer: a non-randomized clinical trial. *J Clin Med* 2020; 9: 782 doi: 10.3390/jcm9030782
51. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M: Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2009; 35: 1051–1055



(Foto: T. Dammaschke)

**PROF. DR. TILL DAMMASCHKE**  
 Poliklinik für Parodontologie und  
 Zahnerhaltung  
 Universitätsklinikum Münster  
 Albert-Schweitzer-Campus 1,  
 Gebäude W 30, Waldeyerstr. 30,  
 48149 Münster  
 tillda@uni-muenster.de

Gabriel Krastl, Kerstin Galler, Till Dammaschke, Edgar Schäfer

# Ist die Pulpotomie eine valide Behandlungsoption bei irreversibler Pulpitis?\*

Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET)

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten?

Die vorliegende Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET) präsentiert den aktuellen Stand der Wissenschaft zu vitalerhaltenden Maßnahmen an Zähnen mit pulpanaher Karies und irreversibler Pulpitis.

**Zusammenfassung:** Nach derzeitigem Kenntnisstand sind vitalerhaltende Maßnahmen bei pulpanaher Karies nur an pulpa-vitalen Zähnen indiziert, die asymptomatisch sind oder allenfalls Symptome einer reversiblen Pulpitis aufweisen. Bei Vorliegen einer irreversiblen Pulpitis existiert mit der Wurzelkanalbehandlung nach Vitalexstirpation eine zuverlässige und etablierte Methode, die nach wie vor als Goldstandard angesehen werden sollte. Aktuell veröffentlichte klinische Studien zeigen jedoch, dass trotz Diagnose „irreversible Pulpitis“ nach partieller oder vollständiger Pulpotomie überraschend hohe Erfolgsquoten erzielt werden können. Dies stellt nicht nur derzeitige Konzepte zur Behandlung pulpitischer Zähne in Frage, sondern auch die aktuelle Nomenklatur pulpaler Erkrankungen. Zwar ist eine Übereinstimmung der Diagnosestellung „irreversible Pulpitis“ mit histologisch nachweisbaren Bereichen von bakteriell infiziertem oder bereits nekrotischem Gewebe evident, jedoch sind diese Bereiche in direktem örtlichem Bezug zur kariösen Läsion in der Kronenpulpa lokalisiert und betreffen nicht das gesamte Gewebe.

Bei der Pulpotomie wird entzündetes und somit stark blutendes Pulpagewebe vollständig und bis in das gesunde Restgewebe entfernt, um die Voraussetzungen für dessen Ausheilung zu schaffen. Bislang liegen 12 klinische Studien vor, die auf die Vitalerhaltung bei kariösen Zähnen mit irreversibler Pulpitis fokussieren. Der Behandlungserfolg nach Beobachtungszeiträumen von 1 bis 5 Jahren liegt in den meisten Studien zwischen 85 % und 95 %, unabhängig von Patientenalter und Art der Pulpotomie (partiell oder vollständig). Allerdings muss berücksichtigt werden, dass Langzeitstudien fehlen und die Aussagekraft einzelner Studien durch diverse qualitative Mängel limitiert ist. Dennoch kann aufgrund der derzeitigen Datenlage die Pulpotomie als valide Behandlungsoption bei irreversibler Pulpitis angesehen werden und kommt als Alternative zur Vitalexstirpation durchaus in Frage. Der Erfolg der Pulpotomie hängt, neben der korrekten Indikationsstellung, maßgeblich von der adäquaten Durchführung der erforderlichen Behandlungsschritte ab. Dazu gehört, neben dem aseptischen Behandlungskonzept mit konsequenter Anwendung von Kofferdam und sterilem Instrumentarium, auch die Verwendung von Vergrößerungshilfen, die ein ausreichend präzises Vorgehen bei der Amputation ermöglichen, die endodontische Fachkenntnis zur Beurteilung des exponierten Pulpagewebes, die Anwendung geeigneter Maßnahmen zur Desinfektion, die Abdeckung des Gewebes mit einem bioaktiven Material sowie die sofortige bakterien-dichte koronale Restauration.

**Schlüsselwörter:** partielle Pulpotomie; Pulpitis; Vitalerhaltung; vollständige Pulpotomie

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universitätsklinikum Würzburg: Prof. Dr. Gabriel Krastl  
 Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universitätsklinikum Regensburg: Prof. Dr. Kerstin Galler  
 Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung, Universitätsklinikum Münster: Prof. Dr. Till Dammaschke  
 Zentrale Interdisziplinäre Ambulanz, Universitätsklinikum Münster: Prof. Dr. Edgar Schäfer

\*Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Krastl G, Galler K, Dammaschke T, Schäfer E: Is pulpotomy a valid treatment option for irreversible pulpitis? Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 80–87

**Zitierweise:** Krastl G, Galler K, Dammaschke T, Schäfer E: Ist die Pulpotomie eine valide Behandlungsoption bei irreversibler Pulpitis? Dtsch Zahnärztl Z 2021; 76: 114–122

**Peer-reviewed article:** eingereicht: 30.08.2020, revidierte Fassung akzeptiert: 12.10.2020

DOI.org/10.3238/dzz.2021.0011

## Is pulpotomy a valid treatment option for irreversible pulpitis?

**Summary:** Based on the current state of knowledge, vital pulp treatment on teeth with deep carious lesions is indicated only in vital teeth which are asymptomatic, or at the most, show symptoms of reversible pulpitis. In cases of irreversible pulpitis, vital pulp extirpation and root canal treatment constitutes a reliable and established method that should still be considered the gold standard. However, recently published clinical studies show that, despite the diagnosis of "irreversible pulpitis", surprisingly high success rates can be achieved after partial or full pulpotomy. These findings do not only challenge the current treatment concepts for teeth affected by pulpitis, but also the current system for diagnosing different stages of the disease. Although the diagnosis of "irreversible pulpitis" is consistent with histologically detectable areas of bacterially infected or already necrotic tissue, these areas are localized beneath the carious lesion in the coronal pulp and do not affect the entire pulp tissue.

Pulpotomy involves the complete removal of inflamed, and therefore heavily bleeding, pulp tissue up to the level where the remaining pulp tissue is healthy in order to create the necessary conditions for healing. To date, a total of 12 clinical studies with a focus on vital pulp treatment in teeth with deep carious lesions and irreversible pulpitis have been published. Success rates after observation periods of 1 to 5 years range between 85 % and 95 % in most studies, regardless of patient age and type of pulpotomy (partial or full). However, it must be taken into account that long-term studies are lacking, and the significance of the individual studies is limited by various qualitative deficits. In spite of these shortcomings, based on the current data, pulpotomy can be regarded as a valid treatment option for irreversible pulpitis and it certainly represents an alternative to vital pulp extirpation. Whereas the correct indication is critical, the success of a pulpotomy procedure mainly relies on the adequate performance of the necessary treatment steps. This includes, in addition to the aseptic treatment concept in combination with the consistent use of rubber dam and sterile instruments, the use of magnifying aids to enable a sufficiently precise amputation procedure, the endodontic expertise to assess the exposed pulp tissue, the application of appropriate disinfection measures and capping of the tissue with a bioactive material followed by an immediate coronal seal.

**Keywords:** partial pulpotomy; pulpitis; vital pulp therapy; full pulpotomy

### Einleitung

Die hohe Erfolgsrate korrekt durchgeführter Wurzelkanalbehandlungen ist durch zahlreiche Studien belegt. Dies gilt insbesondere für therapiebedürftige Zähne ohne präoperative apikale Parodontitis [45]. Obwohl nach Vitalexstirpation und Wurzelkanalbehandlung die Erfolgsraten nach etwa 5 Jahren bei 90 % liegen [22], tritt damit stets der vollständige Funktionsverlust des Pulpagewebes ein [18]. Auch resultieren daraus verschiedene Nachteile, wie die erhöhte

Frakturgefahr durch Substanzabtrag sowie morphologische und strukturelle Veränderungen des Dentins im Zuge der Behandlung und eine mögliche höhere maximale Belastung aufgrund des teilweisen Verlustes des propriozeptiven Schutzmechanismus [23, 36]. Weitere Probleme, die nach Wurzelkanalbehandlungen auftreten können, sind Zahnverfärbungen [29] sowie eine erhöhte Kariesanfälligkeit, bedingt durch eine erhöhte Plaqueanlagerung und veränderte Mikroflora [41] oder aufgrund der feh-

lenden Abwehrleistung des Pulpa-Dentin-Komplexes und des fehlenden Schmerzwarnsystems. Auch kann sich eine Wurzelkanalbehandlung als komplexer darstellen als zunächst angenommen, was den Erfolg der Behandlung maßgeblich beeinträchtigen kann. Bei endodontischem Misserfolg ist eine weitere zahnerhaltende Therapie (Revision oder Wurzelspitzenresektion) mit deutlich erhöhtem Aufwand verbunden.

Die genannten Probleme können vermieden werden, wenn es gelingt, die Pulpa vital zu erhalten. Verfahren zur Vitalerhaltung der Pulpa sind konservative Maßnahmen, die mit einem deutlich geringeren zeitlichen Aufwand durchführbar sind als eine Wurzelkanalbehandlung [6]. Bei korrekter Indikation und Durchführung sind vitalerhaltende Maßnahmen mit hohen Erfolgsraten verbunden [18] und langfristig kosteneffektiv [52, 63].

Darüber hinaus ist in der zahnmedizinischen Fachliteratur in den letzten Jahren ein deutlicher Trend zugunsten der Vitalerhaltung zu verzeichnen, der wissenschaftlich von verschiedenen zahnmedizinischen Fachrichtungen verfolgt wird [10, 18, 21, 51].

Für einen Überblick zu vitalerhaltenden Maßnahmen nach Pulpaexposition wird auf die wissenschaftliche Mitteilung der DGET „Aktuelle Empfehlungen zur Vitalerhaltung der Pulpa“ verwiesen [18].

Der vorliegende Beitrag fokussiert ausschließlich auf die Möglichkeiten der Vitalerhaltung nach teilweiser Entfernung von Pulpagewebe in Situationen, in denen nach bisheriger Auffassung die Pulpa nicht erhaltungsfähig erscheint und somit eine Wurzelkanalbehandlung indiziert ist. Somit wird hier die partielle Pulpotomie (Teilamputation der koronalen Pulpa) sowie die vollständige Pulpotomie (vollständige Amputation der koronalen aber Erhalt der radikulären Pulpa) diskutiert.

Unberücksichtigt bleiben vitalerhaltende Maßnahmen nach traumatischer Pulpaexposition (direkte Überkappung und partielle Pulpotomie nach komplizierter Kronenfraktur), da in solchen Situationen die Vitalerhaltung zwingend angestrebt werden sollte und auch mit hohem Erfolg vorhersagbar möglich ist

[24, 30]. Ebenfalls ausgeschlossen sind Fälle mit pulpanaher Karies an Zähnen ohne Hinweise auf eine irreversible Pulpitis, da diese ebenfalls keine primäre Indikation für eine Wurzelkanalbehandlung darstellen.

### 1. Biologischer Hintergrund für die Pulpotomie bei kariöser Exposition

Entzündliche Reaktionen entstehen im Pulpagewebe in der überwiegenden Zahl der Fälle durch mikrobielle Reize bedingt durch kariöse Läsionen, seltener nach traumatischer Schädigung, aber auch nach hinreichender mechanischer, thermischer oder chemischer Irritation. Je nach Intensität des Reizes kann die Entzündung ausheilen oder aber an Intensität zunehmen und akute oder chronische Verlaufsformen annehmen. Dabei breitet sich das Entzündungsgeschehen vom Ort der Reizeinwirkung ausgehend im Pulpagewebe aus. Dies bedingt, dass zum einen zeitgleich gesundes Gewebe neben von unterschiedlichen Ausprägungen der Entzündung betroffenem Gewebe vorliegen kann, zum anderen ergeben sich mit dem Fortschreiten des entzündlichen Prozesses ständig Veränderungen. In der Vergangenheit wurden verschiedene Klassifikationen entwickelt, um den Pulpastatus möglichst adäquat zu beschreiben, diese lassen sich im Wesentlichen in klinische und histologische einteilen. Dabei kann histologisch eine Vielzahl an Gewebezuständen in der Pulpa beschrieben werden, während die klinische Diagnostik mit den derzeit verfügbaren Mitteln lediglich eine Einteilung in ein grobes Raster zulässt. Da der histopathologische Zustand der Pulpa klinisch nicht evaluiert werden kann, muss auf der Basis der Diagnosestellung ein Therapieentscheid abgeleitet werden. An den derzeit bestehenden Konsens, Pulpitiden klinisch in reversibel und irreversibel einzuteilen, wurde durch die AAE (American Association of Endodontists) festgehalten [1, 2]. Dabei wird die reversible Pulpitis diagnostiziert bei reizgebundenem Schmerz, die irreversible Pulpitis bei verstärkter Reaktion auf Sensibilitätsprobe in Kombination mit ausstrahlendem, reizüberdauerndem Schmerz oder Dauerschmerz, Spontanschmerz, Schmerz auf Wärme und möglicherweise unzu-

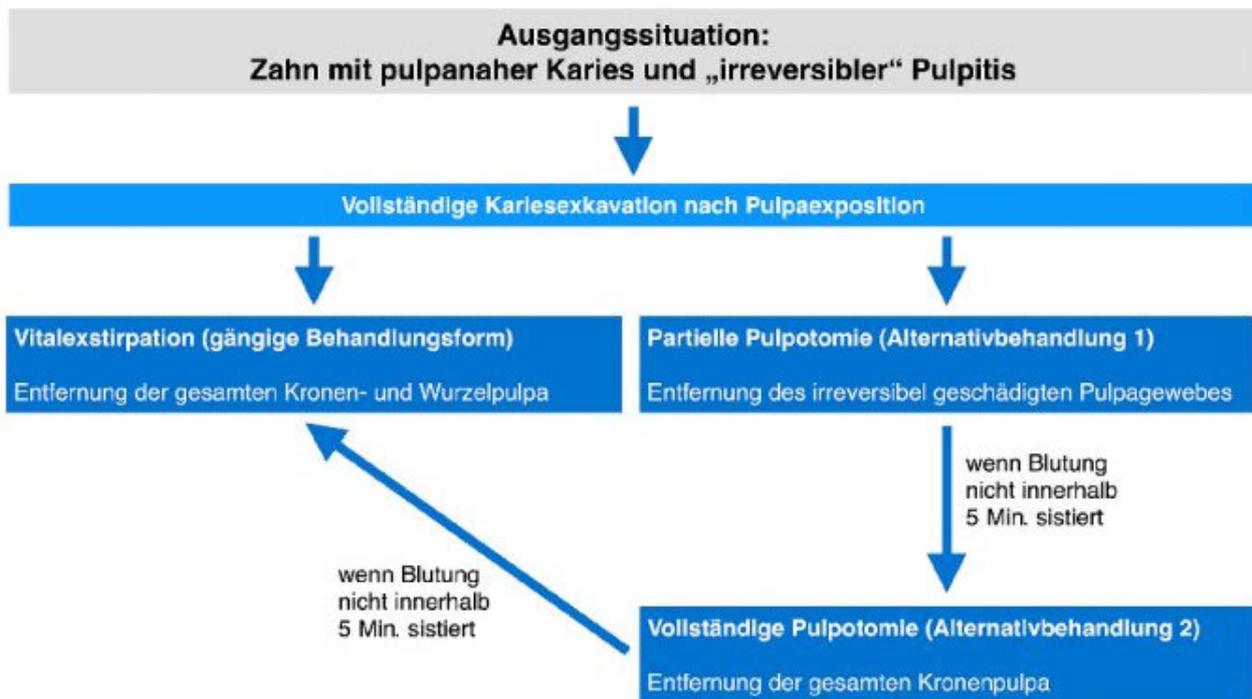
reichender Lokalisierbarkeit des schmerzauslösenden Zahnes durch den Patienten.

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind vitalerhaltende Maßnahmen bei pulpanaher Karies nur an pulpa-vitalen Zähnen indiziert, die asymptomatisch sind oder allenfalls Symptome einer reversiblen Pulpitis aufweisen [21]. Dies gilt auch für die selektive Kariesexkavation [10]. Liegen bereits Hinweise auf eine irreversible Pulpitis vor, ist nach bisheriger Auffassung eine Ausheilung des Gewebes nach Entfernung des auslösenden Reizes nicht vorhersehbar möglich, weswegen vitalerhaltende Maßnahmen als kontraindiziert gelten. Überraschenderweise konnten etliche klinische Studien in den letzten Jahren hohe Behandlungserfolge nach partieller und vollständiger Pulpotomie bei vermuteter irreversibler Pulpitis zeigen [3–6, 31, 33, 39, 47, 56–58, 60]. Dies stellt die Eignung der aktuellen Nomenklatur pulpaler Erkrankungen, den Zustand der Pulpa adäquat zu beschreiben, ebenso in Frage wie deren klinische Relevanz [62]. Einige Untersuchungen legen nahe, dass der histologische Zustand der Pulpa mit der klinischen Diagnosestellung in vielen Fällen korreliert [15, 48], insbesondere bei gesunden Zähnen und solchen mit reversibler Pulpitis [48], bei der sich eine moderate chronische Entzündungsreaktion zeigt. Auch bei klinischer Diagnosestellung „irreversible Pulpitis“ können histologisch in der Mehrheit der Fälle tatsächlich nekrotische und bakteriell infizierte Pulpabereiche nachgewiesen werden. Weiterhin kommt es in Anwesenheit von Bakterien im Pulpakavum zu Mikroabszessen und Gewebnekrosen, die von polymorphkernigen neutrophilen Granulozyten gesäumt sind. In der Peripherie finden sich entzündliche Infiltrate [48]. Jedoch betreffen diese Gewebnekrosen nicht die gesamte Pulpa, sondern beschränken sich örtlich auf die der kariösen Läsion benachbarten Areale, während die Wurzelpulpa bis auf einen partiellen Verlust des Odontoblastensaums weitgehend unverändert erscheint [48, 50]. Somit ist der Begriff der irreversiblen Pulpitis irreführend, da die klinische Diagnosestellung nicht mit der Fähigkeit des Gewebes, nach therapeutischer Intervention auszuheilen, gleichgesetzt

werden kann. Vitales Gewebe kann im Wurzelkanal selbst bei radiologisch erkennbarer initialer periapikaler Läsion noch vorhanden sein, wobei diese als lokale, durch Entzündungsmediatoren ausgelöste Immunantwort im periapikalen Gewebe angesehen wird [55] und somit keine absolute Kontraindikation für vitalerhaltende Maßnahmen darstellt [56].

Eine irreversible Pulpitis kann aber auch vollkommen asymptomatisch ablaufen. Zähne, die histologisch die oben beschriebene Immunreaktion zeigten, waren laut Datenlage in 14–60 % der Fälle klinisch symptomfrei [42, 53]. In 15,6 % der Fälle stimmten klinische und histologische Diagnose nicht überein [48]. Darüber hinaus besteht nicht notwendigerweise ein signifikanter Zusammenhang zwischen spontanen Schmerzen vor der Behandlung, die eine irreversible Pulpitis vermuten lassen, und dem Erfolg einer vitalerhaltenden Maßnahme [40]. Bei der Diagnosestellung „irreversible Pulpitis“ muss zudem berücksichtigt werden, dass Schmerzempfindung immer subjektiv ist, nicht mit dem Ausmaß der Entzündung korreliert und sich nicht histologisch nachweisen lässt. Die Behandlung der Pulpitis sollte sich somit am Ausmaß der bakteriellen Infektion orientieren, das leider aufgrund der unzureichenden Korrelation zwischen Symptomatik und histologischem Befund in der klinischen Situation nicht genau bestimmt werden kann.

Es besteht jedoch eine gute Korrelation zwischen der Tiefe der bakteriellen Penetration in das Dentin und der histologisch nachweisbaren Reaktion der Pulpa auf eine kariöse Läsion [38]. Die klinische Einteilung des Beschwerdebilds im Sinne einer reversiblen oder irreversiblen Pulpitis sagt daher wenig über die Regenerationsfähigkeit des Gewebes aus [11]. Die Beurteilung der Blutungen des Gewebes nach Pulpalexposition ist dagegen ein zuverlässigeres Diagnoseverfahren als die Sensibilitätsprobe und die Schmerzsymptomatik. Bei oberflächlichen Entzündungen tritt nur eine schwach ausgeprägte Blutung auf (V.a. reversible Pulpitis). Kommt es aber zur Penetration von Bakterien tiefer in das Pulpagewebe hinein, resultieren ausgeprägtere Entzündungsreaktionen, die Blutung aus



**Abbildung 1** Therapiemöglichkeiten bei irreversibler Pulpitis

dem Gewebe ist somit stärker (V.a. „irreversible Pulpitis“). Pulpablutungen können daher den Grad der Entzündung ebenso widerspiegeln wie die Chance auf Heilung, die bei starker oder anhaltender Blutung als Anzeichen der entzündlichen Schädigung der entsprechenden Gewebsteile signifikant verringert ist [14, 28, 34, 40]. Entzündetes und stark blutendes Pulpagewebe muss bei einer Pulpotomie somit vollständig und bis in das gesunde Restgewebe entfernt werden, um die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Vitalerhaltung zu schaffen. Aber analog wie beispielsweise bei einer akuten Infektion im Bereich des Fingernagels, bei der eine gezielte Exzision des infizierten Gewebes und nicht die Amputation des ganzen Fingers erfolgt [35], wäre auch bei einer Pulpitis die ausschließliche Exzision der irreversibel geschädigten Pulpaareale naheliegend.

Im Rahmen der Schmerzbehandlung bei irreversibler Pulpitis ist die Pulpotomie eine seit Jahrzehnten etablierte Notfallmaßnahme. Zwei aktuelle randomisierte kontrollierte Studien zeigen, dass die Schmerzbeseitigung durch eine Pulpotomie vergleichbar zuverlässig erfolgt wie nach Vitaalexstirpation [19, 20]. Die deutlich zeitaufwän-

digere Wurzelkanalbehandlung mit chemomechanischer Aufbereitung kann so zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Die Überlegung, eine Pulpotomie in solchen Fällen nicht nur als temporäre Maßnahme, sondern als definitive endodontische Behandlung einzusetzen ist nicht neu und reicht weit ins letzte Jahrhundert [12]. Allerdings wurde dieses Thema erst in den letzten Jahren auf der Grundlage neuer Erkenntnisse aus dem Bereich der Pulpbiologie einerseits und der Einführung neuer bioaktiver Materialien andererseits intensiver erforscht [54].

Zusätzlich entstand in Ländern, in denen Wurzelkanalbehandlungen der breiten Öffentlichkeit aus Kostengründen nicht zugänglich sind, die Überlegung, die Pulpotomie als weniger aufwändige Alternative einzusetzen und so die ansonsten notwendige Extraktion zu vermeiden [3, 63]. Tatsächlich ist die Behandlungszeit bei der Pulpotomie im Vergleich zur Wurzelkanalbehandlung auf etwa ein Drittel reduziert [6].

## 2. Klinische Durchführung der Pulpotomie bei kariöser Exposition

Ausgangspunkt für die Durchführung der Pulpotomie ist die Exposition der

Pulpa im kariösen Dentin und/oder eine Symptomatik im Sinne einer irreversiblen Pulpitis (Abb. 1). Der Zahn wird mit Kofferdam isoliert und die klinische Krone desinfiziert. Die vollständige Kariesexkavation wird von peripher nach zentral durchgeführt, idealerweise unter Verwendung optischer Vergrößerungshilfen. Anschließend erfolgt die erste Beurteilung des Pulpagewebes an der Expositionsstelle. Häufig finden sich infizierte Dentinspäne, die während der Exkavation in das Pulpagewebe transportiert wurden. Hyperämische und nekrotische Pulpa-bereiche können aneinandergrenzen, wobei eine blass-gelbliche Farbe auf die fehlende Blutzirkulation und eine Nekrose hindeuten. Gelegentlich finden sich Mikroabszesse [49]. Ziel der Pulpotomie ist es nun, geschädigte Gewebeanteile zu entfernen und bis in die gesunde Pulpa hinein zu amputieren. Hierfür wird ein hochtourig rotierender diamantierter Schleifkörper unter Wasserkühlung eingesetzt.

Technisch ist die Durchführung der vollständigen (= zervikalen) Pulpotomie (engl. „full pulpotomy“ oder „pulp chamber pulpotomy“) am einfachsten durchführbar, da der Endpunkt der Amputation durch die Wurzelkanäleingänge klar definiert ist. Da

insgesamt deutlich mehr Gewebe entfernt wird als bei einer partiellen Pulpotomie, ist die Wahrscheinlichkeit erhöht, ausschließlich gesundes und regenerationsfähiges Gewebe zu hinterlassen, was sich in einer hohen Erfolgsaussicht niederschlägt. Allerdings bringt dieses Verfahren auch Nachteile mit sich. So ist der Sensibilitätstest im Rahmen der klinischen Nachuntersuchungen nicht aussagekräftig und der Behandlungserfolg lediglich radiologisch beurteilbar – mit den entsprechenden Limitationen. Ferner ist – im Gegensatz zur partiellen Pulpotomie – das Risiko für eine Obliteration der Wurzelkanäle nach vollständiger Pulpotomie erhöht [18].

Vor diesem Hintergrund sollte sich das Ausmaß der Amputation an der Tiefe, in der gesundes Pulpagewebe mit geringer Blutungsneigung und rasch stillbarer Blutung identifiziert werden kann, ausgerichtet sein. Während nach traumabedingter Pulpaexposition und anschließendem Kontakt zum oralen Milieu, entzündliche Pulpaveränderungen auch nach bis zu 7 d, auf die koronalen 2 mm beschränkt bleiben [17, 26], ist die Tiefe der Gewebsdestruktion durch einen kariösen Prozess deutlich variabler. Dabei ist eine zuverlässige Beurteilung des Gewebszustandes nur mit ausreichender Vergrößerung und Beleuchtung möglich.

Zur Spülung und Desinfektion der Amputationsstelle wird Natriumhypochlorit (NaOCl) empfohlen, wobei unter Verwendung der in der Endodontie üblichen 1–5,25%igen Lösungen die Konzentration kein prognostisch entscheidender Faktor zu sein scheint [43]. Die vorsichtige Kompression mit einem mit NaOCl getränktem Wattepellet kann die weitere Blutstillung erleichtern. Die Verwendung eines Hämostyptikums wird nicht empfohlen, da es den wahren Entzündungszustand der Pulpa „maskieren“ würde [64]. Ebenso wenig wird aufgrund fehlender Evidenz der Einsatz eines Lasers empfohlen. In einer jüngeren randomisierten kontrollierten Studie konnte für die zusätzliche Verwendung eines Er,Cr:YSGG-Lasers bei der Pulpotomie nach kariöser Exposition an asymptomatischen wurzelunreifen Zähnen ein Vorteil nicht festgestellt werden [59].

Nach Amputation und Spülung ist von einem Sistieren der Blutung innerhalb von 5 min auszugehen. Diese Zeitangabe liefert jedoch lediglich einen groben Richtwert, da in einzelnen Untersuchungen auch deutlich längere Blutungszeiten (15 min und länger) noch zu einem Behandlungserfolg geführt haben [47]. Eine persistierende Blutung weist darauf hin, dass die Pulpa nicht bis auf ein gesundes Niveau reduziert wurde [64]; in diesem Fall kann eine tiefere Pulpotomie bis hin zur vollständigen Pulpotomie als letztmögliche vitalerhaltende Maßnahme erwogen werden. Zwar existieren Berichte über erfolgreiche tiefere Pulpotomien in der Literatur, bei denen die Amputationsstelle bis zu mehreren Millimetern unterhalb der Wurzelkanäleingänge lag, allerdings ist aus Sicht der Autoren – zumindest bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum – kein entscheidender Vorteil im Vergleich zu einer Vitalexstirpation erkennbar.

Auf die freiliegende Pulpaoberfläche wird eine wässrige Kalziumhydroxid-Suspension oder bevorzugt ein hydraulischer Kalziumsilikatzement aufgebracht und lokal mit einem erhärtenden Material dünn überschichtet [16]. Während mittlerweile klare Hinweise für die Überlegenheit hydraulischer Kalziumsilikatzemente im Vergleich zu Kalziumhydroxid bei vitalerhaltenden Maßnahmen nach kariöser Pulpaexposition vorliegen [13, 27, 32, 37, 58], scheinen innerhalb der Gruppe der Kalziumsilikatzemente selbst – bis auf das zu berücksichtigende Diskolorationspotenzial – keine klinisch entscheidenden Unterschiede zu existieren [37]. Von der Anwendung lichtpolymerisierbarer fließfähiger Materialien mit MTA-Zusatz in direktem Kontakt zur Pulpa muss aufgrund der eingeschränkten Biokompatibilität dieser Materialien abgeraten werden [7, 46]. Die adhäsive, bakteriendichte Restauration schließt sich an, diese nimmt maßgeblich Einfluss auf den Behandlungserfolg.

### 3. Evidenzlage zur Erfolgs-sicherheit vitalerhalten-der Maßnahmen bei irreversibler Pulpitis und mögliche Einflussfaktoren

Im Vergleich zu Zähnen mit traumatischer Schädigung ist nach kariöser

Exposition von einer deutlichen Vorschädigung der Pulpa durch den bereits seit mehr oder weniger langer Zeit bestehenden Kontakt zu bakteriellen Toxinen oder sogar den Bakterien selbst auszugehen. Dabei wirken sich Läsionsgröße, Keimspektrum sowie Geschwindigkeit des Fortschreitens der Läsion auf den Pulpastatus aus [18]. Daher wäre zu erwarten, dass die hohen Erfolgsraten von über 90 % nach partieller Pulpotomie an Zähnen mit komplizierter Kronenfraktur [24] deutlich über denjenigen nach kariöser Pulpaexposition liegen. Bislang existieren aber mehr als 10 klinische Studien, die auf die Vitalerhaltung kariöser Zähne mit Diagnosestellung „irreversible Pulpitis“ fokussieren und ebenfalls eine hohe Erfolgssicherheit dokumentieren (Tab. 1). Der Behandlungserfolg nach Beobachtungszeiträumen von 1 bis 5 Jahren liegt in den meisten Studien zwischen 85 % und 95 %, unabhängig davon, ob eine partielle oder eine vollständige Pulpotomie vorgenommen wurde.

Obwohl die Hälfte der Untersuchungen randomisierte kontrollierte Studien sind und damit in der Hierarchie der Evidenzlevel an der obersten Stufe aller Primärstudien stehen, muss berücksichtigt werden, dass selbst dieser Studientyp nur bei methodisch korrekter und der Fragestellung angemessener Planung, Durchführung und Auswertung belastbare Ergebnisse generieren kann. Insgesamt ist die Aussagekraft einzelner Studien durch diverse qualitative Mängel, wie eine fehlende Verblindung der Untersucher sowie durch ungenau und uneinheitlich definierte Erfolgskriterien, limitiert [8]. Ein Behandlungserfolg nach Pulpotomie wird in den meisten Studien dann angenommen, wenn weder klinische noch radiologische Hinweise auf eine Pulpanekrose vorliegen. Allerdings ist der tatsächliche Zustand der verbliebenen Pulpa nur schwer beurteilbar. Die fehlende Reaktion auf Sensibilitätstests ist zumindest bei der vollständigen Pulpotomie der Behandlung geschuldet und kann nicht als Misserfolgskriterium gewertet werden. Da als häufigste Misserfolgsursache nach Pulpotomie aber eine asymptomatische apikale Parodontitis angenommen wird [31], muss davon ausgegangen wer-

| Studie                             | Studien-<br>typ | Patienten-<br>alter             | Anzahl<br>behand-<br>elter<br>Zähne | Initiale<br>Pulpadiag-<br>nose                                   | Beobach-<br>tungs-<br>zeitraum | Maß-<br>nahme       | Überkap-<br>pungs-<br>material | Erfolg                                       | Einfluss<br>Alter |
|------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|--|-------------------|
| (Asgary & Eghbal 2013)             | RCT             | 9–65 Jahre<br>ø 27 Jahre        | 413                                 | Irreversible<br>Pulpitis   | 1 Jahr                         | Vollst. P.          | CEM<br>MTA                     | 92 % (CEM)<br>95 % (MTA)                     | k.A.              |
| (Asgary & Eghbal 2014)             | RCT             | 9–65 Jahre                      | 407                                 | Irreversible<br>Pulpitis   | 2 Jahre                        | Vollst. P.<br>VitE. | CEM                            | 86 % (Zerv. P.)<br>80 % (VitE)               | k.A.              |
| (Asgary et al. 2015)               | RCT             | 9–65 Jahre                      | 407                                 | Irreversible<br>Pulpitis   | 5 Jahre                        | Vollst. P.<br>VitE. | CEM                            | 71 % (Zerv. P.)<br>66 % (VitE)               | kein<br>Einfluss  |
| Kunert et. Al 2015                 | Retrosop.       | 8–79 Jahre                      | 273                                 | Nicht expli-<br>zit angege-<br>ben aber<br>zur WKB<br>überwiesen | 5 Jahre<br>(1–29<br>Jahre)     | Vollst. P.          | KH                             | 89 % (1 Jahr)<br>63 % (10 Jah-<br>re)        | kein<br>Einfluss  |
| Kumar et al 2016                   | RCT             | 14–32                           | 54                                  | Irreversible<br>Pulpitis   | 1 Jahr                         | Vollst. P.          | MTA<br>KH<br>PRF+MTA           | 44 % (MTA)<br>38 % (KH)<br>36 %<br>(PRF+MTA) | k.A.              |
| (Taha, Ah-<br>mad et al.<br>2017)  | Prosp.          | 11–51 Jahre                     | 52                                  | Irreversible<br>Pulpitis<br>(> 80 %)                             | 3 Jahre                        | Vollst. P.          | MTA                            | 92,7 %                                       | kein<br>Einfluss  |
| (Qudeimat<br>et al. 2017)          | Prosp.          | 7–13 Jahre<br>ø 10,7 Jah-<br>re | 23                                  | Irreversible<br>Pulpitis   | 5 Jahre<br>(19–74<br>Monate)   | Vollst. P.          | MTA                            | 100 %  | k.A.              |
| (Linsuwa-<br>nont et al.<br>2017)  | Retrosop.       | 7–68 Jahre<br>ø 29 Jahre        | 55                                  | Irreversible<br>Pulpitis   | 3 Jahre<br>(8–62<br>Monate)    | Vollst. P.          | MTA                            | 84 %   | kein<br>Einfluss  |
| Asgary,<br>Eghbal<br>2017          | RCT             | 9–65 Jahre                      | 412                                 | Irreversible<br>Pulpitis   | 5 Jahre                        | Vollst. P.          | MTA<br>CEM                     | 85 % (MTA)<br>78 % (CEM)                     | kein<br>Einfluss  |
| Taha, Kha-<br>zali et al.<br>2017) | RCT             | 20–52 Jahre<br>ø 30 Jahre       | 50                                  | Irreversible<br>Pulpitis   | 2 Jahre                        | Part. P.            | MTA<br>KH                      | 85 % (MTA)<br>43 % (KH)                      | k.A.              |
| Taha et al<br>2018                 | Prosp.          | 19–69 Jahre                     | 52                                  | Irreversible<br>Pulpitis   | 1 Jahr                         | Vollst. P.          | Biod.                          | 98 %   | k.A.              |
| Uesrichai et<br>al 2019            | RCT             | 6–18 Jahre<br>ø 10 Jahre        | 69                                  | Irreversible<br>Pulpitis   | 32,2 ±<br>17,9<br>Monate       | Part. P.            | MTA<br>Biod.                   | 92 % (MTA)<br>87 % (Biod.)                   | k.A.              |

**(Allgemeine Abkürzungen:** RCT = randomisierte kontrollierte Studie; Retrosop. = Restrospektive klinische Studie; Prosp. = Prospektive klinische Studie; Part. P. = partielle Pulpotomie; Vollst. P. = Vollständige Pulpotomie; k.A. = keine Angaben; KH = Kalziumhydroxid; PRF = platelet-rich fibrin; **Abkürzungen der hydraulischen Kalziumsilikatzemente:** MTA = Mineral Trioxid Aggregate; CEM = Calcium Enriched Mixture; Biod. = Biodentine)

**Tabelle 1** Übersicht der klinischen Studien zu vitalerhaltenden Maßnahmen an bleibenden Zähnen mit „irreversibler Pulpitis“.  
(Abb. 1 und Tab. 1: G. Krastl)

den, dass eine Pulpanekrose zunächst unerkannt bleibt und erst bei Vorliegen einer radiologisch sichtbaren apikalen Parodontitis als Misserfolg gewertet wird. Daher sind gerade in diesem Bereich Langzeitstudien über mehr als 5 Jahre dringend erforderlich, da der Erfolg der Pulpotomie bei irreversibler Pulpitis bisher nur klinisch, nicht aber histologisch belegt ist.

Eine randomisierte kontrollierte Multicenter-Studie zum direkten Vergleich von Pulpotomie und Wurzelkanalbehandlung bei Zähnen mit irreversibler Pulpitis konnte einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Therapievarianten (Vitalexstirpation versus Pulpotomie) nicht feststellen [5]. Allerdings liegt der ermittelte Erfolg für die Wurzelkanalbehandlung nach Vitalexstirpation mit 66 % nach 5 Jahren in dieser Studie deutlich niedriger als die mit über 90 % angegebenen Erfolgsraten in anderen Studien [22]. Darüber hinaus erscheint auch ein Vergleich der Erfolgssicherheit zwischen Pulpotomie und Wurzelkanalbehandlung wenig sinnvoll, da bei Misserfolg unterschiedliche Voraussetzungen für den weiteren Zahnerhalt gegeben sind. Während sich bei einem Misserfolg nach Pulpotomie die Wurzelkanalbehandlung anschließt, ist bei der endodontischen Sekundärbehandlung und orthograden Revision von deutlich reduzierten Erfolgsraten auszugehen.

Unter den möglichen Einflussfaktoren für die Prognose vitalerhaltender Maßnahmen ist das Patientenalter ein häufig diskutierter Faktor. Günstige Voraussetzungen für die Vitalerhaltung sind bei jungen Patienten gegeben, bei denen das Gewebe ein höheres Regenerationspotenzial aufweist, insofern eine Vorschädigung der Pulpa nicht vorliegt [61]. Insbesondere wurzelunreife Zähne profitieren am meisten von einem vitalen, zur Hartsubstanzapposition fähigen Pulpagewebe. So kann das Wurzelwachstum zum Abschluss kommen. Mit zunehmendem Alter ist mit einer reduzierten Regenerationsfähigkeit durch Pulpaänderungen im Sinne einer zellärmeren und faserreicheren Pulpa zu rechnen [25, 44]. Trotzdem scheint das Patientenalter keinen entscheidenden Einfluss auf den Behandlungserfolg zu haben: In den vorliegenden

klinischen Studien zu vitalerhaltenden Maßnahmen an bleibenden Zähnen bei irreversibler Pulpitis wurden Patienten bis zu einem Lebensalter von 79 Jahren eingeschlossen (Tab. 1).

Unbeantwortet bleibt die Frage, ob die (Teil-)vitalerhaltung nach Pulpotomie die Prognose der behandelten Zähne im Vergleich zur Vitalexstirpation mit anschließender Wurzelkanalbehandlung tatsächlich erhöht. Dies wäre vor allem dann gegeben, wenn – unter der Voraussetzung der langfristigen Vitalerhaltung – eine erhöhte Frakturanfälligkeit nicht eintritt. Die hierzu notwendigen Langzeitdaten liegen nicht vor. Allerdings kann gemutmaßt werden, dass die Bedingungen nach partieller Pulpotomie mit Erhalt des größten Teils der koronalen Pulpa aus biomechanischer Sicht eher einem pulpa-vitalen Zahn ohne endodontische Intervention entsprechen als ein Zahn, der nach vollständiger Pulpotomie ausschließlich vitale Pulpastümpfe enthält.

### Fazit

Aus Patientensicht ist bei der Behandlung von Zähnen mit pulpanaher Karies und irreversibler Pulpitis die Therapieform zu wählen, die den betroffenen Zahn mit der höchsten Wahrscheinlichkeit langfristig symptomfrei sowie das periradikuläre Gewebe gesund erhält. Hierfür existiert mit der Wurzelkanalbehandlung nach Vitalexstirpation eine zuverlässige und etablierte Methode, die zweifelsfrei nach wie vor als Goldstandard angesehen werden sollte. Im Vergleich dazu ist die Evidenz für vitalerhaltende Maßnahmen bei Zähnen mit irreversibler Pulpitis bis dato noch überschaubar, insbesondere fehlen diesbezügliche Langzeitdaten.

Dennoch kann aufgrund der derzeitigen Datenlage die Pulpotomie als valide Behandlungsoption bei irreversibler Pulpitis angesehen werden und kommt als Alternative zur Vitalexstirpation durchaus in Frage [37]. Im Kontext der Behandlungskonzepte bei pulpitischen Erkrankungen sei auch auf die Fehlerhaftigkeit der derzeitigen Terminologie hingewiesen. Eine präzisere und therapiel leitende Einteilung, die die Möglichkeiten zum Gewbeerhalt mit abbildet, wäre wünschenswert.

Der Erfolg einer (partiellen oder vollständigen) Pulpotomie hängt ne-

ben der korrekten Indikationsstellung maßgeblich davon ab, ob die erforderlichen Maßnahmen adäquat durchgeführt werden. Hierzu gehört ein aseptisches Behandlungskonzept unter konsequenter Anwendung von Kofferdam und sterilem Instrumentarium, der Gebrauch adäquater Vergrößerungshilfen, um die Pulpaamputation präzise durchführen zu können, spezifisches endodontisches Wissen, um den Zustand des exponierten Pulpagewebes beurteilen zu können, die Desinfektion und Abdeckung des Gewebes mit einem geeigneten bioaktiven Material sowie eine sofortige bakteriendichte koronale Restauration. Aktuelle Daten zeigen, dass Abweichungen von diesen Anforderungen den Erfolg sämtlicher vitalerhaltender Maßnahmen nach Pulpalexposition deutlich senken [9].

Da jeder Zahnarzt mit der Pulpotomie als Notfallbehandlung bei irreversibler Pulpitis ohnehin vertraut sein sollte, wäre es nur ein weiterer Schritt, die Pulpotomie bei Bedarf und korrekter Indikationsstellung auch als definitive Maßnahme (unter Voraussetzung des notwendigen zusätzlichen Aufwandes) neben der Wurzelkanalbehandlung zu etablieren. Dies gilt insbesondere für junge Patienten mit wurzelunreifen Zähnen, die langfristig am meisten von einer Vitalerhaltung der Pulpa profitieren.

Allerdings ist der Aufwand in Verbindung mit einer korrekt durchgeführten (partiellen oder vollständigen) Pulpotomie als definitive Maßnahme im Abrechnungskatalog leider nicht ausreichend abgebildet.

Die vorliegende Wissenschaftliche Mitteilung basiert auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Da es sich um ein aktives Forschungsgebiet handelt, sind für die Zukunft bei Bedarf Aktualisierungen geplant.

### Interessenkonflikte

Till Dammaschke gibt an, dass er Honorare der Firma Septodont für Vorträge erhalten hat. Die Autoren G. Krastl, K. Galler und E. Schäfer erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

## Literatur

1. American Association of Endodontists: AAE Consensus conference recommended diagnostic terminology. *J Endod* 2007; 35: 1634
2. American Association of Endodontists: Glossary of endodontic terms. 10th Edition. 2020. (<https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>)
3. Asgary S, Eghbal MJ: Treatment outcomes of pulpotomy in permanent molars with irreversible pulpitis using bio-materials: a multi-center randomized controlled trial. *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 130–136
4. Asgary S, Eghbal MJ, Bagheban AA: Long-term outcomes of pulpotomy in permanent teeth with irreversible pulpitis: a multi-center randomized controlled trial. *Am J Dent* 2017; 30: 151–155
5. Asgary S, Eghbal MJ, Fazlyab M, Bagheban AA, Ghoddsi J: Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: a non-inferiority multicenter randomized clinical trial. *Clin Oral Investig* 2015; 19: 335–341
6. Asgary S, Eghbal MJ, Ghoddsi J: Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter randomized clinical trial. *Clin Oral Investig* 2014; 18: 635–641
7. Bakhtiar H, Nekoofar MH, Aminihakib P et al.: Human pulp responses to partial pulpotomy treatment with TheraCal as compared with Biodentine and ProRoot MTA: a clinical trial. *J Endod* 2017; 43: 1786–1791
8. Bjørndal L: Is pulpotomy preferable to root treatment where there is pulp exposure? *Evid Based Dent* 2019; 20: 117–118
9. Bjørndal L, Fransson H, Bruun G et al.: Randomized clinical trials on deep carious lesions: 5-year follow-up. *J Dent Res* 2017; 96: 747–753
10. Buchalla W, Frankenberger R, Galler KM et al.: Aktuelle Empfehlungen zur Kariesexkavation. Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ). *Dtsch Zahnärztl Z* 2017; 72: 484–494
11. Bürklein S, Sabandal M, Dammaschke T: Pulpa: Beurteilung von Vitalität und Sensibilität. *Zahnmedizin up2date* 2019; 13: 355–369
12. Chatterton DB: Pulp curettage. *J Am Dent Assoc* 1952; 45: 462–465
13. Cho SY, Seo DG, Lee SJ, Lee J, Lee SJ, Jung IY: Prognostic factors for clinical outcomes according to time after direct pulp capping. *J Endod* 2013; 39: 327–331
14. Christensen GJ: Pulp capping 1998. *J Am Dent Assoc* 1998; 129: 1297–1299
15. Cisneros-Cabello R, Segura-Egea JJ: Relationship of patient complaints and signs to histopathologic diagnosis of pulpal condition. *Aust Endod J* 2005; 31: 24–27
16. Cohenca N, Paranjpe A, Berg J: Vital pulp therapy. *Dent Clin North Am* 2013; 57: 59–73
17. Cvek M, Cleaton-Jones PE, Austin JC, Andreasen JO: Pulp reactions to exposure after experimental crown fractures or grinding in adult monkeys. *J Endod* 1982; 8: 391–397
18. Dammaschke T, Galler KM, Krastl G: Aktuelle Empfehlungen zur Vitalerhaltung der Pulpa. *Dtsch Zahnärztl Z* 2019; 74: 54–63
19. Eghbal MJ, Haeri A, Shahravan A et al.: Postendodontic pain after pulpotomy or root canal treatment in mature teeth with carious pulp exposure: a multicenter randomized controlled trial. *Pain Res Manag* 2020; 2020: 5853412
20. Eren B, Onay EO, Ungor M: Assessment of alternative emergency treatments for symptomatic irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. *Int Endod J* 2018; 51 (Suppl 3): e227–e237
21. Duncan HF, Galler KM, Tompson PL et al.: European Society of Endodontology position statement: management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J* 2019; 52: 923–934
22. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP: Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phase 1: initial treatment. *J Endod* 2003; 29: 787–793
23. Fuss Z, Lustig J, Katz A, Tamse A: An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *J Endod* 2001; 27: 46–48
24. Galler KM, Dammaschke T, Krastl G: Vitalerhaltung der Pulpa nach Trauma. *Die Quintessenz* 2019; 70: 1042–1048
25. Goodis HE, Kahn A, Simon S: Aging and the pulp. In: Hargreaves K, Goodis HE, Tay F (Hrsg): *Seltzer and Bender's dental pulp*. Quintessenz, Berlin 2012
26. Heide S, Mjør IA: Pulp reactions to experimental exposures in young permanent monkey teeth. *Int Endod J* 1983; 16: 11–19
27. Hilton TJ, Ferracane JL, Mancl L: Northwest practice-based research collaborative in evidence-based D. Comparison of CaOH with MTA for direct pulp capping: a PBRN randomized clinical trial. *J Dent Res* 2013; 92: 16S–22S
28. Kang CM, Sun Y, Song JS et al.: A randomized controlled trial of various MTA materials for partial pulpotomy in permanent teeth. *J Dent* 2017; 60: 8–13
29. Krastl G, Allgayer N, Lenherr P, Filippi A, Taneja P, Weiger R: Tooth discoloration induced by endodontic materials: a literature review. *Dent Traumatol* 2013; 29: 2–7
30. Krastl G, Weiger R: Vital pulp therapy after trauma. *ENDO (Lond Engl)* 2014; 8: 293–300
31. Kumar V, Juneja R, Duhan J, Sangwan P, Tewari S: Comparative evaluation of platelet-rich fibrin, mineral trioxide aggregate, and calcium hydroxide as pulpotomy agents in permanent molars with irreversible pulpitis: a randomized controlled trial. *Contemp Clin Dent* 2016; 7: 512–518
32. Kundzina R, Stangvaltaite L, Eriksen HM, Kerosuo E: Capping carious exposures in adults: a randomized controlled trial investigating mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide. *Int Endod J* 2017; 50: 924–932
33. Kunert GG, Kunert IR, da Costa Filho LC, de Figueiredo JAP: Permanent teeth pulpotomy survival analysis: retrospective follow-up. *J Dent* 2015; 43: 1125–1131
34. Langeland K: Management of the inflamed pulp associated with deep carious lesion. *J Endod* 1981; 7: 169–181
35. Langer M, Wieskötter B, Oeckenhöhler S, Breiter S: Akute Infektionen im Bereich des Fingernagels – die akuten Paronychien. *Handchirurgie Scan* 2014; 03: 69–85
36. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH: Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod* 2003; 29: 523–528
37. Li Y, Sui B, Dahl C et al.: Pulpotomy for carious pulp exposures in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2019; 84: 1–8
38. Lin LM, Ricucci D, Saoud TM, Sigurdsson A, Kahler B: Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology. *Aust Endod J* 2020; 46: 154–166
39. Linsuwanont P, Wimonsutthikul K, Pothimoke U, Santiwong B: Treatment outcomes of mineral trioxide aggregate pulpotomy in vital permanent teeth with carious pulp exposure: the retrospective study. *J Endod* 2017; 43: 225–230
40. Matsuo T, Nakanishi T, Shimizu H, Ebisu S: A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *J Endod* 1996; 22: 551–556
41. Merdad K, Sonbul H, Bukhary S, Reit C, Birkhed D: Caries susceptibility of endodontically versus nonendodontically treated teeth. *J Endod* 2011; 37: 139–142
42. Michaelson PL, Holland GR: Is pulpitis painful? *Int Endod J* 2002; 35: 829–832
43. Munir A, Zehnder M, Rechenberg DK: Wound lavage in studies on vital pulp therapy of permanent teeth with

carious exposures: a qualitative systematic review. *J Clin Med* 2020; 9: 984. doi: 10.3390/jcm9040984

44. Murray PE, Stanley HR, Matthews JB, Sloan AJ, Smith AJ: Age-related odontometric changes of human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93: 474–482

45. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K: Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J* 2008; 41: 6–31

46. Nilsen BW, Jensen E, Ortengren U, Michelsen VB: Analysis of organic components in resin-modified pulp capping materials: critical considerations. *Eur J Oral Sci* 2017; 125: 183–194

47. Qudeimat MA, Alyahya A, Hasan AA: Mineral trioxide aggregate pulpotomy for permanent molars with clinical signs indicative of irreversible pulpitis: a preliminary study. *Int Endod J* 2017; 50: 126–134

48. Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF, Jr: Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *J Endod* 2014; 40: 1932–1939

49. Ricucci D, Siqueira JF, Jr, Li Y, Tay FR: Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure. *J Dent* 2019; 86: 41–52

50. Ricucci D, Siqueira JF, Jr, Loghin S, Lin LM: Pulp and apical tissue response to deep caries in immature teeth: a histologic and histobacteriologic study. *J Dent* 2017; 56: 19–32

51. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L et al.: Managing carious lesions: consensus recommendations on carious tissue removal. *Adv Dent Res* 2016; 28: 58–67

52. Schwendicke F, Stolpe M: Direct pulp capping after a carious exposure versus root canal treatment: a cost-effectiveness analysis. *J Endod* 2014; 40: 1764–1770

53. Seltzer S, Bender IB, Ziontz M: The dynamics of pulp inflammation: correlations between diagnostic data and actual histologic findings in the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963; 16: 846–871

54. Simon S, Perard M, Zanini M, et al: Should pulp chamber pulpotomy be seen as a permanent treatment? Some preliminary thoughts. *Int Endod J* 2013; 46: 79–87

55. Stashenko P, Teles R, D'Souza R: Peri-apical inflammatory responses and their modulation. *Crit Rev Oral Biol Med* 1998; 9: 498–521

56. Taha NA, Abdelkhalder SZ: Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative

of irreversible pulpitis. *Int Endod J* 2018; 51: 819–828

57. Taha NA, Ahmad MB, Ghanim A: Assessment of mineral trioxide aggregate pulpotomy in mature permanent teeth with carious exposures. *Int Endod J* 2017; 50: 117–125

58. Taha NA, Khazali MA: Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. *J Endod* 2017; 43: 1417–1421

59. Tozar KN, Erkmen Almaz M: Evaluation of the efficacy of erbium, chromium-doped yttrium, scandium, gallium, and garnet laser in partial pulpotomy in permanent immature molars: a randomized controlled trial. *J Endod* 2020; 46: 575–583

60. Uesrichai N, Nirunsittirat A, Chuveera P, Srisuwan T, Sastraruji T, Chompu-Inwai P: Partial pulpotomy with two bioactive cements in permanent teeth of 6– to 18-year-old patients with signs and symptoms indicative of irreversible pulpi-

tis: a noninferiority randomized controlled trial. *Int Endod J* 2019; 52: 749–759

61. Wang G, Wang C, Qin M: Pulp prognosis following conservative pulp treatment in teeth with complicated crown fractures-A retrospective study. *Dent Traumatol* 2017; 33: 255–260

62. Wolters WJ, Duncan HF, Tomson PL et al.: Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *Int Endod J* 2017; 50: 825–829

63. Yazdani S, Jadidfarid MP, Tahani B, Kazemian A, Dianat O, Alim Marvasti L: Health technology assessment of CEM pulpotomy in permanent molars with irreversible pulpitis. *Iran Endod J* 2014; 9: 23–29

64. Zanini M, Hennequin M, Cousson PY: Which procedures and materials could be applied for full pulpotomy in permanent mature teeth? A systematic review. *Acta Odontol Scand* 2019; 77: 541–551



(Foto: Gabriel Krastl)

**PROF. DR. GABRIEL KRASTL**  
Poliklinik für Zahnerhaltung  
und Parodontologie  
Universitätsklinikum Würzburg  
Pleicherwall 2, 97070 Würzburg  
Deutschland  
Krastl\_G@ukw.de



(Foto: T. Dammaschke)

**PROF. DR. TILL DAMMASCHKE**  
Poliklinik für Parodontologie und  
Zahnerhaltung  
Universitätsklinikum Münster  
Albert-Schweitzer-Campus 1,  
Gebäude W 30, 48149 Münster  
tillda@uni-muenster.de



(Foto: UKR)

**PROF. DR. KERSTIN GALLER**  
Poliklinik für Zahnerhaltung  
und Parodontologie  
Universitätsklinikum Regensburg  
Franz-Josef-Strauss-Allee 11  
93053 Regensburg  
Kerstin.Galler@klinik.uni-regensburg.de



(Foto: UKM)

**PROF. DR. EDGAR SCHÄFER**  
Universitätsklinik für ZMK  
Poliklinik für Zahnerhaltung  
Waldeyerstr. 30, 48149 Münster  
Deutschland  
eschaef@uni-muenster.de

# Prof. Dr. Annette Wiegand zur Präsidentin-elect der DGZ gewählt



(Abb. 1: Rainer Haak)

**Abbildung 1** Prof. Dr. Rainer Haak/  
Leipzig, Präsident der DGZ



(Abb. 2: Patrice Kunte)

**Abbildung 2** Prof. Dr. Annette Wiegand/  
Göttingen, Präsidentin-elect der DGZ



(Abb. 3: Dirk Ziebolz)

**Abbildung 3** Prof. Dr. Dirk Ziebolz/  
Leipzig, Generalsekretär der DGZ

In einer virtuellen Mitgliederversammlung wurde Prof. Dr. Annette Wiegand aus Göttingen zur Präsidentin-elect der DGZ gewählt. In das Amt des Präsidenten der DGZ ist Prof. Dr. Rainer Haak aus Leipzig nachgerückt. Er löst Prof. Dr. Christian Hannig nach zweijähriger Amtszeit turnusgemäß ab. Prof. Dr. Matthias Hannig aus Homburg/Saar scheidet aus dem Vorstand der DGZ aus.

Die Vorstandswahlen der DGZ fanden im Rahmen einer außerordentlichen Mitgliederversammlung im Februar 2021 in einem virtuellen Format statt. Aufgrund der Corona-Pandemie musste die ursprünglich im November 2020 geplante Versammlung verschoben werden und wurde nun auf diesem Wege nachgeholt.

Prof. Wiegand wird in den nächsten zwei Jahren aktiv im Vorstand mitwirken, bevor sie 2023 an die Spitze des DGZ-Verbundes rückt. „Da ich in diesem Jahr auch Tagungspräsidentin der im November geplanten 35. DGZ-Jahrestagung bin, bekomme ich bereits einen guten Einblick in die Vorstandsarbeit, auf die ich mich sehr freue“, sagt Prof. Wiegand. Das Amt des DGZ-Präsidenten übernimmt Prof. Dr. Rainer Haak aus Leipzig. Er setzt die Arbeit von Prof. Dr. Christian Hannig fort, der als Pastpräsident weiterhin dem Vor-

stand angehören wird. „Im starken Verbund unserer Gesellschaften werden wir die Zahnerhaltung weiter als integralen Bestandteil einer modernen Zahnmedizin vertreten. Hierbei gilt unser besonderes Augenmerk der Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Praxis. Neben der Nachwuchsförderung spielt hier auch die Weiterentwicklung unserer Kongress- und Fortbildungsformate eine wichtige Rolle“, erklärt Prof. Haak. Er dankt seinem Vorgänger für die Übergabe der Amtsgeschäfte nach einem schwierigen Jahr. Für den bisherigen Pastpräsidenten Prof. Dr. Matthias Hannig endet die aktive Arbeit im Vorstand der DGZ.

Im Amt der Vizepräsidentin wurde Prof. Dr. Marianne Federlin aus Regensburg bestätigt. Neu gewählt wurde indes der Generalsekretär der DGZ. Prof. Dr. Dirk Ziebolz aus Leipzig wird dieses Amt künftig bekleiden und den Vorstand organisatorisch unterstützen. Er folgt Prof. Dr. Sebastian Bürklein aus Münster. Die finanziellen Belange der DGZ werden weiterhin von Prof. Dr. Stefan Ruff aus Homburg/Saar gelenkt.

Dem DGZ-Vorstand gehören außerdem die Präsidentinnen und Präsidenten der DGZ-Verbundgesellschaften an. Für die Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin

(DGPZM) und für die Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET) sind dies weiterhin Prof. Dr. Stefan Zimmer aus Witten und Dr. Bijan Vahedi, MSc. aus Augsburg. In der Deutschen Gesellschaft für Restaurative und Regenerative Zahnerhaltung (DGR<sup>2</sup>Z) hat sich mit der Wahl von Priv.-Doz. Dr. Anne-Katrin Lührs aus Hannover in diesem Monat ein Wechsel an der Spitze der Gesellschaft ergeben. Sie löst Prof. Dr. Wolfgang Buchalla aus Regensburg ab, der nach zwei Amtsperioden aus dem Vorstand der DGR<sup>2</sup>Z ausscheidet.



**DEUTSCHE GESELLSCHAFT  
FÜR ZAHNERHALTUNG E.V.**  
Geschäftsstelle: Kolberger Weg 14,  
65931 Frankfurt am Main  
Tel.: +49 (0) 69 30 06 05-78; Fax: -77  
mailto:info@dgz-online.de;  
www.dgz-online.de

# Priv.-Doz. Dr. Anne-Katrin Lührs ist neue Präsidentin der DGR<sup>2</sup>Z

(Abb. 1 und 2: Medizinische Hochschule Hannover)



**Abbildung 1** Priv.-Doz. Dr. Anne-Katrin Lührs, Präsidentin der DGR<sup>2</sup>Z



**Abbildung 2** Neu im Vorstand der DGR<sup>2</sup>Z: Dr. Silke Jacker-Guhr

Die Deutsche Gesellschaft Restaurative und Regenerative Zahnerhaltung (DGR<sup>2</sup>Z) hat eine neue Präsidentin: Priv.-Doz. Dr. Anne-Katrin Lührs (Abb. 1) aus Hannover löst Prof. Dr. Wolfgang Buchalla an der Spitze der Gesellschaft ab.

Pandemiebedingt fand die außerordentliche Mitgliederversammlung der DGR<sup>2</sup>Z am 05. März 2021 in einem virtuellen Format statt. Die im November 2020 auf der 4. Gemeinschaftstagung des DGZ-Verbundes re-

gulär geplante Mitgliederversammlung musste leider verschoben werden.

Priv.-Doz. Dr. Anne-Katrin Lührs bedankt sich nach einem einstimmigen Votum für das Vertrauen. „Die Bewahrung der natürlichen Zahnschubstanz unter Ausschöpfung aller restaurativen Möglichkeiten ist mir eine Herzensangelegenheit, daher freue ich mich sehr, dieses wichtige Feld der Zahnerhaltung voranzubringen“, sagt sie nach ihrer Wahl.

Priv.-Dr. Dr. Lührs hat für ihre Aktivitäten ein erfahrenes Team an ihrer Seite. Ulf Krueger-Janson aus Frankfurt/Main und Prof. Dr. Michelle A. Ommerborn aus Düsseldorf wurden als Vizepräsident und als Generalsekretärin im Amt bestätigt. Neu in den Vorstand wurde Dr. Silke Jacker-Guhr (Abb. 2) aus Hannover gewählt. Sie wird sich künftig um die Finanzen der DGR<sup>2</sup>Z kümmern und folgt Dr. Theodor Bimmerle aus Regensburg, der nach vier Amtsperioden aus dem Vorstand der DGR<sup>2</sup>Z ausscheidet.



**DEUTSCHE GESELLSCHAFT  
FÜR RESTAURATIVE UND REGENERATIVE ZAHNERHALTUNG**  
Kolberger Weg 14, 65931 Frankfurt a.M.  
Tel.: +49 (0) 69300605-78; Fax: -77  
info@dgr2z.de; www.dgr2z.de

## CALL-FOR-Abstracts

Die Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ) lädt herzlich zur Einreichung von Beiträgen für die 35. Jahrestagung vom 18.–20. November 2021 in Göttingen ein. Deadline ist der **01. Juni 2021**.

Die Einreichung der Beiträge ist mit folgendem Link möglich:  
<https://www.conftool.pro/dgzmk/index.php?page=login>.  
Weitere Informationen unter **www.dgz-online.de**.

# Fotowettbewerb der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie e.V.

## Der Fotowettbewerb PerfectParoPicture der DG PARO e.V. geht 2021 in die zweite Runde

Jetzt dürfen wieder die Kameras gezückt werden! Denn die DG PARO sucht auch 2021 das PerfectParoPicture! Der Fotowettbewerb, an dem ausschließlich Mitglieder der DG PARO teilnehmen können, hatte im vergangenen Jahr zum ersten Mal stattgefunden.

Aus den vielen hervorragenden Bildern, die auf Instagram unter dem Hashtag #perfectparopicture gepostet wurden, wurden Anfang des Jahres drei Siegerbilder ermittelt und ausgezeichnet. Gewonnen hatte Dr. Stefanie Kretschmar M.S.D. (USA) aus Ludwigsburg mit einem Foto eines inzwischen 76-jährigen Parodontitis-Patienten, der nach erfolgter systematischer PA-Therapie ein Implantat in regio 11 bekam – eine fast perfekte Illusion eines intakten Parodontiums (Abb. 1). Die Gewinnerin konnte sich als Preis für den 1. Platz über einen exklusiven Fotokurs für sich und ihr Praxisteam freuen.

Beim letzten Fotowettbewerb konnten Bilder aus allen Bereichen



(Abb. 1: Stefanie Kretschmar)

**Abbildung 1** Unser Siegerfoto 2020 von Dr. Stefanie Kretschmar M.S.D.

rund um das Thema „Parodontologie“ eingereicht werden. Dieses Mal wird der Wettbewerb unter dem speziellen Motto „Heilung/Wundheilung“ stehen. Das Siegerbild wird durch den Vorstand der DG PARO nach den Kriterien Fallselektion, Qualität der fotografischen Darstellung und den Likes, die das Bild auf Instagram sammelt, ermittelt.

Eine Anleitung, wie man teilnehmen kann, die Preisgewinne und die

Teilnahmebedingungen finden Sie auf der DG PARO-Homepage und auf den Social Media-Kanälen der Gesellschaft.

Wer keinen eigenen Instagram-Kanal hat, kann trotzdem dabei sein: Schicken Sie Ihr Bild einfach bis 31.05.2021 an [fotowettbewerb@dgparo.de](mailto:fotowettbewerb@dgparo.de) und die DG PARO postet es mit dem passenden Hashtag über ihren eigenen Instagram-Kanal.



**DEUTSCHE GESELLSCHAFT  
FÜR PARODONTOLOGIE E.V.**  
Neufferstraße 1; 93055 Regensburg  
Tel.: +49 (0) 941 942799-0  
Fax: +49 (0) 941 942799-22  
[kontakt@dgparo.de](mailto:kontakt@dgparo.de); [www.dgparo.de](http://www.dgparo.de)

## 20. AG Keramik Forschungspreis neu ausgeschrieben

Mit dem „Forschungspreis der AG Keramik“ werden seit über 2 Jahrzehnten wissenschaftliche Arbeiten prämiert, die Maßstäbe setzen. Nachdem der Preis im vergangenen Jahr zum ersten Mal in seiner Geschichte nicht vergeben werden konnte, schreibt die AG Keramik nun den „20. Jubiläumspreis 2021“ neu aus und dotiert ihn einmalig mit der doppelten Summe von insgesamt

10.000 Euro. Somit kann der renommierte Preis in seiner Jubiläumsausgabe herausragende wissenschaftliche Arbeiten in einer Zeit knapper Forschungsgelder mehr denn je unterstützen und voranbringen.

### Forschung in Pandemiezeiten

Dr. Bernd Reiss, Vorsitzender der AG Keramik, betont die Relevanz der För-

derung wissenschaftlicher Studien und praktischer Forschung: „In der restaurativen Zahnheilkunde und Prothetik haben wir das Ziel, verlorene oder nicht erhaltungswürdige Zähne biologisch verträglich, so wenig invasiv wie möglich und nachhaltig ersetzen zu können. Dafür brauchen wir wissenschaftliche Erkenntnisse zu den Einsatz- und Verarbeitungsmöglichkeiten moderner



(Abb. 1: AG Keramik/Neumann)

**Abbildung 1** Ästhetik und Funktion sind zunehmend im Fokus der Forschungsarbeiten. Jüngere Studien entschlüsselten die Zusammenhänge von Materialeigenschaften, Lichttransmission, Oberflächendesign, Invasivität und Vitalität sowie Zahnverschleiß.

Werkstoffe. Die Corona-Pandemie hat viele Forschungsarbeiten ins Stocken oder gar komplett zum Erliegen gebracht. Mit dem Jubiläumspreis möchte die AG Keramik ein Zeichen setzen und klinische wie Laborstudien fördern, die ein wirklich praxisrelevantes oder direkt umsetzbares wissenschaftliches Innovationspotenzial haben.“

### Bewerbung bis 30. Juni 2021

Mit ihrem Forschungspreis zeichnet die AG Keramik wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet dentaler Keramiken und hybrider Werkstoffe aus. Im Rahmen des Themas werden theoretische, klinische und materialtechnische Untersuchungen angenommen, die auch die zahntechnische Ausführung im Dentallabor einbeziehen. Angesprochen sind Zahnärzte und Wissenschaftler aus der Zahnmedizin, Werkstoffexperten und Zahntechniker sowie Teammitglieder interdisziplinärer Arbeitsgruppen. Eine Fachjury, bestehend aus den Mitgliedern des wissenschaftlichen Beirats der AG Keramik, ent-

scheidet über die Vergabe des Forschungspreises. Der Forschungspreis 2021 wird im Rahmen des Keramik-Symposiums im November 2021, vergeben.

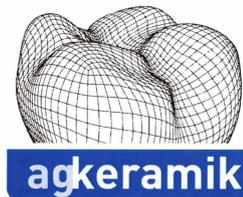
Einsendungen sind anonymisiert in vier Exemplaren bis zum 30. Juni 2021 postalisch sowie im pdf-Format per E-Mail an die Geschäftsstelle der AG Keramik einzureichen. Die genauen Bewerbungsmodalitäten sind auf der AG Keramik Website veröffentlicht: [www.ag-keramik.de/wissenschaft/forschungspreis/](http://www.ag-keramik.de/wissenschaft/forschungspreis/)

### 20 Jahre Forschung und rasante Entwicklung

Die Relevanz des Forschungspreises der AG Keramik zeigt sich vor allem an den in zwei Jahrzehnten eingereichten Arbeiten, die in der Summe die vielfältige und rasante Entwicklung der restaurativen Zahnheilkunde und Prothetik widerspiegeln. Anfang der 2000er Jahre fokussierten sich die Untersuchungen noch hauptsächlich auf die reinen Materialeigenschaften der Keramiken und die Erfolgsquote der Restaurationen.

Erst später rückten komplexere Zusammenhänge in den Mittelpunkt: So entschlüsselte sich zusehends der Zusammenhang von Defektqualität, Präparation, und Adhäsion, Oberflächendesign, Materialeigenschaften und Funktion. Mit der rasanten Entwicklung der digitalen Technologien kommen zunehmend neue keramische und hybride Werkstoffe auf den Markt. Diese Entwicklung zeigt sich in den Arbeiten der letzten 10 Jahre, die oft das Verhältnis von Biegefestigkeit und Transluzenz untersuchen, um der Frage nach dem goldenen Schnitt zwischen lichtoptischen Eigenschaften, dünnen Schichtstärken und hoher Kantenstabilität nachzugehen. So auch die Arbeit des letzten Preisträgers aus 2019. Das Autorenteam mit PD Dr. Sven Rinke und Dr. Tim Hausdörfer (Göttingen) sowie Prof. Dr. Dirk Ziebolz (Leipzig) lotete die Minimal-Grenzen der Wandstärken bei zirkonoxidverstärktem Lithiumsilikat aus. Mit dieser prämierten prospektiven Studie konnte klinisch belegt werden, dass mit hochfesten glaskeramischen Werkstoffen okklusale Schichtstärken unter besonderen Bedingungen auf 1 mm reduziert werden können.

Mehr Informationen zum Forschungs- und Videopreis der AG Keramik unter [www.ag-keramik.de/wissenschaft/forschungspreis/](http://www.ag-keramik.de/wissenschaft/forschungspreis/)



**ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR  
KERAMIK IN DER  
ZAHNHEILKUNDE E.V.**  
Geschäftsstelle  
Postfach 11 60, 76308 Malsch  
[info@ag-keramik.de](mailto:info@ag-keramik.de)  
[www.ag-keramik.de](http://www.ag-keramik.de)

# Behandlungsempfehlungen für die gesamte Therapiestrecke der Parodontitis: DG PARO veröffentlicht neue S3-Leitlinie

Gleich zum Jahresanfang veröffentlicht die Deutsche Gesellschaft für Parodontologie e.V. (DG PARO) eine der sicherlich wichtigsten zahnmedizinischen Publikationen. Die Behandlung von Parodontitis Stadium I bis III – die deutsche Implementierung der S3-Leitlinie „Treatment of Stage I-III Periodontitis“ der European Federation of Periodontology (EFP) – ist eine 157 Seiten umfassende, gut strukturierte, evidenz- und konsensbasierte Leitlinie. Dabei wurden die Originalempfehlungen der EFP-Leitlinie, die bereits im Juli 2020 vorgestellt wurde, durch verschiedene Expertengruppen auf ihre Anwendbarkeit im deutschen Gesundheitssystem hin überprüft und teilweise angepasst. „Die neue Leitlinie ist diagnosebezogen und ermöglicht nun den Kollegen in der Praxis eine breite und umfangreiche Basis für eine evidenzbasierte Entscheidungsfindung in allen Phasen der Parodontaltherapie“, erläutert DG PARO-Präsidentin Prof. Dr. Bettina Dannewitz.

36 Fachgesellschaften, die Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV), die Bundeszahnärztekammer (BZÄK) sowie Patientenorganisationen waren an der Entstehung der deutschen Leitlinienversion beteiligt. Die Leitlinie konnte in nur wenigen Monaten und kurz nach Erscheinen der Originalleitlinie auf den Weg gebracht werden – eine Leistung, die den drei Mitgliedern des Steuerungskomitees, dem Leitlinienbeauftragten Prof. Moritz Kepschull in Zusammenarbeit mit DG PARO-Präsidentin Prof. Bettina Dannewitz sowie unterstützt durch Prof. Søren Jepsen, als Verbindung zur EFP, einiges abverlangte.

„Eine enorm große Anzahl an Fachvertretern verschiedener zahnmedizinischer und medizinischer Gruppen haben diese Arbeit beglei-

tet“, sagt Prof. Kepschull. Entsprechend konnten viele unterschiedliche Aspekte in die Leitlinie eingebracht werden, nicht nur die der Parodontologen. „Wir haben uns sehr bewusst gegen eine reine Übersetzung und für eine Adaption mit Blick auf das deutsche Gesundheitssystem entschieden.“ Der Adaptionprozess wurde methodologisch vom Institut für medizinisches Wissensmanagement der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften (AWMF-IMWi) begleitet und überprüft. Der Implementierungsprozess fand bedingt durch die SARS-CoV-2-Pandemie komplett online statt.

Tatsächlich werden jetzt in Folge zwei noch gültige DG PARO-Leitlinien aus dem AWMF-Register herausgenommen: Die Leitlinie zur subgingivalen Instrumentierung, wie auch die Leitlinie zum adjuvanten Einsatz von systemisch wirksamen Antibiotika in der Parodontaltherapie, werden durch die neue S3-Leitlinie ersetzt. Weiterhin gültig sind die beiden Leitlinien der DG PARO zur Therapie und Prävention der Gingivitis mittels mechanischen sowie chemischen häuslichen Biofilmmagements.

## Gliederung analog des Klassifikationssystems

Nach der Diagnose sollten Patienten nach einem stufenweise ablaufenden, aufeinander aufbauenden Therapiekonzept behandelt werden. Dabei sind die Therapiestufen vom Schweregrad abhängig und jedes Stadium bedarf unterschiedlicher Interventionen.

„Wir unterscheiden in unserer Leitlinie sehr deutlich zwischen den Phasen der aktiven Parodontaltherapie (APT) in den Therapiestufen eins bis drei sowie der Phase der un-

terstützenden Parodontaltherapie (UPT) – also der lebenslangen Begleitung der Patienten“, macht Prof. Jepsen aufmerksam.

## Die wichtigsten Empfehlungen

Die wichtigsten Empfehlungen pro Therapiestufe haben jeweils einzelne Arbeitsgruppen mit Blick auf das deutsche Gesundheitssystem hin angepasst. Für die Grundlage der Parodontaltherapie ist und bleibt damit die wichtigste Empfehlung die kontinuierliche Anleitung zu häuslichen Mundhygienemaßnahmen. „Das Rückgrat ist das mechanische Biofilmmangement – häuslich oder professionell“, fasst Prof. Dr. Christof Dörfer als Sprecher der Arbeitsgruppe Therapiestufe eins die Kernaussage zusammen. „Aber auch die anderen Risikofaktoren wie Rauchentwöhnung und Diabeteskontrolle dürfen nicht aus den Augen gelassen werden.“

Für die Therapiestufe zwei gilt als wichtigste Empfehlung: Die subgingivale Instrumentierung soll mit hand- oder maschinell-betriebenen Instrumenten entweder alleine oder in Kombination durchgeführt werden – beides ist also sinnvoll und empfehlenswert. Wichtig ist Prof. Jepsen für diesen Teil der Leitlinie aber der Hinweis auf die deutliche Kontraindikation zur systemischen Antibiotikagabe. Diese sollte aufgrund von Bedenken bezüglich der Gesundheit des Patienten und den Auswirkungen auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung nicht routinemäßig zusätzlich eingesetzt werden. „Auch wir als Zahnmediziner müssen unseren Beitrag dazu leisten im Sinne des Antibiotic Stewardship und sehr gezielt und zurückhaltend Antibiotika verordnen!“, mahnt Prof. Jepsen.



Die Inhalte der S3-Leitlinie sind auf den Internetseiten der AWMF, DGZMK und DG PARO zugänglich.

Ebenfalls überdenken sollte man im Übergang zur nächsten Therapiestufe die Indikation zu parodontalchirurgischen Interventionen, wenn die individuelle Mundhygiene nicht ausreichend effektiv ist. „Eine chirurgische Therapie macht nur Sinn, wenn der Patient eingebunden werden kann“, resümiert Arbeitsgruppenleiter Prof. Peter Eickholz. „Und diese Eingriffe sollten dann nur bei Resttaschen größer als sechs Millimeter und von dafür qualifizierten Zahnärzten durchgeführt werden!“

Für den Teil der unterstützenden Parodontaltherapie (Therapiestufe vier) weist Leitlinienkoordinator Prof. Kepschull noch einmal darauf hin, dass das beste Therapie-Outcome immer diejenigen haben werden, die es schaffen, den Patienten durch regelmäßiges Einbestellen, Schulung und Motivation zu einer

Zusammenarbeit zwischen Arzt und Patient zu motivieren. „Wir dürfen nicht nur auf den Mund schauen, sondern müssen unseren Patienten immer wieder motivieren, eine Adhärenz mit unseren Maßnahmen zu zeigen – denn das, was wir als Parodontologen erreichen, ist nur von kurzer Dauer. Was der Patient täglich Zuhause erzielt, hat eine erheblich größere Auswirkung auf die Entwicklung seiner Parodontitis“, weiß Prof. Kepschull.

### Experten-Videos als Service für die Kollegen

Damit die neue S3-Leitlinie jetzt nach der Veröffentlichung schnell in ihrer Bedeutung erfasst werden kann und Eingang in die Praxis findet, hat sich die DG PARO etwas Besonderes überlegt: kurze Experten-Videos direkt von den Autoren selbst – von Kollege zu Kollege sozusagen.

„So sind fünf Videos entstanden, in denen wir zunächst einmal die Entstehung und Bedeutung der Leitlinie in knapp 15 Minuten erklären“, sagt DG PARO-Präsidentin Prof. Dannewitz. „Und dann gibt es pro Therapiestufe jeweils ein zehnminütiges Video, in dem der Fachgruppenspre-

cher die wichtigsten Empfehlungen zusammenfasst.“ Die Videos finden Sie auf dem Youtube-Kanal der DG PARO.

Die Inhalte der neuen S3-Leitlinie Parodontitis Stadium I bis III sind auf den Internetseiten der AWMF, DGZMK und DG PARO zugänglich.

### Ausblick

Ergänzend zur jetzt veröffentlichten Leitlinie wird demnächst mit der Erstellung einer weiteren begonnen, die sich mit der Behandlung der Parodontitis im Stadium IV beschäftigen wird.



**DEUTSCHE GESELLSCHAFT  
FÜR PARODONTOLOGIE E.V.**  
Neufferstraße 1; 93055 Regensburg  
Tel.: +49 (0) 941 942799-0  
Fax: +49 (0) 941 942799-22  
kontakt@dgparo.de; www.dgparo.de

## Tagungskalender der DGZMK

Die Kongresse und Tagungen der DGZMK und ihren Fachgesellschaften finden Sie unter [www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de), hier unter dem Reiter „Zahnärzte“ und dann unter dem Reiter „Veranstaltungen“.



# Parodontitis – Risikofaktor für schweren COVID-19-Verlauf

Ergebnisse einer aktuellen Studie [1] zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Parodontitis und einem schweren COVID-19-Verlauf. Demnach haben COVID-19-Patienten mit Parodontitis ein höheres Risiko für die Aufnahme auf Intensivstation, die Notwendigkeit einer unterstützten Beatmung und sogar einen tödlichen Ausgang der Erkrankung, als parodontal gesunde COVID-19-Patienten.

Damit unterstreicht diese Studie die Bedeutung der parodontalen Gesundheit hinsichtlich der Prävention und möglicherweise sogar des Managements von COVID-19-Komplikationen.

Seit einem Jahr hält die Coronapandemie die Welt in Atem. Obwohl schätzungsweise 80 % der Patienten einen milden bis mäßigen Verlauf haben, bringen die Auswirkungen der Pandemie die Menschen und das Gesundheitssystem an die Belastungsgrenze, da Patienten mit schweren Verläufen auf Intensivstationen behandelt oder gar künstlich beatmet werden müssen. Daher ist es wichtig, das Risiko für einen schweren Verlauf im Vorfeld zu minimieren.

Bisher ist bekannt, dass eine Reihe von Vorerkrankungen das Risiko für schwere COVID-19-Verläufe erhöhen. Eine aktuelle, in Katar durchgeführte Studie [1] zeigt nun, dass die Zahnbetterkrankung Parodontitis ebenfalls als Risikofaktor für einen schweren Verlauf anzusehen ist. Zwischen Februar und Juli 2020 wurde die Fall-Kontroll-Studie mit 568 Patienten unter Verwendung der nationalen elektronischen Patientenakten,

die medizinische und zahnmedizinische Daten enthielt, durchgeführt. Dabei kam es bei 40 Personen im Laufe der COVID-19-Infektion zu Komplikationen (Tod, Aufnahme auf die Intensivstation oder unterstützte Beatmung).

Die Studie ergab, dass nach Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, Nikotinkonsum und Body-Mass-Index, Covid-19-Patienten mit Parodontitis 3,5-mal häufiger auf die Intensivstation eingewiesen wurden, 4,5-mal häufiger ein Beatmungsgerät benötigten und fast neunmal häufiger starben, als diejenigen ohne Zahnfleischerkrankungen. Ebenso waren mit Entzündungen verbundene Biomarker bei COVID-19-Patienten mit Parodontitis erhöht.

Diese Studie hilft dabei besser zu verstehen, welche Faktoren den Verlauf von COVID-19-Infektionen beeinflussen. Indem sie aufzeigt, dass Parodontitis ein Risikofaktor sein könnte, unterstreicht diese Studie die Bedeutung der parodontalen Gesundheit für die Prävention und möglicherweise sogar das Management von COVID-19-Komplikationen. Mariano Sanz, einer der Autoren der Studie, stellte fest, dass orale Bakterien bei Patienten mit Parodontitis eingeatmet werden und die Lunge infizieren können, insbesondere bei Patienten, die ein Beatmungsgerät verwenden.

„Dies kann zur Verschlechterung von Patienten mit COVID-19 beitragen und das Todesrisiko erhöhen“, sagte er und empfiehlt, dass das Krankenhauspersonal COVID-19-Patienten mit Parodontitis identifizieren

und bei ihnen orale Antiseptika verwenden sollte, um die Übertragung von Bakterien zu verringern.

DG PARO-Präsidentin Prof. Bettina Dannewitz ergänzt: „Die Feststellung und Aufrechterhaltung der parodontalen Gesundheit kann ein wichtiger Bestandteil der Versorgung von COVID-19-Patienten werden. Mundpflege sollte Teil der Gesundheitsempfehlungen sein, um das Risiko für schwere COVID-19-Ergebnisse zu verringern. Daher sollten regelmäßige zahnärztliche Kontrollen auch und besonders in der Pandemiesituation durch die Patienten in Anspruch genommen werden, um so vermeidbare Risikofaktoren für einen schweren COVID-Verlauf zu verhindern.“

## Literatur

1. Marouf N, Cai W, Said KN et al.: Association between periodontitis and severity of COVID-19 infection: a case-control study. J Clin Periodontol. 2021. doi:10.1111/jcpe.13435.



**DEUTSCHE GESELLSCHAFT  
FÜR PARODONTOLOGIE E.V.**  
Neufferstraße 1; 93055 Regensburg  
Tel.: +49 (0) 941 942799-0  
Fax: +49 (0) 941 942799-22  
kontakt@dgparo.de; www.dgparo.de

# DG PARO erweitert ihr Qualifikationsprogramm

Ab sofort haben auch Dentalhygieniker/innen die Möglichkeit, sich von der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie (DG PARO) zertifizieren zu lassen. Die DG PARO vergibt den eigenen Qualifikationstitel „zertifizierte Dentalhygienikerin der DG PARO®“ und „zertifizierter Dentalhygieniker der DG PARO®“ zur Qualitätssicherung der parodontalen Versorgung.

Die DG PARO erweitert ihr seit 1993 bestehendes Spezialisierungsprogramm um den Titel: „zertifizierte Dentalhygienikerin der DG PARO®“ bzw. „zertifizierter Dentalhygieniker der DG PARO®“.

Seit 1993 verleiht die DG PARO für weitergebildete Zahnärzte den Qualifikationstitel „DG PARO-Spezialist für Parodontologie®“ und seit 2009 den „DG PARO-Master“. Nun erweiterte sie die Spezialisierung und ermöglicht auch Dentalhygienikern/innen eine Zertifizierung ihrer Ausbildung und ihres Könnens. Die Zertifizierung kann als Qualitätssiegel gewertet werden und dient der Verbesserung der zahnärztlichen Versorgung der Patienten in Prävention und Therapie.

Die Anforderungen wurden mit dem Berufsverband Deutscher Dentalhygienikerinnen e.V. (BDDH), dem Verband Deutscher Dentalhygieniker (VDDH) und der Deutschen Gesellschaft für Dentalhygieniker/Innen e.V. (DGDH) abgestimmt.

Voraussetzungen für die Qualifizierung sind neben der Mitgliedschaft in der DG PARO eine Aus-

Zertifizierungssiegel zur „zertifizierten Dentalhygienikerin der DG PARO®“ und zum „zertifizierten Dentalhygieniker der DG PARO®“

und/oder Weiterbildung zur/m Dentalhygieniker/in entsprechend einer akademischen Ausbildung von mindestens 2 Jahren in Vollzeit (120 ECTS-Punkte).

Aktuell besteht zur Antragsstellung eine Übergangsbestimmung bei Nichterreichen einer Ausbildungszeit von 2 akademischen Jahren. Durch eine gutachterliche Bewertung von 6 selbst und umfassend therapierten Behandlungsfällen und einer Zusammenstellung von Behandlungsmaßnahmen der letzten 3 Jahre wird die Eignung der/des Kandidatin/en sorgfältig geprüft. Die Ernennung erfolgt für 6 Jahre und kann auf Antrag verlängert werden.

Die Richtlinien für die Ernennung zur „zertifizierten Dentalhygienikerin der DG PARO®“ und zum „zertifizierten Dentalhygieniker der DG PARO®“ sind unter [www.dgparo.de](http://www.dgparo.de) zu finden. Der Antrag und die schriftlichen Nachweise können ab sofort bei der DG PARO eingereicht werden.



(Bildrechte: DG PARO)

In diesem Zusammenhang möchte die DG PARO darauf hinweisen, dass der Mitgliedsbeitrag für Dentalhygieniker/innen, zahnmedizinische Fachassistenten/innen und Prophylaxe-Assistenten/innen ab 2021 auf 55 Euro/Jahr reduziert wurde.



**DEUTSCHE GESELLSCHAFT  
FÜR PARODONTOLOGIE E.V.**  
Neufferstraße 1; 93055 Regensburg  
Tel.: +49 (0) 941 942799-0  
Fax: +49 (0) 941 942799-22  
[kontakt@dgparo.de](mailto:kontakt@dgparo.de); [www.dgparo.de](http://www.dgparo.de)

# Webinar der Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung unter dem Motto „AfG meets IADR“ ein voller Erfolg

## 53. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung (AfG) in der DGZMK am 14.01.2021 als Online-Webinar

Aufgrund der Einschränkungen in Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie war es der AfG wie vielen anderen Fachgesellschaften leider nicht möglich, wie gewohnt eine Jahrestagung in Präsenzform abzuhalten. Daher wurde versucht, diese besondere Situation als Chance zu begreifen und im Rahmen eines Webinars internationale Referenten zu gewinnen.

Da sich die AfG als interdisziplinäre Vereinigung zur Förderung der Grundlagenforschung und des wissenschaftlichen Nachwuchses in der Deutschen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde sieht, stellt sie quasi ein nationales Analogon zur International Association of Dental Research (IADR) dar. Diese „Verbindung“ zwischen AfG und IADR wurde als Thema aufgegriffen und es konnten mit Unterstützung der Sponsoren CP-GABA und Straumann internationale

Referenten als Keynote-Speaker gewonnen werden, welche in ihren Vorträgen neben der Vorstellung ihrer wissenschaftlichen Schwerpunkte auch jeweils einen Einblick in die Organisationsstrukturen der IADR bzw. des National Institute of Dental and Craniofacial Research (NIDCR) geben konnten. Daher stand das Webinar zur 53. Jahrestagung der AfG unter dem Motto „AfG meets IADR“.

Als erste Referentin sprach Prof. Dr. Egija Zaura (Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam, NL; Abb. 1) in ihrem Vortrag zur mikrobiellen Ökologie der Mundhöhle. So ist das orale Mikrobiom das stabilste des menschlichen Körpers, wobei Individuen aber sehr unterschiedlich auf Störungen des intraoralen Gleichgewichtes reagieren. Sie gab als langjähriges Mitglied im Board der Continental European Division (CED) der

IADR außerdem einen Überblick über die Aktivitäten der CED.

Im Anschluss berichtete Prof. Dr. Rena D'Souza (National Institute of Dental and Craniofacial Research, Bethesda, MD, USA; Abb. 2) darüber, wie technologische Fortschritte die Zukunft der Forschung in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde beeinflussen könnten. Sie gab zudem einen Überblick über ihre langjährige Forschungstätigkeit zu genetischen Grundlagen und Therapieansätzen bei Gaumenspalten. So gelang es bei Mäusen bereits, durch Hemmung bestimmter Signalwege, Gaumenspalten zu schließen. Als ehemalige Präsidentin der IADR (2018/2019) und kürzlich ernannte Präsidentin des National Institute of Dental and Craniofacial Research (NIDCR) gab sie zudem einen Überblick über internationale Förderprogramme und Möglich-



(Abb. 1: Egija Zaura)

**Abbildung 1** Prof. Dr. Egija Zaura (Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam, NL)



(Abb. 2: Rena D'Souza)

**Abbildung 2** Prof. Dr. Rena D'Souza (National Institute of Dental and Craniofacial Research, Bethesda, MD, USA)



(Abb. 3: Nicholas S. Jakubovics)

**Abbildung 3** Dr. Nicholas S. Jakubovics (School of Dental Sciences, Newcastle University, UK)

keiten des wissenschaftlichen Austauschs mit dem NIDCR.

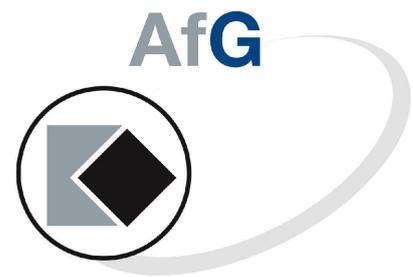
Als letzter Keynote-Speaker referierte Dr. Nicholas S. Jakubovics (School of Dental Sciences, Newcastle University, UK; Abb. 3) zu Themen der mikrobiellen Adhäsion und dem Aufbau oraler Biofilme. Er ging zudem auf mögliche Modifikationen von Oberflächen (z.B. von Restaurationmaterialien) ein, welche die Biofilmbildung reduzieren könnten. Vielversprechend seien hier vor allem stark hydrophobe oder auf bestimmte Weise nanostrukturierte Oberflächen. Als Editor-in-Chief des Journal of Dental Research gab er zudem einen Überblick über aktuelle Strategien des Journals und gab wertvolle Tipps für den wissenschaftlichen Nachwuchs zum Thema Publizieren aus der Sicht eines Editors.

Mit 180 Teilnehmern war die erste digitale Veranstaltung der AfG ein voller Erfolg und es konnte – wenn auch im Onlineformat – dennoch ein neuer Teilnehmerrekord für eine AfG-Jahrestagung aufgestellt werden. Dies zeigt deutlich, welche hohen Stellenwert die Grundlagenforschung in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde einnimmt.

Im Anschluss an das Webinar zur 53. Jahrestagung fand zudem die Mitgliederversammlung der AfG im Online-Format statt, in welcher der aktuelle Vorstand bestehend aus dem 1. Vorsitzenden Prof. Dr. Michael Wolf (Aachen), dem 2. Vorsitzenden Priv.-Doz. Dr. Dr. Christian Kirschneck (Regensburg) und dem Schriftführer Priv.-Doz. Dr. Fabian Cieplik (Regensburg) bestätigt wurde.

Die 54. Jahrestagung der AfG findet am 13. und 14. Januar 2022 in Mainz statt. Beiträge können voraussichtlich ab September 2021 über die DGZMK-Homepage eingereicht werden.

Der Vorstand der AfG: Univ.-Prof. Dr. Michael Wolf (1. Vorsitzender); Priv.-Doz. Dr. Dr. Christian Kirschneck (2. Vorsitzender); Priv.-Doz. Dr. Fabian Cieplik (Schriftführer)



#### GESELLSCHAFT / SOCIETY

#### LESERBRIEF / LETTER OF THE EDITOR

## „Idiopathische progressive Kondylusresorption“ von Prof. Dr. Michael Behr et al. (Dtsch Zahnärztl Z 2021;76:10–21)

### Leserbrief von Dr. Ulrich Schneider

#### Sehr geehrte Herren,

ich las Ihren Artikel zum Thema: „Kondylusresorption“.

#### Zur „IPCR“:

Die Feststellung, dass die Diagnose als „Ausschlussdiagnose“ gestellt wird, verstellt den Blick: die meisten dieser „idiopathischen“ (zu deutsch: keiner weiss, wo's herkommt) Befunde werden nicht die Folgen der im Artikel aufgezählten möglichen Ursachen sein, sondern schlicht und ergreifend die Folge von kieferorthopädischen Interventionen (euphemistisch oft Behandlung genannt.). Letztlich wird mit „IPCR“ am Ende auch keine Diagnose gestellt, sondern dem Befund nur ein hilfloses, lediglich die Symptome beschreibendes

Etikett angeheftet. Dafür gibt es auch in anderen fachärztlichen Disziplinen Beispiele, z.B. Begriffe wie „Polyneuropathie“ oder „Neurodermitis“, an die wir uns gewöhnt haben und unsere Patienten auch, – da kann man eben nichts (kausales) machen ...

Die „Dokumentation“ verstößt gegen elementare Anforderungen an eine seriöse wissenschaftliche Arbeit. Anamnestisch zwingend müsste, und zwar bevor überhaupt die ganze Befunderlei mit Strahlenbelastung, Polypharmazie etc. angetreten wird, im Rahmen einer zahnärztlichen Grundanamnese festgestellt werden, ob die – meist – Patientinnen eine kieferorthopädische Intervention erfahren hatten oder nicht (oder anders: ob es die „IPCR“ außerhalb von kieferorthopädischer oder auch pro-

thetischer oder auch unterbliebener prothetischer Intervention überhaupt gibt). In der vorgestellten Kasuistik, die wohl beispielhaft sein soll, scheint das der Fall gewesen zu sein, denn aus kieferorthopädischer „Indikation“ (?) wurden der jungen Patientin schon früh ein Viertel ihrer gesunden bleibenden Dentition entfernt, die 4er ca. mit 11 oder 12 Jahren und zu einem Zeitpunkt, an dem die Wachstumsvektoren der 8er noch nicht absehbar waren. (Ich gehe hoffentlich zutreffend davon aus, dass die 8er vorhanden waren. Sollte das nicht der Fall gewesen sein, wäre die Entfernung der 4er noch ganz anders zu bewerten. Diese (8er) haben sich anscheinend auch nicht an die Anweisungen des Leistungserbringers gehalten, denn sonst wären sie in

dem kariesstabilen System noch in situ. (Der Terminus „Extraktionstherapie“ sollte jeder verständigen Zahnarzt m/w/d kalt den Rücken herunterlaufen.) Es ist ferner festzustellen, dass die Hoffnung, dass die künstlich erzeugten Lücken sich entweder von selbst schließen oder dies aufgrund der Kraft-(Gewalt?-)einwirkung der kieferorthopädischen Gerätschaften geschehen möge, sich nicht erfüllt hat. Ferner haben die kieferorthopädischen Krafteinwirkungen dazu geführt, dass mehrere Zähne nicht mehr in der physiologisch korrekten Ausrichtung stehen und die Zähne folglich nicht (mehr) physiologisch, d.h., in der natürlichen Funktion belastet werden. Die Spätfolgen sind überhaupt nicht abzusehen. Dies erkennt man schon in der zweidimensionalen Darstellung der OPG-Aufnahme; es wäre interessant, wie sich dies dreidimensional darstellt. Dazu hilft weniger die 3D-Aufnahme als die Dokumentation mittels Kiefermodellen und Fotografien. Dies nennt man dann „exzentrische“ Okklusion, ein Komplex, mit dem sich nach den Arbeiten von Willi Schulte, Tübingen, diessseits der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts kaum jemand mehr ernsthaft gewidmet hat.

Ein weiterer Hinweis ergibt sich aus dem Vorhandensein der beiden Haltedrähte, der sogenannten Retainer.

Stellt einer der beteiligten Koryphäen Fragen z.B.:

- nach den Kräften, die durch die kieferorthopädische Intervention ausgeübt wurden, und ihren Folgen?
- nach den Materialien, die 24/7 über Jahre hinweg in die jugendlichen Münder eingebracht wurden? „Normale“ Brackets enthalten in unterschiedlichem Maß nickelhaltige Legierungsbestandteile, selbst vorgeblich „nickelfreie“ Metallbrackets enthalten kleine Nickelanteile. Und bei den Bögen ist das Nickel schon im Namen enthalten: Nitinol oder NiTi-Bögen?
- nach den lokalen Auswirkungen im Sinne der Ausbildung von Kontaktallergien gegen Legierungs-

bestandteile? Und das sind nicht nur Nickel und (das nichtallergene) Titan, sondern auch noch weitere potenziell allergisierende Substanzen (Kupfer!)?

- nach möglicher Korrosion der Interventionsmaterialien, insbesondere, aber nicht nur, durch mechanischen Abrieb an den beabsichtigten und unvermeidlichen Kontaktstellen? Und den immunologischen, toxikologischen und systemischen Folgen dieses Verschleißes?
- nach den materialtechnischen Auswirkungen der Schwankungen des pH-Werts im feuchten Mundmilieu und des Mikrobioms des Mundes?
- nach den systemischen Auswirkungen von Sensibilisierungen auf die Legierungsbestandteile in allergologischer und toxikologischer Hinsicht?
- nach den immunologischen Reaktionen, die sich unter der Ausschüttung proentzündlicher Zytokine einstellen?
- nach den Gewalteinwirkungen, die notwendig sind, um aus einem hereditären skelettalen Rückbiss einen „Normalbiss“ zu machen, und
- auf welche Struktur diese Gewalteinwirkung zuvörderst einwirkt? Könnte das evtl. die anteriore Region des Kondylus sein, wie das ja wohl auch den Autoren regelmäßig auffällt?
- ob es einen Zusammenhang zwischen möglichen a) allergisierenden, in der Folge b) proentzündlichen und schließlich c) resorptiven Prozessen geben könnte? Und das unter unphysiologisch 24/7 einwirkenden mechanischen Belastungen, die man mit Fug und Recht auch als Gewalteinwirkungen bezeichnen kann?

Wir (sollten) wissen, dass es Menschen mit Normal-, Rück- und Vorbissen gibt (Angle hat das vor 100 Jahren schon gemerkt). Wir haben gelernt, dass mit einer kieferorthopädischen Intervention ein Normalbiss (Regelverzahnung, Vor- und Überbiss) angestrebt wird, und der Kunde (als Patient würde ich ihn gar nicht bezeichnen wollen, denn

ein gesunder Mensch ist ja kein Patient) das auch bestellt hat. Das geht so weit, dass das Nichterreichen dieses Ziels als Behandlungsmisserfolg bedeutet wird. Die Erwartung des Patienten m/w/d wird zu Interventionsbeginn auf dieses Ziel hin fokussiert, und es muss alles unternommen werden, um dieses Ziel zu erreichen. In diesem Zusammenhang wird auch verständlich, warum mit Apparaturen interveniert wird, die der Patient m/w/d „nicht tragen“ kann, die also fest verankert werden müssen, damit das Erreichen des versprochenen Ziels nicht durch die mögliche unzureichende Mitarbeit des Patienten m/w/d gefährdet werden kann. (Funktionskieferorthopädische Interventionen finden konsequenterweise kaum noch statt ...).

Was nun, wenn unser Patient – warum auch immer – einen Rückbiss hat, der funktionell und physiologisch tadellos funktioniert: der Patient an keiner Stelle seines Körpers ein körperliches, mentales oder psychisches Problem hat? Darf man dahinein überhaupt intervenieren? Und wenn man sich da nicht ganz sicher ist, warum kümmert sich keine Ethikkommission (oder Herr Dr. Dr. Dr., Sie wissen schon ...) darum? Und dürfen die Krankenkassen und Versicherungen das überhaupt bezahlen, wenn es sich doch nicht um eine Erkrankung, auch nicht um die Folge oder Heilung einer solchen, sondern um die Folge eines (zahn-)ärztlichen Behandlungsfehlers handelt? Und wenn der meist junge Patient gesund ist und der Wunsch oder gar die Forderung nach einer kieferorthopädischen Intervention Ausdruck einer Beziehungsstörung zwischen Eltern und Kind (meist Tochter!) ist, einer Beziehungsstörung, die man „Symbiose“ nennt? (An psychiatrische Komorbiditäten haben die Autoren ebenfalls nicht gedacht?).

Es hat den Anschein, dass, selbst wenn die kieferorthopädische Intervention anamnestisch unstrittig ist, das ganze kieferorthopädische Fachgebiet sakrosankt ist. Man sucht nicht da, wo es am wahrscheinlich-

ten (und wo es eigentlich jeder, der sehen will, sehen kann) ist, sondern macht das ganz große Fass auf.

Aber dann müsste eine ganze Berufsgruppe sich mit ihren Geschäftsmodellen vielen unangenehmen Fragen stellen.

### Antwort des Autors Prof. Dr. Michael Behr und seinen Co-Autoren

Wir freuen uns, dass unser Beitrag zur idiopathischen Kondylusresorption so viel Zuspruch erfahren hat. Viele Kollegen berichteten uns von ähnlichen Fällen in ihrer Praxis oder in den Kliniken, und dass auch sie z.T. erhebliche Schwierigkeiten in der Behandlung derartiger Fälle haben. Es waren diese Probleme und das Leid unserer Patienten, welche uns bewogen haben, in einem Übersichtsartikel den derzeitigen Kenntnisstand zur idiopathischen Kondylusresorption darzustellen und für ein breiteres Fachpublikum aufzubereiten. Von daher sehen wir die Äußerungen des Lesers Dr. Schneider, Köln, welcher sich, in süffisant anmutendem Grundton, zu dieser noch nicht gut erforschten Erkrankung zu Wort gemeldet hat, als zwiespältig an. Diese Äußerungen werden unseren Patienten und allen, welche sich ernsthaft um Lösungen für diese Patientengruppe kümmern, nicht gerecht.

Leser Schneider gibt zu, dass er bis vor Kurzem das Krankheitsbild gar nicht kannte. Er hat aber sofort eine Lösung parat: Sorgfältige Anamnese erheben! Für diesen Hinweis werden die zahlreichen Forscherteams im In- und Ausland, welche

Und die Paperliste wäre kürzer. Und das darf ja wohl nicht sein.

Produzieren wir da etwa akademische Karrieren und Geldquellen auf Kosten der Gesundheit und der finanziellen Mittel unserer Kunden und der Kostenträger?

sich seit Jahren mit dieser Erkrankung beschäftigen, dankbar sein. Auch hat Leser Schneider die Ursache gefunden: Es ist die Kieferorthopädie, welche nach seiner Überzeugung den Kindern gesunde Zahnhartsubstanz wegnehme, sie mit Metallen vergifte und mit ihren mechanischen Gerätschaften den Kiefergelenken Schaden, ja sogar Gewalt zufüge. Zitate: „... aus kieferorthopädischer ‚Indikation‘ (?) wurden der jungen Patientin schon früh ein Viertel ihrer gesunden bleibenden Dentition entfernt“; „Stellt einer der Koryphäen Fragen nach den Kräften, die durch die kieferorthopädische Intervention ausgeübt wurden, und ihren Folgen?“; den systemischen Auswirkungen von Sensibilisierungen auf die Legierungsbestandteile in allergologischer und toxikologischer Hinsicht?; Und das unter unphysiologisch 24/7 einwirkenden mechanischen Belastungen, die man mit Fug und Recht auch als Gewalteinwirkungen bezeichnen kann?“.

Doch so einfach, wie es Leser Schneider sieht, ist es nicht. Der Kernpunkt unseres Artikels beschäftigt sich mit dem Einfluss mechanischer Lasten auf Gewebestrukturen wie der Synovialmembran, dem Knorpel und dem Knochen im Zusammenspiel mit anderen Faktoren, beispielsweise Hormonen oder Gendefekten. Dabei sind wir in der Zahn-

---

### Korrespondenzadresse

Dr. Ulrich Schneider  
Longericher Str.390  
50739 Köln  
dr.ulrich.schneider@netcologne.de

medizin inzwischen über eine rein mechanische Betrachtungsweise (der 70iger Jahre) hinausgekommen und beginnen auch auf molekularer Ebene Auswirkungen mechanischer Belastungen zu verstehen. Nur so lässt sich demnächst erklären, warum beispielsweise die Erkrankung nur das weibliche Geschlecht in einer definierten Altersgruppe betrifft und andere Patienten nicht, welche aber mit den gleichen Gerätschaften kieferorthopädisch behandelt werden. Uns interessiert auch die Frage, wie wir in Zukunft Patienten im Vorfeld identifizieren können, welche gewissen mechanischen Belastungen wir bei prothetischen wie kieferorthopädischen Konstruktionen nicht tolerieren und wie wir unsere Konstruktionen anpassen müssen. Diesen Fragen nachzugehen und nach möglichen Lösungsansätzen zum Wohle unserer Patienten zu suchen, ist und bleibt unser Anliegen, und dazu stehen wir.

---

### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. dent. Michael Behr  
Universität Regensburg  
Fakultät für Medizin  
Franz-Josef-Strauss-Allee 11  
93053 Regensburg  
michael.behr@klinik.uni-regensburg.de

## 2021

**24.04.2021 (Sa 10.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Funktionstherapie – was funktioniert in der Praxis?

**Referenten:** Dr. Christian Mandler, Dr. Bruno Imhoff

**Ort:** Köln

**Gebühren:** 580,00 €, 560,00 € DGZMK-Mitgl., 520,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CF01

**Fortbildungspunkte:** 8

**28.04.2021 (Fr 13.00–19.00 Uhr)**

**Thema:** Moderne Endodontie – Konzepte aus der Praxis für die Praxis

**Referent:** Dr. Christoph Zirkel

**Ort:** Düsseldorf

**Gebühren:** 400,00 €, 370,00 € DGZMK-Mitgl., 350,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CE01

**Fortbildungspunkte:** 6

**07.–08.05.2021 (Fr 14.00 – 19.00 Uhr, Sa 09.00–16.30 Uhr)**

**Thema:** Die 7 Säulen des Praxiserfolges

**Referenten:** Dr. Marcus Striegel, Dr. Thomas Schwenk, Dr. Florian Göttfert

**Ort:** Nürnberg

**Gebühren:** Teilnehmer, die diesen Kurs über die APW buchen, erhalten exklusiv einen Rabatt von 5 % auf die reguläre Kursgebühr von 1.320,00 € zzgl. der gesetzlichen USt. und zahlen 1.254,00 € zzgl. der gesetzlichen USt.

**Kursnummer:** ZF2021CA02

**Fortbildungspunkte:** 15

**08.05.2021 (Sa 10.00–18.00 Uhr)**

**Thema:** Moderne nicht-chirurgische Parodontaltherapie – Konzepte aus der Praxis für die Praxis

**Referent:** Dr. Markus Bechtold

**Ort:** Online-Kurs

**Gebühren:** 350,00 €, 320,00 € DGZMK-Mitgl., 300,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CP01

**Fortbildungspunkte:** 8

**08.05.2021 (Sa 09.30–17.00 Uhr)**

**Thema:** Notfallmanagement nach Frontzahntrauma und Behandlung von Spätkomplikationen nach Zahntrauma

**Referenten:** Prof. Dr. Johannes Mente und Team, Prof. Dr. Christopher J. Lux

**Ort:** Online-Kurs

**Gebühren:** 540,00 €, 510,00 € DGZMK-Mitgl., 490,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CE02

**Fortbildungspunkte:** 8

**14.–15.05.2021 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–16.00 Uhr)**

**Thema:** Die Quintessenz einer erfolgreichen Kinderzahnmedizin

**Referent:** Prof. Dr. Jan Kühnisch

**Ort:** Online Kurs

**Gebühren:** 550,00 €, 520,00 € DGZMK-Mitgl., 500,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CK03

**Fortbildungspunkte:** 13

**28.–29.05.2021 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Mein erstes Implantat – vom Handschuh bis zur Abdeckschraube (Seminar mit Hands-on am Schweinekiefer und am Kunststoffmodell)

**Referent:** Dr. Jan Behring

**Ort:** Münster

**Gebühren:** 650,00 €, 630,00 € DGZMK-Mitgl., 610,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CI01

**Fortbildungspunkte:** 17

**10.–11.06.2021 (Do 09.00–19.00 Uhr, Fr 09.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–16.00 Uhr)**

**Thema:** Modernes Behandlungskonzept der Restauration von Front- und Seitenzähnen

**Referenten:** Dr. D. Reusch u. Team der Praxis Reusch Zahnmedizin, Dr. U. Blunck, ZTM P. G. Lenze, ZT S. Fasel

**Ort:** Schloss Westenburg

**Gebühren:** Teilnehmer, die diesen Kurs über die APW buchen, erhalten exklusiv einen Rabatt von 10 % auf die reguläre Kursgebühr von 1.450,00 € zzgl. der gesetzlichen USt. und zahlen 1.305,00 € zzgl. der gesetzlichen USt.

**Kursnummer:** ZF2021CÄ03

**Fortbildungspunkte:** 27

**11.–12.06.2021 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Mein erstes Implantat – vom Handschuh bis zur Abdeckschraube (Seminar mit Hands-on am Schweinekiefer und am Kunststoffmodell)

**Referent:** Dr. Jan Behring

**Ort:** Münster

**Gebühren:** 650,00 €, 630,00 € DGZMK-Mitgl., 610,00 € APW-Mitgl.,

**Kursnummer:** ZF2021CI01

**Fortbildungspunkte:** 17

**11.–12.06.2021 (Fr 14.00–18.00 Uhr, Sa 09.00–16.00 Uhr)**

**Thema:** Probleme in der Endodontie: Prävention, Diagnostik, Management

**Referenten:** Prof. Dr. Michael Hülsmann, Prof. Dr. Edgar Schäfer

**Ort:** Düsseldorf

**Gebühren:** 710,00 €, 680,00 € DGZMK-Mitgl., 660,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CE03

**Fortbildungspunkte:** 11

**12.06.2021 (Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Parodontologie 3.0; Erfolgreiche PA in der Praxis

**Referent:** Prof. Dr. Patrick Schmidlin

**Ort:** Berlin

**Gebühren:** 600,00 €, 570,00 € DGZMK-Mitgl., 550,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CP02

**Fortbildungspunkte:** 9

**09.–10.07.2021 (Fr 13.30–19.00 Uhr, Sa 09.00–13.30 Uhr)**

**Thema:** Evidenzbasierte Diagnostik und Therapie der Myoarthropathien des Kausystems

**Referent:** Prof. Dr. Jens Christoph Türp

**Ort:** Online-Kurs

**Gebühren:** 520,00 €, 480,00 € DGZMK-Mitgl., 440,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CF02

**Fortbildungspunkte:** 15

**04.09.2021 (Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Der non-odontogene Zahnschmerz – erkennen, verstehen behandeln

**Referent:** Dr. Bruno Imhoff

**Ort:** Online-Kurs

**Gebühren:** 420,00 €, 380,00 € DGZMK-Mitgl., 340,00 € APW-Mitgl.

**Kursnummer:** ZF2021CF03

**Fortbildungspunkte:** 8

**10.–11.09.2021 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–16.30 Uhr)**

**Thema:** White Aesthetics under your control

**Referenten:** Dr. Marcus Striegel, Dr. Thomas Schwenk, Dr. Florian Göttfert

**Ort:** Nürnberg

**Gebühren:** Teilnehmer, die diesen Kurs über die APW buchen, erhalten exklusiv einen Rabatt von 5 % auf die reguläre Kursgebühr von 1.150,00 € zzgl. der gesetzl. USt. und zahlen 1.092,50 € zzgl. der gesetzl. USt.

**Kursnummer:** ZF2021CÄ04

**Fortbildungspunkte:** 15

**Anmeldung/Auskunft:**

**Akademie Praxis und Wissenschaft  
Liesegangstr. 17a; 40211 Düsseldorf  
Tel.: 0211 669673 – 0; Fax: – 31  
E-Mail: apw.fortbildung@dgzmk.de**

**DZZ – Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift /****German Dental Journal  
Herausgebende Gesellschaft /  
Publishing Institution**

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V. (Zentralverein, gegr. 1859), Liesegangstr. 17a, 40211 Düsseldorf, Tel.: +49 211 610198-0, Fax: +49 211 610198-11

**Mitherausgebende Gesellschaften / Affiliations**

Die Zeitschrift ist Organ folgender Gesellschaften und Arbeitsgemeinschaften:

Deutsche Gesellschaft für Parodontologie e.V.  
Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V.  
Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung e.V.  
Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostiktherapie in der DGZMK  
Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde  
Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie  
Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK  
Arbeitsgemeinschaft für Arbeitswissenschaft und Zahnheilkunde  
Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung

**Verantwortlicher Redakteur i. S. d. P. /  
Editor in Chief**

Prof. Dr. Werner Geurtsen, Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde, Medizinische Hochschule Hannover, Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover; Prof. Dr. Guido Heydecke, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Martinistr. 52, 20246 Hamburg; (heftverantwortlich, V. i. s. d. P.)

**Beirat / Advisory Board  
Beirat der DGZMK /  
Advisory Board of the GSDOM  
Dr. Guido Wucherpfennig****Nationaler Beirat / National Advisory Board**

N. Arweiler, J. Becker, T. Beikler, W. Buchalla, C. Dörfer, P. Eickholz, C. P. Ernst, R. Frankenberger, P. Gierthmühlen, M. Gollner, B. Greven, K. A. Grötz, R. Haak, B. Haller, Ch. Hannig, M. Hannig, D. Heidemann, E. Hellwig, R. Hickel, S. Jepsen, B. Kahl-Nieke, M. Karl, M. Kern, J. Klimek, F.-J. Kramer, G. Krastl, K.-H. Kunzelmann, H. Lang, G. Lauer, J. Lisson, R. G. Luthardt, J. Meyle, P. Ottl, W. H.-M. Raab, E. Schäfer, U. Schlagenhaut, H. Schliephake, G. Schmalz, M. Schmitter, F. Schwendicke, H.-J. Staehle, H. Stark, P. Tomakidi, W. Wagner, M. Walter, A. Wiegand, B. Wöstmann, D. Wolff, A. Wolowski

**Internationaler Beirat /  
International Advisory Board**

K. Alt, Th. Attin, N. Creugers, T. Flemmig, A. Jokstad, A. M. Kielbassa, A. Mehl, I. Naert, E. Nkenke, J. C. Türp

**Verlag / Publisher**

Deutscher Ärzteverlag GmbH  
Dieselstr. 2, 50859 Köln; Postfach 40 02 65,  
50832 Köln  
Tel.: +49 2234 7011-0; Fax: +49 2234 7011-6508.  
www.aerzteverlag.de

**Geschäftsführung / Executive Board**

Jürgen Führer, Patric Tongbhoyai

**Produktmanagement / Product Management**

Carmen Ohlendorf, Tel.: +49 02234 7011-357;  
Fax: +49 2234 7011-6357; ohlendorf@aerzteverlag.de

**Lektorat / Editorial Office**

Irmgard Dey, Tel.: +49 2234 7011-242;  
Fax: +49 2234 7011-6242; dey@aerzteverlag.de

**Internet**

www.online-dzz.de

**Abonnementsservice / Subscription Service**

Tel. +49 2234 7011-520, Fax +49 2234 7011-470,  
E-Mail: abo-service@aerzteverlag.de

**Erscheinungsweise / Frequency**

6-mal jährlich  
Jahresbezugspreis Inland € 119,00,  
Ausland € 135,20, ermäßigter Preis für Studenten  
jährlich € 72,00 (Inland), € 88,20 (Ausland),  
Einzelheftpreis € 19,90 (Inland), € 22,60 (Ausland)  
Preise inkl. gesetzl. MwSt. und Versand  
Die Kündigungsfrist beträgt 6 Wochen zum Ende  
des Kalenderjahres. Gerichtsstand Köln. „Für Mit-  
glieder der Deutschen Gesellschaft für Zahn-,  
Mund- und Kieferheilkunde e.V. ist der Bezug im  
Mitgliedsbeitrag enthalten“.

**Verantwortlich für den Anzeigenteil /**

**Advertising Coordinator**  
Carmen Ohlendorf, Tel.: +49 02234 7011-357;  
Fax: +49 2234 7011-6357; ohlendorf@aerzteverlag.de

**Key Account Management**

KAM, Dental internationale Kunden,  
Nikuta-Meerloo, Tel.: +49 2234 7011-308,  
nikuta-meerloo@aerzteverlag.de

**Verlagsrepräsentanten Industrieanzeigen /  
Commercial Advertising Representatives**

Nord: Götz Kneiseler,  
Uhlandstr. 161, 10719 Berlin,  
Tel.: +49 30 88682873, Fax: +49 30 88682874,  
E-Mail: kneiseler@aerzteverlag.de  
Süd: Ratko Gavran,  
Racine-Weg 4, 76532 Baden-Baden,  
Tel.: +49 7221 996412, Fax: +49 7221 996414,  
E-Mail: gavran@aerzteverlag.de

**Herstellung / Production Department**

Bernd Schunk, Tel.: +49 2234 7011-280,  
schunk@aerzteverlag.de  
Alexander Knaack, Tel.: +49 2234 7011-276,  
knaack@aerzteverlag.de

**Layout**

Linda Gehlen, Larissa Arts

**Druck / Print**

L.N. Schaffrath Druck Medien,  
Marktweg 42–50, 47608 Geldern

**Bankverbindungen / Account**

Deutsche Apotheker- und Ärztebank, Köln,  
Kto. 010 1107410  
(BLZ 370 606 15),  
IBAN: DE 2830 0606 0101 0110 7410,  
BIC: DAAEEDDD, Postbank Köln 192 50–506  
(BLZ 370 100 50),  
IBAN: DE 8337 0100 5000 1925 0506,  
BIC: PBNKDEFF

Zurzeit gilt **Anzeigenpreisliste** Nr. 20, gültig ab  
1.1.2021

Auflage lt. IVW 4. Quartal 2020

Druckauflage: 20.225 Ex.

Verbreitete Auflage: 19.918 Ex.

Verkaufte Auflage: 19.780 Ex.

Diese Zeitschrift ist der IVW-Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e.V. angeschlossen.

Mitglied der Arbeitsgemeinschaft LA-MED Kommunikationsforschung im Gesundheitswesen e.V. 76. Jahrgang

ISSN print 0012-1029

ISSN online 2190-7277

**Urheber- und Verlagsrecht /  
Copyright and Right of Publication**

Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte sind vorbehalten. Diese Publikation darf daher außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ohne vorherige, ausdrückliche, schriftliche Genehmigung des Verlages weder vervielfältigt noch übersetzt oder transferiert werden, sei es im Ganzen, in Teilen oder irgendeiner anderen Form. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen und sonstigen Kennzeichen in dieser Publikation berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese frei benutzt werden dürfen. Zumeist handelt es sich dabei um Marken und sonstige geschützte Kennzeichen, auch wenn sie nicht als solche bezeichnet sind.

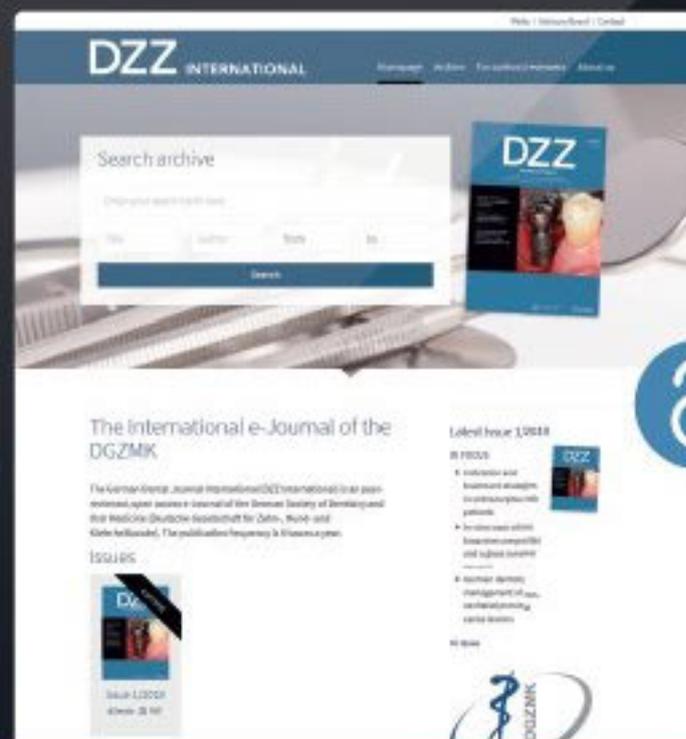
**Haftungsausschluss / Disclaimer**

Die in dieser Publikation dargestellten Inhalte dienen ausschließlich der allgemeinen Information und stellen weder Empfehlungen noch Handlungsanleitungen dar. Sie dürfen daher keinesfalls ungeprüft zur Grundlage eigenständiger Behandlungen oder medizinischer Eingriffe gemacht werden. Der Benutzer ist ausdrücklich aufgefordert, selbst die in dieser Publikation dargestellten Inhalte zu prüfen, um sich in eigener Verantwortung zu versichern, dass diese vollständig sind sowie dem aktuellen Erkenntnisstand entsprechen, und im Zweifel einen Spezialisten zu konsultieren. Verfasser und Verlag übernehmen keinerlei Verantwortung oder Gewährleistung für die Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität der in dieser Publikation dargestellten Informationen. Haftungsansprüche, die sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der in dieser Publikation dargestellten Inhalte oder Teilen davon verursacht werden, sind ausgeschlossen, sofern kein nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden von Verfasser und/oder Verlag vorliegt.

© Copyright by Deutscher Ärzteverlag GmbH, Köln



[www.online-dzz.com](http://www.online-dzz.com)



## International aufgestellt – geballtes Fachwissen jetzt auch auf Englisch: [online-dzz.com](http://online-dzz.com)

Seit Januar 2019 erweitert die DZZ, die führende deutschsprachige Fachzeitschrift für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, ihr Angebot um die DZZ International. Das englischsprachige e-Journal informiert Sie über relevante wissenschaftliche Erkenntnisse der Zahnmedizin – national und international!

**Treten Sie ein und überzeugen Sie sich selbst!**  
[www.online-dzz.com](http://www.online-dzz.com)

# Konzepte zur Prävention und Therapie von Periimplantitis

## Optimale Voraussetzungen für den Langzeiterfolg von Implantaten:

- ✓ ausreichend, langzeitstabiler Knochen
- ✓ stabile Verankerung durch Osseointegration
- ✓ volumenstabiles Weichgewebe mit keratinisierter Mucosa

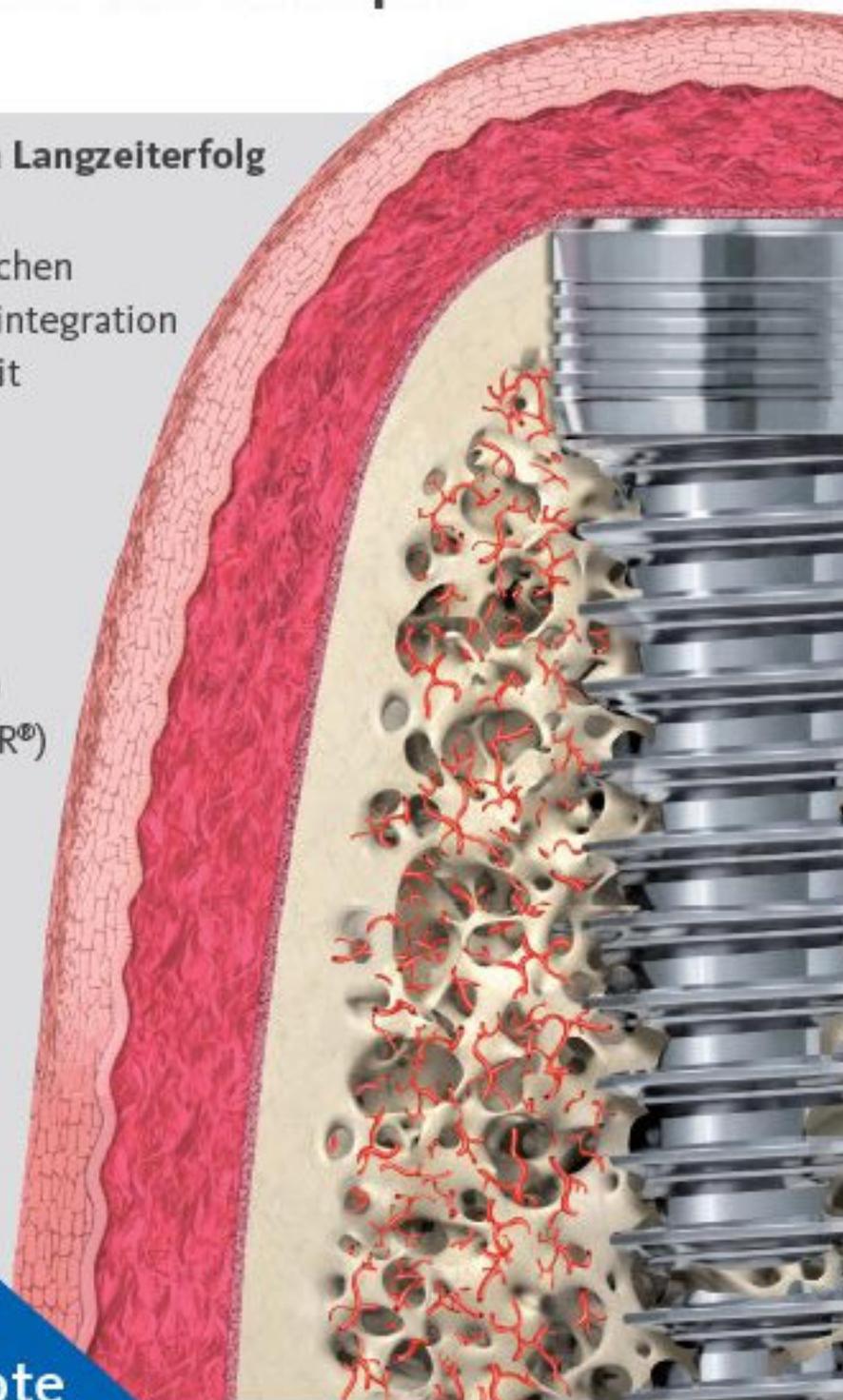
## Behandlungsmethoden:

- ▶ Fill the gap
- ▶ Anlagerung an Implantaten
- ▶ Guided Bone Regeneration (GBR)
- ▶ Stabilized Bone Regeneration (SBR®)



## Augmentationskonzepte für den Langzeiterfolg von Implantaten

Geistlich Biomaterials Vertriebsgesellschaft mbH  
 Schneldweg 5 | 76534 Baden-Baden  
 Tel. 07223 9624-0 | Fax 07223 9624-10  
 info@geistlich.de | www.geistlich.de



Bitte senden Sie mir die Broschüre mit weiteren Details:

- Konzepte zur Prävention und Therapie von Periimplantitis | Teil 1
- Produktkatalog