

S2k-Leitlinie (Langfassung)

Wurzelspitzenresektion

AWMF-Registernummer: 007-007

Stand: Juli 2020

Gültig bis: Juli 2025

Federführende AWMF-Fachgesellschaft:

Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)

Beteiligung weiterer AWMF-Fachgesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie (DGHNO-KHC)

Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich (DGI)

Deutsche Gesellschaft für Parodontologie (DG PARO)

Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)

Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ)

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/Organisationen:

Bundeszahnärztekammer (BZÄK)

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)

Bundesarbeitsgemeinschaft PatientInnenstellen (BAGP)

Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie (AGOKi)

Interdisziplinärer Arbeitskreis Oralpathologie und Oralmedizin (AKOPOM)

Berufsverband der Allgemeinzahnärzte (BVAZ)

Bund Deutscher Oralchirurgen (BDO)

Deutscher Arbeitskreis Zahnheilkunde e.V. (DAZ)

Deutsche Gesellschaft für Restaurative und Regenerative Zahnerhaltung (DGR²Z)

Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET)

Freier Verband Deutscher Zahnärzte (FVDZ)

Verband Deutscher Zertifizierter Endodontologen (VDZE)

publiziert bei:



Koordinator:

Prof. Dr. Dr. Matthias Schneider (DGMKG)

Autoren:

Dr. Frederik Hertel (DGMKG)

Prof. Dr. Dr. Matthias Schneider (DGMKG)

Co-Autoren weiterer AWMF-Fachgesellschaften:

Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden (DGI)

Prof. Dr. Bettina Dannewitz (DG PARO)

Dr. Manja von Stein-Lausnitz (DGPro)

Prof. Dr. Michael Hülsmann (DGZ)

Co-Autoren weiterer Fachgesellschaften/Organisationen:

Dr. Michael Frank (BZÄK)

Dr. Jens Nagaba (BZÄK)

Dr. Birgit Lange-Lentz (KZBV)

Prof. Dr. Dr. Emeka Nkenke, MA (AGOKi)

Prof. Dr. Joachim Jackowski (AKOPOM)

Dr. Peter J. Preusse (BVAZ)

Dr. Joachim Schmidt (BDO)

Alexander Klutke (DAZ)

Prof. Dr. Gabriel Krastl (DGR²Z)

Dr. Carsten Appel (DGET)

PD Dr. Thomas Wolf (FVDZ)

Dr. Dr. Frank Sanner (VDZE)

Methodische Begleitung:

Dr. Monika Nothacker (AWMF, Moderation)

Dr. Silke Auras (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

Dr. Anke Weber (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

Jahr der Erstellung:

November 2007

vorliegende Aktualisierung/ Stand:

31. Juli 2020, **Version: 3.0**

gültig bis:

30. Juli 2025

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte/ Zahnärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte/ Zahnärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Leitlinien unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle, spätestens alle 5 Jahre ist ein Abgleich der neuen Erkenntnisse mit den formulierten Handlungsempfehlungen erforderlich. Die aktuelle Version einer Leitlinie finden Sie immer auf den Seiten der DGZMK (www.dgzmk.de) oder der AWMF (www.awmf.org). Sofern Sie die vorliegende Leitlinie nicht auf einer der beiden genannten Webseiten heruntergeladen haben, sollten Sie dort nochmals prüfen, ob es ggf. eine aktuellere Version gibt.

Inhalt

1	Herausgebende	1
1.1	Federführende Fachgesellschaft	1
1.2	Zitierweise	1
1.3	Redaktioneller Hinweis.....	1
2	Geltungsbereich und Zweck	2
2.1	Begründung für die Auswahl des Leitlinienthemas.....	2
2.2	Adressaten der Leitlinie.....	2
2.3	Zielsetzung und Fragestellung	3
2.4	Ausnahmen von der Leitlinie.....	3
2.5	Patientenzielgruppe	3
2.6	Versorgungsbereich.....	3
2.7	Verbindungen zu anderen Leitlinien	3
3	Einleitung.....	4
3.1	Definition des Krankheitsbildes.....	4
3.2	ICD-10 Codes	4
3.3	Therapieziele	4
4	Symptome	5
5	Diagnostik.....	5
5.1	Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung	5
5.2	Weiterführende Untersuchungen	6
6	Therapieoptionen bei Vorliegen einer periapikalen Läsion	7
7	Indikationen zur Wurzelspitzenresektion	14
8	Empfehlungen zur Durchführung.....	21
8.1	Ambulante/Stationäre Behandlung/Narkosebehandlung	21
8.2	Technik und Materialien.....	21
8.3	Adjuvante Therapie	34
9	Risikofaktoren und Komplikationen.....	36
9.1	Risikofaktoren.....	36
9.2	Komplikationen	36
10	Bewertung des Therapieerfolges und Prognose	37
10.1	Therapieerfolg	37
10.2	Prognose der WSR.....	38
11	Therapieoptionen bei Misserfolg einer WSR	39
12	Literatur.....	42

1 Herausgebende

1.1 Federführende Fachgesellschaft

Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Ansprechpartner für die Aktualisierung:

Prof. Dr. Dr. Matthias Schneider

Praxis für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Dr.-Külz-Ring 15

01067 Dresden

Email: m.schneider@mkgdresden.de

Dr. Frederik Hertel

Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Dresden-Neustadt

Königsbrücker Straße 76

01099 Dresden

Email: f.hertel@mkg-dd-neustadt.de

1.2 Zitierweise

DGMKG: „Wurzelspitzenresektion“, Langfassung 2020, Version 3.0, AWMF-Registriernummer: 007-007, <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/007-007.html>, (Zugriff am: TT.MM.JJJJ)

1.3 Redaktioneller Hinweis

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsspezifische Schreibweise verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen in diesem Dokument sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

2 Geltungsbereich und Zweck

2.1 Begründung für die Auswahl des Leitlinienthemas

Gründe für die vordringliche Erstellung einer Leitlinie zur Wurzelspitzenresektion (WSR) bestehen aufgrund folgender Faktoren:

- Prävalenz des klinischen Problems und Häufigkeit des Eingriffs: In europäischen Industrieländern zeigen epidemiologische Untersuchungen eine Häufigkeit chronischer apikaler Parodontitiden von 2% (Loftus *et al.*, 2005) bis 13,6% (Georgopoulou *et al.*, 2008), bezogen auf die Gesamtzahl der untersuchten Zähne. Auch bei radiografisch hinsichtlich lateralem Abschluss, Homogenität und Länge adäquater Wurzelkanalfüllung zeigen epidemiologische Untersuchungen zwischen 3,8% und 51,7% periapikale Radioluzenzen (Covello *et al.*, 2010; Di Filippo *et al.*, 2014; Georgopoulou *et al.*, 2008; Huumonen *et al.*, 2016; Kielbassa *et al.*, 2017; Kirkevang *et al.*, 2001; Kirkevang *et al.*, 2000; Kirkevang *et al.*, 2006; Kirkevang *et al.*, 2012; Lupi-Pegurier *et al.*, 2002; Peters *et al.*, 2011; Weiger *et al.*, 1997),
- Diskrepanz zwischen publizierten Erfolgsraten (bis über 90%) orthograde/nicht-chirurgischer endodontischer Behandlungen (Benenati und Khajotia, 2002; Friedman, 2002; Sjogren *et al.*, 1997) und dem in epidemiologischen Untersuchungen dokumentierten realen endodontischen Versorgungsstatus (29,7% bis 67,4% periapikale Läsionen an wurzelkanalgefüllten Zähnen) (Boucher *et al.*, 2002; Georgopoulou *et al.*, 2008; Kielbassa *et al.*, 2017),
- Diskrepanz zwischen den in wissenschaftlichen Studien publizierten Erfolgsraten der WSR bis über 95% (Christiansen *et al.*, 2009; Song und Kim, 2012) und dem Behandlungserfolg auf Grundlage von Abrechnungsdaten der BARMER-Ersatzkasse mit einer kumulativen 3-Jahres-Überlebensrate von 81,6 % (Raedel *et al.* (2015)),
- Unsicherheit bzgl. der Indikationsstellung zur adjuvanten chirurgischen Therapie apikaler Parodontitiden,
- Unsicherheit bzgl. des adäquaten operativen Vorgehens bei der WSR, z. B. Prämedikation, Notwendigkeit und Art der retrograden Präparation und des retrograden Verschlusses, Schnittführung u.a.m.,
- Klinisch relevante Komplikationen der chronischen apikalen Parodontitis,
- Klinisch relevante Komplikationen der Wurzelspitzenresektion.

2.2 Adressaten der Leitlinie

- Zahnärzte, spezialisierte Zahnärzte in Endodontologie und Parodontologie
- Fachzahnärzte für Oralchirurgie
- Ärzte, insbesondere Ärzte für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie sowie HNO-Ärzte
- zur Information von Ärzten weiterer relevanter Fachrichtungen sowie von Patienten

2.3 Zielsetzung und Fragestellung

Die Leitlinie soll die Indikationen und Risikofaktoren für eine WSR und die derzeit anerkannten Methoden der Durchführung einer WSR darstellen. Dabei soll die Leitlinie die oben genannten Berufsgruppen und Patienten in der Entscheidungsfindung zur angemessenen Therapie periapikaler Entzündungen unterstützen (rein orthograd, kombiniert endodontisch/chirurgisch).

Das übergeordnete Ziel der Leitlinie ist damit die Verbesserung der Versorgungsqualität für die betroffene Patientengruppe durch eine adäquate Therapieentscheidung, eine fachgerechte Therapiedurchführung und somit optimierte Erfolgsquoten mit Reduzierung möglicher Komplikationen.

2.4 Ausnahmen von der Leitlinie

Nicht unter diese Leitlinie fallen:

- Behandlungsentscheidungen bei bevorstehender Bestrahlungsbehandlung im Kopf-Hals-Bereich, Chemotherapie oder Immunsuppression,
- Diagnostik bei klinischen oder radiografischen Hinweisen auf eine nicht odontogene periapikale Osteolyse (Verdacht auf benigne und maligne Neubildungen/Zysten des Kieferknochens),
- andere resektive Therapien wie z. B. Hemisektion bzw. Wurzelamputation.

2.5 Patientenzielgruppe

Die Zielgruppe sind alle Patienten, bei denen ein erhaltungswürdiger Zahn klinische und/oder radiografische Symptome einer apikalen Parodontitis aufweist.

2.6 Versorgungsbereich

Die Versorgung findet überwiegend ambulant statt.

2.7 Verbindungen zu anderen Leitlinien

- Odontogene Infektionen (007-006)
- Odontogene Sinusitis maxillaris (007-086)
- Zahnsanierung vor Herzklappenersatz (007-096)
- Dentales Trauma bleibender Zähne, Therapie (083-004)
- Zahnärztliche Chirurgie unter oraler Antikoagulation/ Thrombozytenaggregationshemmung (083-018)

3 Einleitung

3.1 Definition des Krankheitsbildes

Die Wurzelspitzenresektion bezeichnet die Kürzung der Wurzelspitze nach Schaffung des operativen Zuganges durch den Knochen mittels einer Osteotomie mit oder ohne gleichzeitig durchgeführter Wurzelkanalbehandlung und mit retrogradem Verschluss. Ziel der Gesamtmaßnahme ist ein bakteriendichter Verschluss des endodontischen Wurzelkanalsystems am Resektionsquerschnitt als Voraussetzung der Heilung einer periradikulären Entzündung.

Eine WSR wird als primär bezeichnet, wenn der Zahn vorher nicht abschließend endodontisch behandelt wurde. Erfolgte die WSR aufgrund des Misserfolgs der primären Wurzelkanalbehandlung und -füllung, so wird diese als sekundär bezeichnet.

3.2 ICD-10 Codes

Die Leitlinie befasst sich vordringlich mit Erkrankungsbildern, die durch folgende ICD-Codes beschrieben werden. Diese Diagnosen geben einen Überblick über die im Zusammenhang stehenden Erkrankungen.

	ICD-10*
Wurzelspitzenresektion	K04.0 Pulpitis K04.1 Pulpanekrose K04.2 Pulpadegeneration K04.3 Abnorme Bildung von Zahnhartsubstanz in der Pulpa K04.4 Akute Parodontitis apicalis pulpalen Ursprungs K04.5 Chronische Parodontitis apicalis K04.6 Periapikaler Abszess mit Fistel K04.8 Radikuläre Zyste S02.5 Wurzelfraktur und dentoalveoläres Trauma

* International Classification of Diseases (Internationales Klassifikationssystem für Erkrankungen), zur Dokumentation und Qualitätsmanagement in der Medizin

3.3 Therapieziele

Das Therapieziel ist die Heilung einer bestehenden pathologischen Veränderung im periapikalen Bereich und damit der beschwerde- und entzündungsfreie Erhalt des Zahnes in seiner Funktion.

4 Symptome

Es können verschiedene Symptomkonstellationen auftreten.

Klinische Symptome der Parodontitis apicalis können sein:

- fehlende Reaktion auf thermische oder elektrophysiologische Sensibilitätsprüfung,
- horizontale und vertikale Perkussionsempfindlichkeit,
- apikale Druckdolenz,
- Schwellungen,
- erhöhter Lockerungsgrad,
- Schmerzen und Druckgefühl sowohl lokal als auch ausstrahlend in andere Gesichtsregionen,
- Fistelbildung enoral oder extraoral,
- akute Exazerbationen mit lokaler oder regionärer Abszedierung.

Radiografische Symptome der Parodontitis apicalis sind:

- Erweiterung des Parodontalspaltens,
- periradikuläre Radioluzenz.

Die diagnostische Abgrenzung einer apikalen Parodontitis insbesondere gegen eine Zyste ist nur histologisch möglich.

5 Diagnostik

5.1 Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung

Zur Therapieentscheidung sollen die folgenden Untersuchungen einbezogen werden:

- Inspektion zur Ermittlung der Ursache der Erkrankung und zur klinischen Beurteilung der Erhaltungswürdigkeit des Zahnes,
- Perkussionstest und Palpation der Periapikalregion,
- Sensibilitätstest des betroffenen Zahnes und der Nachbarzähne,
- Erhebung der parodontalen Parameter (z.B. Sondierungstiefe, Attachmentlevel, Lockerungsgrad, Furkationsbeteiligung),
- Röntgenuntersuchung unter vollständiger Darstellung des Zahnes inkl. der periapikalen Aufhellung und Darstellung relevanter umgebender anatomischer Strukturen, ggf. unter Einbeziehung früherer Aufnahmen zur Verlaufskontrolle,
- Untersuchung zum Ausschluss einer vertikalen Wurzelfraktur,
- Untersuchungen zum Ausschluss von endodontal-parodontalen Läsionen.

Empfehlung 1 (neu 2020)	
Bei nicht korrelierendem klinischem und radiografischem Befund bzw. bei apikalen Läsionen, die nicht allein aus der Infektion der Wurzelkanäle erklärbar sind, sollte nach vertiefender Anamnese eine weitere diagnostische Abklärung erfolgen. Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

5.2 Weiterführende Untersuchungen

Im Einzelfall können die folgenden Untersuchungen zur Stellung und/oder Sicherung der Diagnose indiziert sein:

- Untersuchungen zum Ausschluss nicht endodontisch bedingter Ursachen der periradikulären Erkrankung,
- Untersuchungen zum Ausschluss nicht-odontogener Schmerzursachen (z. B. atypischer Gesichtsschmerz, Myoarthropathie),
- Sensibilitätsprüfung (N. lingualis und N. alveolaris inferior),
- Biopsie bei pathologischen Veränderungen,
- Röntgen in zweiter Ebene oder ggf. DVT/CT (siehe Leitlinie DVT) bei ausgedehnten, den periapikalen Raum überschreitenden pathologischen Veränderungen,
- Trepanation des wurzelkanalbehandelten Zahnes und Inspektion des Pulpakavums zur Diagnostik möglicher Frakturen, noch nicht behandelter Wurzelkanalsysteme und weiterer Faktoren, die die Therapieentscheidung und Prognose beeinflussen können,
- Laborchemische Untersuchungen bei Begleiterkrankungen (z.B. Gerinnungsparameter etc.).

Empfehlung 2 (neu 2020)	
Bei persistierender Schmerzsymptomatik, auch nach vermeintlich klinisch und radiografisch einwandfreier Wurzelkanalfüllung, sollten nicht-dentogene Ursachen abgeklärt werden, die in zirka 3% nach Wurzelkanalbehandlungen auftreten können - siehe Leitlinie „anhaltender idiopathischer Gesichtsschmerz“ (030-032). Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 1)	

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Nixdorf <i>et al.</i> , 2010	Systematischer Review und Meta-Analyse; Einschluss von 1125 wurzelkanalbehandelten Zähnen	Auswertung von Angaben zum Schmerzstatus	3,4% (95% Konfidenzintervall, 1.4%-5.5%) der wurzelkanalbehandelten Zähne mit Zahnschmerzen nicht-dentogenen Ursprungs nach > 6 Monaten.
Vena <i>et al.</i> , 2014	Erhebung des Schmerzstatus von 1257 wurzelkanalbehandelten Zähnen 3,9 (+/-0,6) Jahre nach Primärbehandlung	Primärbehandlung mit nachfolgender Schmerzdiagnostik	3,1 % der Patienten berichteten über Schmerzen nicht-dentogenen Ursprungs 3-5 Jahre nach primärer Wurzelkanalbehandlung
Linn <i>et al.</i> 2007	Retrospektive Bewertung von jedem zehnten konsekutiven Schmerzpatienten einer Zahnklinik (n=88)	Klinische und radiografische Schmerzdiagnostik mit anschließender Bewertung des Therapieergebnisses	88% alleinige endodontische Schmerzursache, 8% nicht-dentogene und dentogene Zahnschmerzen, 3% alleinige nicht-dentogene Schmerzursache
Sommer <i>et al.</i> 2012	S1-Leitlinie: Anhaltender idiopathischer Gesichtsschmerz; PubMed-Recherche für die Jahre 2007-2011 (Suchkriterien „idiopathic facial pain“ und „atypical facial pain“), Sichtung durch Autoren	keine	Empfehlung: „Chirurgische Eingriffe wie Zahnextraktionen verschlimmern meist das Bild und sind zu vermeiden.“ (Expertenmeinung - nicht mit Literatur hinterlegt)

Tabelle 1: Häufigkeit nicht-dentogener Schmerzursachen

6 Therapieoptionen bei Vorliegen einer periapikalen Läsion

Da der Funktionserhalt des Zahnes das Therapieziel ist, muss zunächst die **generelle Erhaltungswürdigkeit** des Zahnes gegeben sein. Andernfalls ist seine Extraktion indiziert, womit im Falle einer apikalen Parodontitis auch deren Ursache beseitigt ist.

Ist ein Erhalt des Zahnes möglich und sinnvoll, stehen als kausale therapeutische Optionen im Falle einer **apikalen Parodontitis** eine Wurzelkanalbehandlung und die Wurzelspitzenresektion zur Wahl. Die orthograde, nicht-chirurgische Revisionsbehandlung stellt hierbei grundsätzlich das weniger invasive Verfahren dar. Aufgrund von Patientenpräferenzen oder aus technischen Gründen (Stiftversorgung, während der Primärbehandlung grob veränderte Kanal Anatomie) kann auch die Wurzelspitzenresektion das Therapieverfahren der ersten Wahl darstellen.

Differentialdiagnostisch muss bei intraossären Läsionen mit zunehmender Größe auch immer an eine **Neubildung** gedacht werden, die eine entsprechende Diagnostik und chirurgische Therapie erfordert.

Ob eine **Zyste** durch eine endodontische (Revisions-)Behandlung therapiert werden kann, wird kontrovers diskutiert. Für Taschenzysten mit räumlicher Verbindung zum Wurzelkanalsystem wird dies vermutet, klinische Nachweise liegen nicht vor. Für echte Zysten ohne Verbindung zum Wurzelkanalsystem ist eine Heilung nach orthograde Wurzelkanalbehandlung nicht zu erwarten (Nair, 1998). Eine differenzialdiagnostische Abgrenzung zwischen Taschenzyste und echter Zyste ist in der Regel weder durch Röntgenaufnahmen noch durch eine DVT möglich (Bornstein *et al.*, 2015; Caliskan *et al.*, 2016).

Es sind hinsichtlich der Therapieentscheidung zwischen alleiniger endodontischer Behandlung und WSR nur vereinzelt prospektiv randomisierte vergleichende Therapiestudien verfügbar (Danin *et al.*, 1996; Kvist und Reit, 1999; Riis *et al.*, 2018a). Auf die beiden erstgenannten Arbeiten beziehen sich auch die zwei ebenfalls in Tabelle 2 aufgeführten Reviews. Eine weitere vergleichende Studie wertet Daten bezüglich der beiden Therapieoptionen retrospektiv aus (Curtis *et al.*, 2018).

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Del Fabbro <i>et al.</i> , 2007	systematischer Review der Cochrane-Collaboration mit Metaanalyse	Literaturauswertung zur Erfolgsquote der Wurzelspitzenresektion im Vergleich zur orthograden endodontischen Revision	nach 1 Jahr geringer Vorteil bei chirurg. Vorgehen, nach 4 Jahren kein signifikanter Unterschied
Del Fabbro <i>et al.</i> , 2016	systematischer Review der Cochrane-Collaboration mit Metaanalyse (Update)	umfangreiche Literaturauswertung zu Wurzelspitzenresektion und orthograde endodontischer Revision sowie zu Aspekten der Ausführung einer Wurzelspitzenresektion	zusätzlich zu vorhergehender Studie Auswertung unveröffentlichter Daten nach 10 Jahren follow-up (Kvist und Reit, 1999): kein Zeitpunkt mit signifikantem Unterschied der Erfolgsrate
Danin <i>et al.</i> , 1996	randomisierte kontrollierte Studie; 37 Patienten mit je einem endodontisch behandelten Zahn (keine Molaren); Nachuntersuchung nach 1 Jahr	Wurzelspitzenresektion vs. endodontische Revisionsbehandlung	kein signifikanter Unterschied im Behandlungserfolg; Wurzelspitzenresektion mit tendenziell höherer Erfolgsrate
Kvist und Reit, 1999	randomisierte kontrollierte Studie; 95 endodontisch behandelte Schneide- und Eckzähne bei 92 Patienten; Nachuntersuchung nach 6, 12, 24 und 48 Monaten	Wurzelspitzenresektion vs. endodontische Revisionsbehandlung	nach 1 Jahr geringer Vorteil bei chirurg. Vorgehen, nach 4 Jahren kein signifikanter Unterschied; Wurzelspitzenresektion mit tendenziell höherer Erfolgsrate
Riis <i>et al.</i> , 2018	Langzeit Follow-up-Studie zu Kvist und Reit, 1999; Mittlerer Nachuntersuchungszeitraum 10,1 Jahre (0-15.6 Jahre)	Wurzelspitzenresektion vs. endodontische Revisionsbehandlung	Überlebensrate insgesamt 76%, kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen
Curtis <i>et al.</i> , 2018	retrospektive Kohortenstudie; Auswertung von 125 Zähnen bei 97 Patienten (Eingriffe einer Abteilung 07/2011 - 07/2015),	Wurzelspitzenresektion vs. endodontische Revisionsbehandlung	vollständige Heilung bei 49/57 Zähnen (86,0%) nach WSR vs. 28/68 Zähnen (41,2%) nach endod. Revision ($p < 0,0001$),

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
	Nachuntersuchungen nach 12-53 Monaten, Beurteilung mit DVT (und Zahnfilm-Röntgen)		Behandlungserfolg bei 54/57 (94,7%) nach WSR vs. 56/68 (82,4%) nach endod. Revision ($p < 0,05$)

Tabelle 2: Vergleichende Studien WSR vs. endodontische Revisionsbehandlung

Die zitierten Reviews und randomisierten kontrollierten Studien weisen zwar ein hohes Evidenz-Level auf, die jeweiligen Therapien entsprechen aber nicht durchgängig den heutigen Behandlungsstandards. Deshalb werden im Folgenden noch Studienergebnisse mit einer Erfolgsbewertung jeweils eines der beiden alternativen Behandlungsverfahren unter aktuellen Behandlungsstandards aufgelistet (Tabelle 3 und Tabelle 4).

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Chong <i>et al.</i> , 2003	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 183 Patienten, Nachuntersuchung von 122 Patienten nach 1 Jahr und von 108 Patienten nach 2 Jahren (1 Zahn pro Patient)	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikatzement oder ZnO-Eugenol-Zement	nach 1 Jahr insgesamt Erfolgsrate von 80% und nach 2 Jahren von 90% (Läsionsgröße nicht angegeben)
Maddalone und Gagliani, 2003	Fallserie; Intervention an 146 Zähnen bei 93 Patienten; Nachuntersuchung von 120 Zähnen bei 79 Patienten nach 3 Jahren	Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; Vergrößerung mit Lupe	nach 3 Jahren Erfolgsrate von 78% (Läsionen mit 3-12 mm)
Gagliani <i>et al.</i> , 2005	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 194 Zähnen mit 264 Wurzeln bei 185 Patienten; Nachuntersuchung von 168 Zähnen mit 231 Wurzeln nach 5 Jahren	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement (versch. Vorbedingungen, Vergrößerung mit Lupe)	für eine erstmalige Wurzelspitzenresektion Erfolgsrate von 94% (Läsionen ≤ 10 mm; n = 162 Wurzeln bei 114 Zähnen)
Taschieri <i>et al.</i> , 2005	prospektive Fall-Serie; Intervention an 49 Zähnen bei 34 Patienten; Nachuntersuchung von 47 Zähnen bei 32 Patienten nach 1 Jahr	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; Vergrößerung mit Lupe	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 91% (Läsionen mit 2,5-15 mm)
Taschieri <i>et al.</i> , 2006	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 80 Zähnen bei 59 Patienten; Nachuntersuchung von 71 Zähnen bei 53 Patienten nach 1 Jahr	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; Vergrößerung mit Lupe oder Endoskop	nach 1 Jahr insgesamt Erfolgsrate von 93% (Läsionsgröße nicht angegeben)
de Lange <i>et al.</i> , 2007	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 399 Patienten,	Gr.2: rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Fräse und Präparation der retrograden Kavität mit	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 81% bei Gr.2 (Läsionsgröße nicht angegeben)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
	Nachuntersuchung von 290 Patienten nach 1 Jahr (Gr.1=141 Pat. und Gr.2=149 Pat.; 1 Zahn pro Patient)	Ultraschall, Füllung mit ZnO-Eugenol-Zement	
von Arx <i>et al.</i> , 2007	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 266 Zähnen bei 251 Patienten; Nachuntersuchung von 191 Patienten (dann 1 Zahn pro Patient); Nachbeobachtungszeitraum 1 Jahr	Wurzelspitzenresektion (keine Angabe zur Vorbehandlung) Retrograde Kavität mit Ultraschallspitzen präpariert, gefüllt mit EBA-Zement oder hydraulischem Silikatzement; alternativ Präparation einer flachen Konkavität mit runden Diamantbohrern und Applikation von Komposit	Beurteilung prädiktiver Faktoren, darunter die präoperativ radiografisch bestimmte Größe der periapikalen Läsion: Erfolgsrate von 87% bei periapikaler Läsion ≤ 5 mm (n=104) und von 77% bei Läsion > 5 mm (n=70)
Taschieri <i>et al.</i> , 2008b	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 113 Zähnen bei 70 Patienten; Nachuntersuchung von 100 Zähnen bei 61 Patienten nach 2 Jahren	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; verschiedene Vergrößerungshilfen	nach 2 Jahren insgesamt Erfolgsrate von 91% (Läsionen mit 3-10 mm)
Taschieri und Del Fabbro, 2009	retrospektive Fall-Serie; Intervention an 49 Zähnen bei 33 Patienten; Nachuntersuchung von 45 Zähnen nach 1 Jahr und von 43 Zähnen nach 2 Jahren	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; Vergrößerung mit Endoskop	nach 1 Jahr und nach 2 Jahren Erfolgsrate von 91% (Läsionen ≤ 15 mm)
Song und Kim, 2012	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 260 Patienten, Nachuntersuchung von 192 Patienten nach 1 Jahr (1 Zahn pro Patient)	fast rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität (Füllung mit hydraulischem Silikatzement oder EBA-Zement); Vergrößerung mit Mikroskop	nach 1 Jahr insgesamt Erfolgsrate von 94% (Läsionsgröße nicht angegeben)
Taschieri <i>et al.</i> , 2013	retrospektive Kohortenstudie; Intervention an 102 Zähnen bei 65 Patienten; Nachuntersuchung von 86 bei 52 Patienten nach 4 Jahren	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; Vergrößerung mit Lupe oder Mikroskop	nach 4 Jahren insgesamt Erfolgsrate von 95% (Läsionsgröße nicht angegeben)
Li <i>et al.</i> , 2014	retrospektive Fall-Serie; Intervention bei 89 Patienten; Nachuntersuchung von 101 bei 82 Patienten nach 2 Jahren	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität (Füllung mit EBA-Zement); Vergrößerung mit Mikroskop	nach 2 Jahren Erfolgsrate von 93% (Läsionsgröße nicht angegeben)
Song <i>et al.</i> , 2014	retrospektive Follow-up-Studie; Auswertung von 115 Fällen 1 Jahr und 4 Jahre nach Intervention (1 Zahn pro Patient)	fast rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität (Füllung	Erfolgsrate von 91% nach 1 Jahr und von 88% nach 4 Jahren (Läsionsgröße nicht angegeben)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
		mit ZnO-Eugenol-Zement oder hydraulischem Silikat-zement); Vergrößerung mit Mikroskop	
Caliskan <i>et al.</i> , 2015	prospektive Kohortenstudie; Intervention bei 108 Patienten; Nachuntersuchung von 90 Patienten (1 Frontzahn pro Patient); Nachbeobachtungszeitraum 2-6 Jahre	Wurzelspitzenresektion (Zähne mit Wurzelkanalfüllung) 3 mm Resektion der Wurzelspitze; retrograde Kavität präpariert mit endodontischem Ultraschall-Ansatz; retrograde Füllung mit hydraulischem Silikat-zement	Beurteilung verschiedener prädiktiver Faktoren: Erfolgsrate von 92% bei periapikaler Läsion von 2-5,9 mm (n=25), bei periapikaler Läsion von 6-9,9 mm Erfolgsrate von 80% (n=39), von 10-20 mm Erfolgsrate von 69% (n=26)
Shen <i>et al.</i> , 2016	Fall-Serie; Intervention (an 128 Zähnen) bei 97 Patienten; Nachuntersuchung aller Patienten nach 1 Jahr	rechtwinklige WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität (Füllung mit hydraulischem Silikat-zement); Vergrößerung mit Mikroskop	nach 1 Jahr insgesamt Erfolgsrate von 93% , mit 97% bei <10 mm (n=70) und 82% bei ≥10 mm (n=27)
Kim <i>et al.</i> , 2016c	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 260 Patienten, Nachuntersuchung von 182 Patienten nach 4 Jahren (83 Patienten Silikat-zement und 99 Patienten EBA-Zement; 1 Zahn pro Patient)	wie Song und Kim, 2012	nach 4 Jahren insgesamt Erfolgsrate von 90% (Läsionsgröße nicht angegeben)
von Arx <i>et al.</i> , 2016	Prospektive Kohortenstudie: Intervention an 55 Zähnen mit 62 Wurzeln bei 48 Patienten; Ein Jahr postoperativ radio-logische Evaluierung des Resektionswinkels mit Hilfe von CBCT und Bewertung des Behandlungsergebnisses	3 mm Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement, Kontrolle mit starrem Endoskop.	nach einem Jahr insgesamt Erfolgsrate von 89 % (Läsionsgröße nicht angegeben)
Zhou <i>et al.</i> , 2017	randomisierte kontrollierte Studie; Einschluss von 240 Zähnen in Studie, Nachuntersuchung von 158 Zähnen nach 1 Jahr (87 Zähne Gruppe 1 und 71 Zähne Gruppe 2 - retrograde Füllung mit unterschiedlichen Silikat-zementen)	nicht angulierte Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement; Einsatz eines Mikroskops	nach einem Jahr insgesamt Erfolgsrate von 94 % (Läsionsgröße nicht angegeben)
von Arx <i>et al.</i> , 2019	Langzeit Follow-up-Studie; Intervention bei 195 Patienten (ein Zahn pro Patient), Nachuntersuchung von 119 Zähnen nach 1, 5, und 10 Jahren	3 mm Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement	nach 10 Jahren 97 von 119 Zähnen (81,5%) als geheilt eingestuft

Tabelle 3: Studien zur Erfolgsquote der WSR

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Gorni und Gagliani, 2004	prospektive Kohortenstudie; Intervention bei 451 Patienten mit apikaler Parodontitis nach endodontischer Behandlung; Nachuntersuchung von 452 Zähnen bei 425 Patienten nach 2 Jahren	endodontische Revisionsbehandlung mit Lupe, Füllung mit vertikaler Kompaktion	nach 2 Jahren insgesamt Erfolgsrate von 69% bei Läsionen bis 5mm
Ercan et al., 2007	prospektive Kohortenstudie; Intervention bei 70 Patienten (Läsionen bis 6 mm, 1 Zahn pro Patient); Nachuntersuchung von 64 Patienten nach bis zu 3 Jahren	endodontische Revisionsbehandlung (verschiedene Vorbedingungen)	nach vorheriger endodontischer Behandlung Erfolg bei 83 % der Fälle (von n=40 Läsionen < 2 mm) bzw. bei 60 % der Fälle (von n=15 Läsionen mit 2-6 mm)
Caliskan et al., 2005	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 90 Zähnen bei 71 Patienten (Läsionen bis 11mm); Nachuntersuchung nach bis zu 8 Jahren	endodontische Revisionsbehandlung (verschiedene Vorbedingungen)	nach vorheriger endodontischer Behandlung Erfolg bei 81 % der Fälle (von n=41 Läsionen von 2-5 mm) bzw. bei 74 % der Fälle (von n=34 Läsionen mit 5-11 mm)
Ng et al., 2011	prospektive Kohortenstudie; Auswertung von 702 Zähnen mit 1170 Wurzeln bei 534 primär endodontisch behandelten Patienten und von 750 Zähnen mit 1314 Wurzeln bei 559 sekundär endodontisch behandelten Patienten nach 2–4 Jahre	primäre und sekundäre Wurzelkanalbehandlung (verschiedene Vorbedingungen)	Beurteilung verschiedener prädiktiver Faktoren, darunter die präoperativ radiografisch bestimmte Größe der periapikalen Läsion: bei endodontischer Revisionsbehandlung Erfolgsrate bei periapikaler Läsion < 5 mm (n=803) von 83% , \geq 5 mm (n=35) von 53%
Davies et al., 2016	prospektive Kohortenstudie; Rekrutierung von 148 Zähnen mit apikaler Parodontitis bei 135 Patienten; Intervention an 130 Zähnen; Nachuntersuchung von 114 Zähnen bei 101 Patienten nach 1 Jahr	zweizeitige Revisionsbehandlung mit Kofferdam, Füllung mit warmer vertikaler Kompaktion; Vergrößerung mit OP-Mikroskop	Erfolgsrate nach 1 Jahr mit konventioneller radiografischer Beurteilung 93% der Zähne, bei Beurteilung mit DVT 77% der Zähne (Größe der Läsionen nicht angegeben)
Neskovic et al., 2016	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 49 Zähnen bei 37 Patienten; Nachuntersuchung aller Fälle nach 1 und 2 Jahren	Revisionsbehandlung, Füllung mit lateraler Kompaktion (keine Vergrößerung angegeben)	bei vorbestehendem PAI von 4 oder 5 Erfolgsrate von 68% nach 1 und von 53% nach 2 Jahren (n=34)
Pirani et al., 2018	retrospektive Kohortenstudie; Auswertung 294 Zähnen bei 180 Patienten, Nachuntersuchung von 132 Zähnen bei 81 Patienten nach 5 Jahren	mehrzeit. Revisionsbehandlung mit Kofferdam, Füllung mit Sealer/Gutta-percha; Vergrößerung mit OP-Mikroskop oder Lupenbrille	Überlebensrate von 80% (105 Zähne), Heilung bei 83% (109 Zähne)
Olcay et al., 2019	retrospektive Kohortenstudie; Auswertung von 236 Zähnen bei 161 Patienten, Nachuntersuchung von 101 (42,7%) Zähnen bei 58	zweizeitige Revisionsbehandlung mit Kofferdam, Füllung mit lateraler Kompaktion; 2,5x Vergrößerung mit OP-Mikroskop	Gesamterfolgsrate von 85,1% (Erfolgsrate bei periapikaler Läsion < 5 mm von 88,6% , \geq 5 mm von 80%);

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
	Patienten (36%) nach 2-3 Jahren (Mittel: 33,8 Monate)		Misserfolg bei unterem erstem Molar am häufigsten ($p < 0,05$)

Tabelle 4: Studien zur Erfolgsquote der endodontischen Revisionsbehandlung

Empfehlung 3 (neu 2020)	
In Ausnahmefällen kann eine intentionelle Zahnreimplantation erwogen werden (Choi <i>et al.</i> , 2014; Torabinejad <i>et al.</i> , 2015). Abstimmung: 14/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	Konsens
Expertenkonsens	

Empfehlung 4 (neu 2020)	
Eine reine Knochentrepanation (sog. Schrödersche Lüftung) sollte nicht durchgeführt werden. Abstimmung: 13/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	Konsens
Expertenkonsens	

Empfehlung 5 (neu 2020)	
Die alleinige Antibiotikatherapie stellt keine Substitution für eine WSR dar (siehe auch Empfehlung 6). Als zusätzliche Maßnahme kann bei Patienten mit erhöhtem lokalem oder allgemeinem Risiko die Behandlung mit einer Antibiotikatherapie begleitet werden. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Empfehlung 6 (neu 2020)	
<p>Eine kurzzeitige Antibiotikatherapie kann bei inoperablen Patienten, z. B. mit onkologischer Therapie, Strahlentherapie, Herzklappenersatz oder multimorbiden Patienten vor einer definitiven Therapie erwogen werden.</p> <p>Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen; 4 Enthaltungen)</p>	<p>starker Konsens</p>
Expertenkonsens	

7 Indikationen zur Wurzelspitzenresektion

Empfehlung 7a (modifiziert 2020)	
<p>Indikationen zur Wurzelspitzenresektion bestehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei Zähnen mit obliteriertem und/oder nicht mehr instrumentierbarem Wurzelkanal bei klinischer und/oder radiografischer Symptomatik einer apikalen Parodontitis, Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen) • bei indizierter, aber orthograd nicht durchführbarer Wurzelkanalbehandlung bzw. bei erheblichen morphologischen Varianten der Wurzeln, die eine vollständige Wurzelkanalinfektion und -füllung nicht zulassen, Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen) • bei persistierender apikaler 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 (z.B. bei aufwändiger prothetischer Versorgung und insbesondere bei Versorgung mit Wurzelstiften), Abstimmung: 14/15 (ja/ Anzahl der Stimmen) • bei einer Fraktur eines Wurzelkanalinstrumentes in Apexnähe, das auf orthogradem Weg nicht entfernbar ist, sofern dessen Bergung indiziert ist. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen) 	<p>(starker) Konsens</p>
Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 5)	

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Spili <i>et al.</i> , 2005	(I) Fall-Serie; retrospektive Auswertung von 8460 endodontischen Behandlungsfällen über 13,5 Jahre in 2 Praxen (7 Behandler, 1990-2003) (II) Fall-Kontroll-Studie; 146 endodontische Behandlungsfälle mit frakturierten Anteilen eines Wurzelkanalinstrumentes und vollst. Nachsorgedokumentation über mind. 1 Jahr; Kontrollgruppe von 146 Pat.	endodontische Erst- und Revisionsbehandlungen (Hand- und ab 1997 auch maschinell eingesetzte Instrumente) keine zusätzliche Behandlung, nur separate Auswertung (frakturierte Anteile wurden belassen)	277 Zähne mit 301 frakturierten Anteilen eines Wurzelkanalinstrumentes bei 263 Patienten (Prävalenz 3,3% der Zähne); bei maschinell eingesetzten Instrumenten- deutlich häufiger als bei Handinstrumenten (226 vs. 35 bei n=5103, 4,4 vs 0,7%); Erfolgsquote der Behandlung nach klinisch-radiografischen Kriterien bei Zähnen mit frakturiertem Instrumentenanteil 91,8% und 94,5% bei Kontrollgruppe (keine statistische Signifikanz)
Tzanetakis <i>et al.</i> , 2008	Fall-Serie; 1367 von Studierenden endodontisch behandelte Patienten der Universität Athen (2180 Zähne, davon 1139 initial und 1041 sekundär), dabei insgesamt 40 frakturierte Wurzelkanalinstrumente	Versuch der Bergung oder Umgehung der frakturierten Wurzelkanalinstrumente von orthograd	5/11/24 frakturierte Instrumente im koronalen/mittleren/apikalen Wurzeldrittel; davon im koronalen Drittel 4 geborgen und 1 umgangen, im mittleren Drittel 5 umgangen und im apikalen Drittel 9 umgangen (keine Bergung im mittleren und apikalen Drittel)
Cujé <i>et al.</i> , 2010	Fall-Serie; 170 Patienten mit frakturierten Wurzelkanalinstrumenten, zugewiesen an endodontische Spezialpraxis	Versuch der Bergung der frakturierten Instrumente (mit OP-Mikroskop und Ultraschallinstrumenten)	Entfernung von 162 der frakturierten Instrumente (95%), alle Misserfolge bei frakturierten Instrumentenanteilen im apikalen oder im apikalen und mittleren Wurzeldrittel

Tabelle 5: Studien zur Bergung von frakturierten Wurzelkanalinstrumenten

Empfehlung 7b (modifiziert 2020)	
<p>Indikationen zur Wurzelspitzenresektion bestehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei persistierender apikaler Parodontitis, wenn bei der primären endodontischen Aufbereitung die Wurzelkanalmorphologie in Apexnähe so verändert bzw. verletzt wurde, dass eine orthograde Revisionsbehandlung nicht mehr erfolgversprechend erscheint. Dazu gehören insbesondere Perforationen, die auf orthogradem Wege nicht verschlossen werden können, ausgeprägte Begradigungen der Wurzelkanäle, nicht auflösbare Blockaden des Wurzelkanals mit Debris oder Füllmaterialien oder nicht mehr überwindbare Stufen. <p>Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	<p>starker Konsens</p>

Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 6)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Gorni und Gagliani, 2004	prospektive Kohortenstudie; Intervention bei 451 Patienten mit apikaler Parodontitis nach vorangegangener endodontischer Behandlung; Nachuntersuchung von 452 Zähnen bei 425 Patienten nach 2 Jahren	Revisionsbehandlung mit Lupe, Füllung mit lateraler Kompaktion	nach 2 Jahren insgesamt Erfolgsrate von 69%; Erfolgsrate bei Zähnen mit durch Vorbehandlung nicht veränderter Wurzelkanalmorphologie 87% (Kalzifikationen oder Obliterationen, apikale Stopps, frakturierte Instrumente, unterfüllte Kanäle) gegenüber 47% bei veränderter Wurzelkanalmorphologie (Abweichungen im Bereich einer Wurzelkanalkurvatur ohne Perforation, Paro-Endo-Läsionen, bei Vorbehandlung nicht ausgefüllte durch interne Resorption entstandene Kanalerweiterungen)

Tabelle 6: Studie zum Einfluss einer durch die Primärbehandlung veränderten Wurzelkanalmorphologie auf den Therapieerfolg

Empfehlung 7c (modifiziert 2020)

Indikationen zur Wurzelspitzenresektion bestehen

- nach Wurzelkanalfüllung mit überpresstem Wurzelkanalfüllmaterial und klinischer Symptomatik oder Beteiligung von Nachbarstrukturen (Kieferhöhle, Mandibularkanal). Es kann neben der Entfernung des Materials aus operativen Gründen auch eine Wurzelspitzenresektion notwendig sein.

Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)

**starker
Konsens**

Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 7)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Brodin, 1988	Übersicht von 44 Fallberichten über Parästhesien bei endodontischen Behandlungsfällen unterer Molaren und Prämolaren mit Überpressung von verschiedenen Wurzelkanalfüllmaterialien;	teilweise antibiotische Therapie (5 Fälle bei Epoxidharz-Sealer) oder chirurgische Entfernung des Fremdmaterials (6 Fälle)	bei formaldehydhaltigen Sealern auf Basis von ZOE (Zinkoxid-Eugenol) bei allen Fällen irreversible Schädigung ohne chirurgische Sanierung; durch chirurg. Intervention immer positiver Effekt;

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
	<i>in vitro</i> -Untersuchung des Einflusses verschiedener Sealer auf die Nervenleitfähigkeit (<i>N. phrenicus</i> von Ratten)	Evozierung und Ableitung gemischter Aktionspotentiale nach Applikation der Sealer und deren anschließender Auswaschung (danach mind. 20 Minuten Messung)	vollst. und irrevers. Blockade des Nervs durch formaldehydhaltige Sealer auf Basis von ZOE, Formokresol und reinem Ca(OH) ₂ sowie bei ZOE (nicht bei von Fettgewebe geschütztem Nerv); vollst., aber reversible Blockade bei anderem ZOE-Zement, Ca(OH) ₂ -Liner und teilweise Kloroperka; unvollst. und reversible Blockade bei Epoxidharz- und Polyketon-Sealer; Carboxylat- und Zinkzement mit nur geringem Effekt
Legent <i>et al.</i> , 1989	Fall-Serie; 85 Patienten mit pathologisch diagnostizierter Aspergillose der Kieferhöhle; <i>in vitro</i> -Kontroll-Studie: Kultivierung von <i>Aspergillus fumigatus</i> mit untersch. Konzentrationen von Zinkoxid	Chirurgische Entfernung des Fremdmaterials	Fremdkörpernachweis bei 80 von 85 Patienten, bei 72 Patienten Assoziation zu Wurzelkanalfüllung (85 %), bei 10 Patienten direkter räumlicher Zusammenhang (12 %); Beschleunigung des Wachstums von <i>Aspergillus fumigatus</i> bei niedriger, Hemmung bei hoher Konzentration von Zinkoxid
Grötz <i>et al.</i> , 1998	Fall-Serie; 11 Patienten mit neurologischen Beschwerden des <i>N. alveolaris inf.</i> nach endodontischer Behandlung mit Überpressung von Wurzelkanalsealer in den Mandibularkanal	Wurzelspitzenresektion und Nervdekompression bei 9 Patienten, Zahnextraktion bei 2 Patienten	präoperativ bei allen Patienten mind. ein Symptom (Schmerz, Hyp-, Dys-, Hyperästhesie); postoperativer Schmerz bei einem Patienten
Blanas <i>et al.</i> , 2002	Fall-Bericht; 29jährige Patientin mit überpresstem Wurzelkanalsealer in rechtem Mandibularkanal (OPG); fast vollständige Anästhesie des rechten <i>N. alveolaris inf.</i> (Lippe, Kinn, Gingiva) nach Wurzelkanalbehandlung, teilweise mit Schmerzen	keine (von Patientin abgelehnt)	monatliche Nachkontrollen; nach 3 Monaten vollständige Anästhesie im Versorgungsgebiet des <i>N. alveolaris inf.</i> , keine weitere Änderung während der einjährigen Nachsorge
González-Martin <i>et al.</i> , 2010	Fall-Bericht; 32jährige Patientin mit überpresstem Wurzelkanalsealer in linkem Mandibularkanal (OPG); Par- und/ oder Anästhesie des linken <i>N. alveolaris inf.</i> (Lippe, Kinn, Gingiva) sofort nach Wurzelkanalbehandlung	Keine	nach 3,5 Jahren Reduktion der Beschwerden im Bereich der Gingiva und der Unterlippe, Par- und Anästhesie des <i>N. mentalis</i> unverändert
Kim <i>et al.</i> , 2016a	Fall-Serie; retrospektive Auswertung von 7 Patientenfällen mit	verschiedene Therapiestrategien (chirurgische Entfernung,	meist Besserung nach chirurgischer Entfernung, keine

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
	überpresstem Wurzelkanalfüllmaterial in Mandibularkanal	Nervinterponat, Medikation, Verband)	Veränderung mit alleiniger Medikation

Tabelle 7: Studien zu Nebenwirkungen von überpresstem Wurzelkanalfüllmaterial

Empfehlung 7d (modifiziert 2020)	
<p>Indikationen zur Wurzelspitzenresektion bestehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei Wurzelquerfrakturen im apikalen Wurzeldrittel, wenn es zur Infektion des apikalen Fragmentes gekommen ist. Abstimmung: 14/15 (ja/ Anzahl der Stimmen) • bei Verletzung von Wurzelspitzen im Rahmen chirurgischer Eingriffe in Verbindung mit Wurzelkanalbehandlung (z.B. Zystenentfernung, Probeexzision). Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen) 	<p>(starker) Konsens</p>
<p>Expertenkonsens</p>	

Der Arbeitsablauf bei der apikalen Parodontitis ist in den Abbildungen 1 und 2 zusammengefasst.

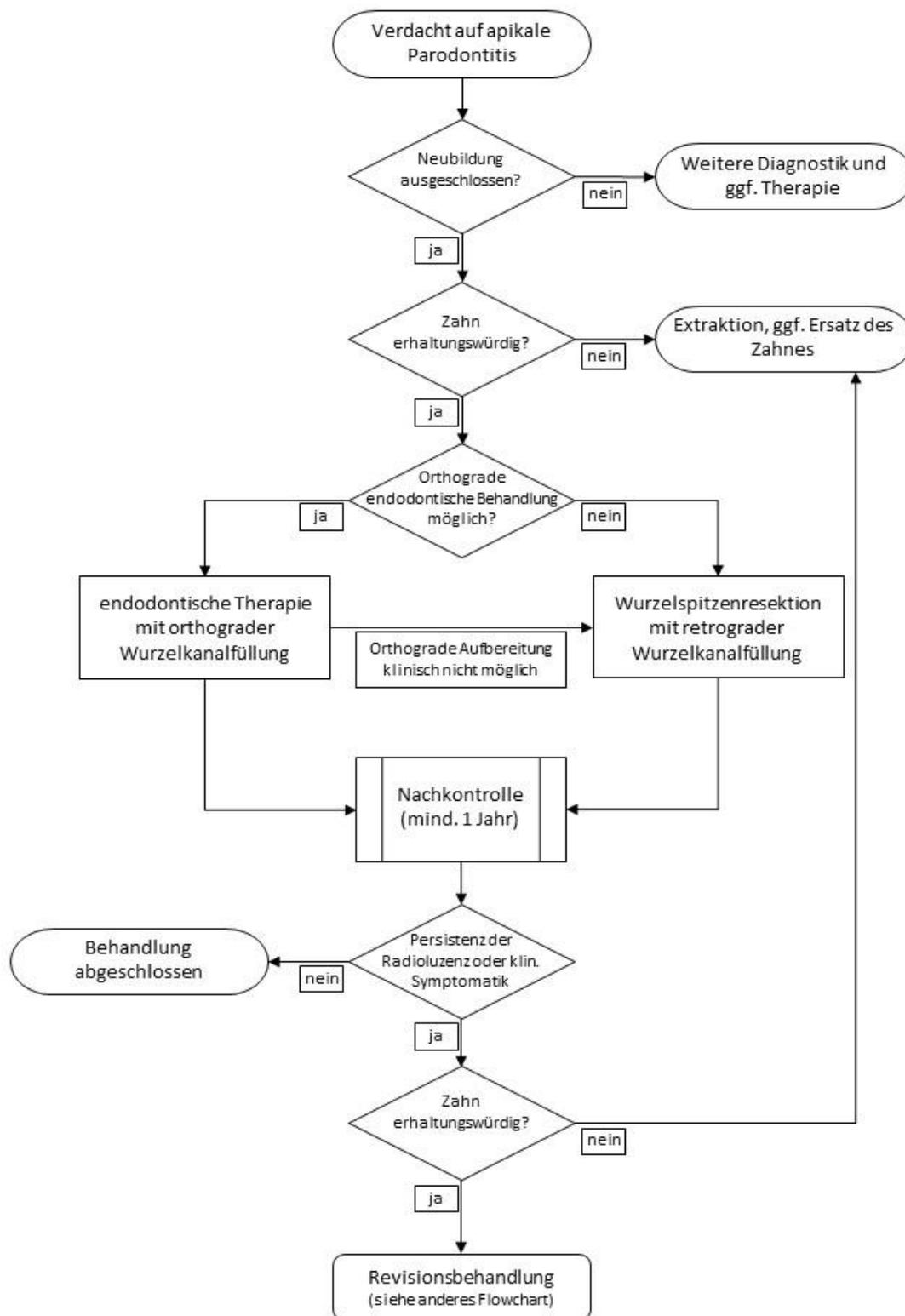


Abbildung 1: Arbeitsablauf zur primären endodontischen Behandlung

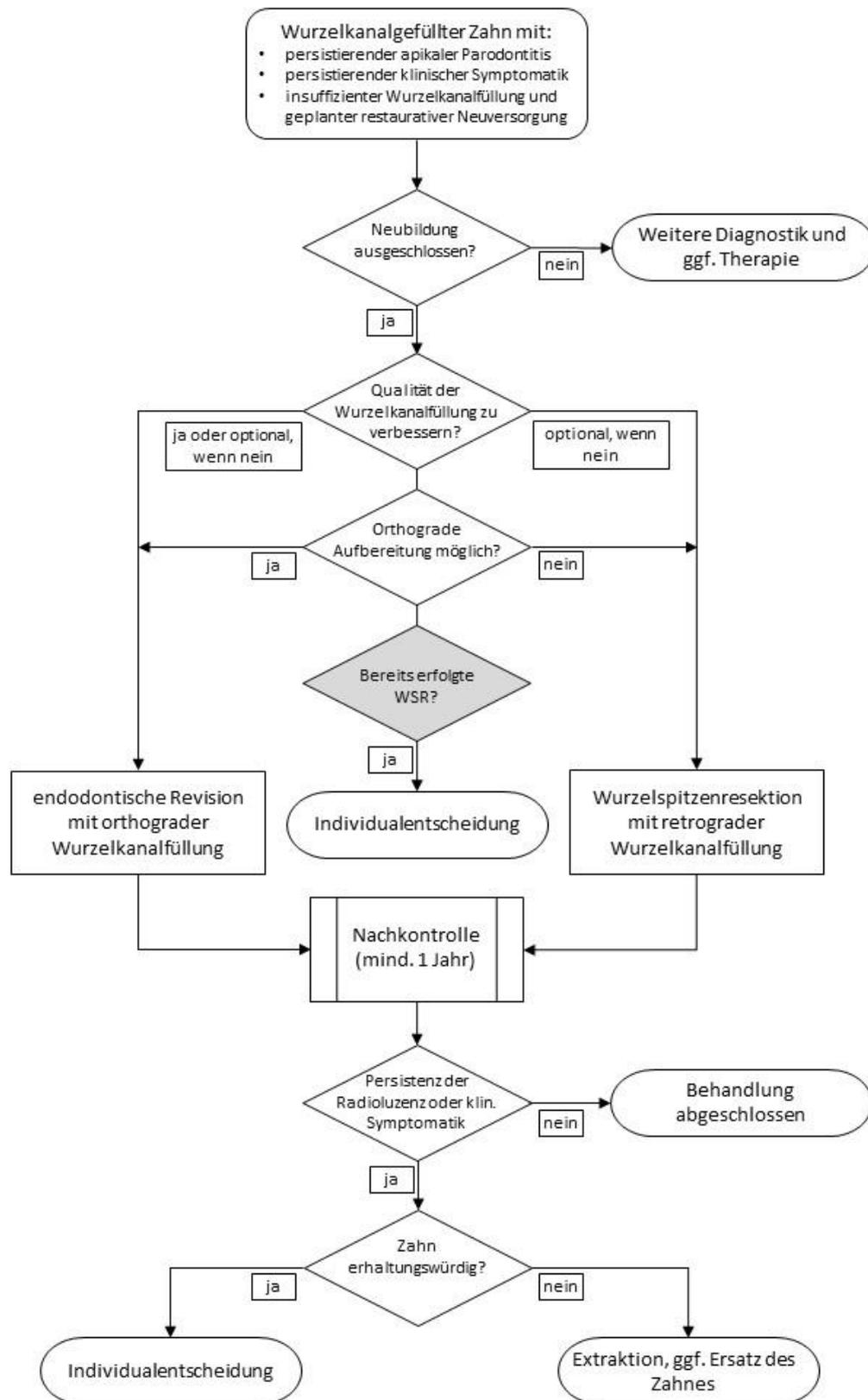


Abbildung 2: Arbeitsablauf zur Revisionsbehandlung

8 Empfehlungen zur Durchführung

8.1 Ambulante/Stationäre Behandlung/Narkosebehandlung

In der Regel ist eine ambulante Behandlung unter Lokalanästhesie möglich. Der Einsatz weiterer Verfahren im Rahmen der Schmerzausschaltung (Analgesiedierung/Narkose) orientiert sich am Gesamtumfang der chirurgischen Maßnahmen, an der Mitarbeit des Patienten, an bekannten Risikofaktoren (siehe unter 9.) und nach Berücksichtigung dieser und allgemeinmedizinischer Kriterien an der Präferenz des Patienten.

Empfehlung 8 (geprüft 2020)	
Eine stationäre Behandlung kann beispielsweise bei schwerwiegenden Allgemeinerkrankungen oder besonderen OP-Verläufen indiziert sein. Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

8.2 Technik und Materialien

Eine ausreichende Lokalanästhesie kann durch das enthaltene Vasokonstringens zu einer erleichterten Blutstillung führen.

Die folgenden Studien (Tabelle 8) untersuchen den Einfluss der Inzisionstechnik auf die Ästhetik der Gingiva im Papillenbereich und auf die unmittelbar postoperative Lebensqualität. Die Papillenbasisschnittführung liefert direkt postoperativ ein günstigeres ästhetisches Ergebnis. Nach einem Jahr ist der Unterschied zum Zahnfleischrandschnitt nicht mehr signifikant.

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Velvart <i>et al.</i> , 2004	klinisch kontrollierte Studie; Intervention bei 12 Patienten; Nachuntersuchung bis 1 Jahr postoperativ	Wurzelspitzenresektion mit versch. Inzisionstechniken: Präparation einer Papille pro Patient mit Zahnfleischrandschnitt (ZRS) und eine mit Papillenbasisschnitt (PBS)	Beurteilung des Verlustes an Papillenhöhe (statistisch signifikant, $p < 0.001$): nach 1 Monat für ZRS $1,10 \pm 0,72$ mm und für PBS $0,07 \pm 0,09$ mm, nach 3 Monaten für ZRS $1,25 \pm 0,81$ mm und für PBS $0,10 \pm 0,15$ mm, nach 1 Jahr: für ZRS $0,98 \pm 0,75$ mm und für PBS $-0,06 \pm 0,21$ mm

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Del Fabbro <i>et al.</i> , 2009	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 40 Pat. (20 Patienten je Gruppe); Nachuntersuchung von 19 Patienten je Gruppe täglich über 7 Tage	Wurzelspitzenresektion mit versch. Inzisionstechniken: Präparation mit Zahnfleischrandschnitt (ZRS) oder mit Papillenbasisschnitt (PBS)	signifikanter Vorteil in der PBS-Gruppe anhand der gewählten Skalen für Kauen und Schwellung innerhalb der ersten 4 Tage und ab dem 3. postoperativen Tag signifikant schnellere Abnahme der Schmerzen und des Analgetikabedarfs ($p < 0.05$)
Kreisler <i>et al.</i> , 2009	klinisch kontrollierte Studie; Intervention an 98 Zähnen bei 81 Patienten (Gr.1 65 Fälle, Gr.2 33 Fälle); Nachuntersuchung nach 6 Monaten	Wurzelspitzenresektion mit versch. Inzisionstechniken: Gr. 1 Zahnfleischrandschnitt mit Papillenerhalt oder Gr.2 submarginaler Trapezoidallappen	keine signifikanten Änderungen des Attachmentlevels oder der Papillenhöhe postoperativ, ungünstigere Narbenbildung bei Trapezoidallappen
Taschieri <i>et al.</i> , 2014	klinisch kontrollierte Studie; Intervention bei 24 Patienten (1 Zahn pro Patient); Nachuntersuchung nach 6 Monaten (10 Patienten je Gruppe)	Wurzelspitzenresektion mit versch. Inzisionstechniken: Präparation mit Papillenbasisschnitt (PBS) oder mit Zahnfleischrandschnitt (ZRS)	nach 2 Wochen signifikanter Verlust an Papillenhöhe in ZRS-Gruppe (2,05/1,80 mm) im Gegensatz zu PBS-Gruppe (0,10/0,20 mm), nach 6 Monaten kein signifikanter Unterschied, aber leichter Vorteil des PBS (0,20/0,10 mm gegenüber 0,40/0,45 mm)
Taschieri <i>et al.</i> , 2016	klinisch kontrollierte Studie; Intervention bei 24 Patienten (1 Zahn pro Patient); Nachuntersuchung nach 12 Monaten (10 Patienten Gruppe PBS, 11 Patienten Gruppe ZRS)	Wurzelspitzenresektion mit versch. Inzisionstechniken: Präparation mit Papillenbasisschnitt (PBS) oder mit Zahnfleischrandschnitt (ZRS)	nach 12 Monaten Abnahme der Papillenhöhe in PBS-Gruppe um $0,10 \pm 0,32$ mm/ $0,10 \pm 0,32$ mm (mesial/distal) im Gegensatz zu $0,23 \pm 0,68$ mm/ $0,25 \pm 0,40$ mm in der ZRS-Gruppe, kein signifikanter Unterschied

Tabelle 8: Studien zum Einfluss der Inzisionstechnik auf Wundheilung und Papillenerhalt

Nach der Präparation der Knochenkavität wird die Wurzelspitze reseziert sowie Granulations- und Entzündungsgewebe entfernt. Es erfolgt die Inspektion des Neopex und wenn möglich die Präparation einer retrograden Kavität.

Die Verwendung eines Mikro-Handstückes zur Präparation der retrograden Kavität setzt eine schräge Resektion der Wurzelspitze voraus, da der Bohrer nur dann in den Wurzelkanal eingeführt werden kann. Eine zur Zahnachse nahezu rechtwinklige Resektion der Wurzelspitze bedingt für die nachfolgende retrograde Präparation ein geeignetes Ultraschallinstrumentarium. Der deutlich geringere Platzbedarf ermöglicht die Präparation auch in kleinen Wundhöhlen. In der Literatur werden diese beiden Methoden als traditionelles Vorgehen (45°-Resektion, Mikro-Bohrer) bzw. modernes/mikrochirurgisches Vorgehen (nahezu rechtwinklige Resektion und Ultraschall-Instrumentarium) bezeichnet und auch in dieser Konstellation untersucht (Tortorici *et al.*, 2014, Tsesis *et al.*, 2006).

Empfehlung 9 (neu 2020)

Die Resektion der Wurzelspitze **soll** nahezu rechtwinklig zur Zahnachse erfolgen. Anschließend **sollen** die Präparation einer retrograden, ca. 3 mm tiefen und zum Wurzelkanal achsgerechten Kavität sowie die Applikation einer retrograden Füllung erfolgen. Dies gilt jeweils, sofern es anatomisch möglich ist.

Abstimmung: 10/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)

Im Verlauf des Verabschiedungsprozesses schlossen sich – entgegen der Abstimmung der Mandatstragenden – vier weitere Fachgesellschaften/ Organisationen dem Sondervotum zu Empfehlung 9 an. Drei weitere Fachgesellschaften/ Organisationen stimmten der Empfehlung in dieser Form nicht zu (s.u.).

Konsens

Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 9 und Tabelle 10)

Sondervotum von DGMKG, DGI, AKOPOM, BDO, DAZ, FVDZ, BZÄK und KZBV

Die genannten Fachgesellschaften/Organisationen teilen die Auffassung der übrigen Fachgesellschaften zur Präparation der retrograden Kavität nicht. Die zusammengehörigen Arbeiten von Christiansen *et al.* (2009) und von Kruse *et al.* (2016) liefern einen Hinweis für den Vorteil der retrograden Füllung. Dabei wurden keine Molaren untersucht. Es liegen keine weiteren Arbeiten mit diesem Studiendesign vor. Es besteht damit **keine ausreichende Evidenz**. Eine strenge Empfehlung zur Präparation der 3 mm tiefen retrograden Kavität und der Applikation der retrograden Füllung kann nicht gegeben werden.

Die **Empfehlung** von DGMKG, DGI, AKOPOM, BDO, DAZ, FVDZ, BZÄK und KZBV lautet daher:

Die Resektion der Wurzelspitze **soll** nahezu rechtwinklig zur Zahnachse erfolgen. Anschließend **sollten** die Präparation einer retrograden, ca. 3 mm tiefen und zum Wurzelkanal achsgerechten Kavität sowie die Applikation einer retrograden Füllung erfolgen. Dies gilt jeweils, sofern es anatomisch möglich ist.

Die AGOKi, die DGMKG und der BDO stimmen der Empfehlung nicht zu.

Aus anatomischen Gründen ist im Bereich der Molaren (und ggf. der Prämolaren) die Darstellung der Wurzelkanäle und die präzise Kontrolle der Randständigkeit der Wurzelfüllung bei rechtwinkliger Resektion nur erschwert möglich.

Die AGOKi, die DGMKG und der BDO stimmen prinzipiell der Empfehlung zur Resektion der Wurzelspitze im rechten Winkel zur Zahnachse zu, sieht allerdings eine starke („soll“) Empfehlung nur im Frontzahnbereich umsetzbar.

In den aufgeführten Studien liegt die Erfolgsrate des modernen/mikrochirurgischen Vorgehens immer deutlich und signifikant über der des traditionellen Vorgehens.

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Tsesis <i>et al.</i> , 2006	retrospektive Kohortenstudie; Intervention an 88 Zähnen bei 71 Patienten (traditionelle Technik: 43 Zähne bei 36 Patienten, moderne Technik: 45 Zähne bei 35 Patienten); Nachuntersuchung über mindestens 6 Monate	traditionelle Technik: mit 45° abgewinkelte WSR und Präparation der retrograden Kavität mit Bohrer, Füllung mit ZnO-Eugenol-Zement; moderne Technik: rechtwinklige oder minimal schräge Wurzelspitzenresektion (hochtourig), Präparation der retrograden Kavität mit Ultraschall und Füllung mit ZnO-Eugenol-Zement, Einsatz Mikroskop	nach mind. 6 Monaten Erfolgsrate von 44% bei der traditionellen Technik und von 91% bei der modernen Technik (statistisch signifikant, p<0.0001)
de Lange <i>et al.</i> , 2007	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 399 Patienten, Nachuntersuchung von 290 Patienten nach 1 Jahr (Gr.1=141 Pat. und Gr.2=149 Pat.; 1 Zahn pro Patient)	Gr.1: um 45° abgewinkelte WSR und Präparation der retrograden Kavität mit Bohrer, Füllung mit ZnO-Eugenol-Zement; Gr.2: rechtwinklige WSR mit Fräse und Präparation der retrograden Kavität mit Ultraschall, Füllung mit ZnO-Eugenol-Zement	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 71% bei Gr.1 und von 81% bei Gr.2 (statistisch signifikant bei Molaren, p=0.02, insgesamt p=0.056)
Tortorici <i>et al.</i> , 2014	retrospektive Kohortenstudie; Gruppe 1: 458 Zähne bei 393 Patienten, Gruppe 2: 206 Zähne bei 195 Patienten, Gruppe 3: 273 Zähne bei 255 Patienten; Nachuntersuchung nach 1 und nach 5 Jahren	verschiedene Techniken der WSR; <u>Gruppe 1</u> : Osteotomie und 45°-Resektion mit Fräse, Präparation der retrograden Kavität mit Bohrer, Füllung mit Amalgam, <u>Gruppe 2</u> : Osteotomie und 90°-Resektion mit Fräse, Präparation der retrograden Kavität mit Ultraschall-Instrumentarium, Füllung mit hydraulischem Silikat-zement, <u>Gruppe 3</u> : wie Gruppe 2, aber auch Osteotomie und 90°-Resektion mit Piezo-Gerät	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 67% bei Gruppe 1, 90% bei Gruppe 2 und 94% bei Gruppe 3 (statist. signifikant, p<0.0001); nach 5 Jahren Erfolgsrate von 91% bei Gruppe 1 und 96% bei den Gruppen 2 und 3 (statist. signifikant, p=0.00214)
von Arx <i>et al.</i> , 2016	Prospektive Kohortenstudie: Intervention an 55 Zähnen mit 62 Wurzeln bei 48 Patienten; Ein Jahr postoperativ radiologische Evaluierung des Resektionswinkels mit Hilfe von DVT und Bewertung des Behandlungsergebnisses	3 mm Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement, Kontrolle mit starrem Endoskop.	bei Wurzeln mit flachem Resektionswinkel ($\leq 20^\circ$) höhere Heilungsrate (94,9% , N=37) als bei Wurzeln mit spitzwinkliger Resektion ($>20^\circ$) (78,3% , N=18), Unterschied statistisch nicht signifikant (p=0,0905).

Tabelle 9: Vergleichende Studien zum traditionellen und zum mikrochirurgischen Vorgehen

In der Studie von Christiansen *et al.* (2009) und der zugehörigen Nachuntersuchung nach sechs Jahren (Kruse *et al.*, 2016) wird deutlich, dass die Erfolgsrate der Wurzelspitzenresektion bei retrograder,

achsgerechter Aufbereitung der apikalen 3 mm des Wurzelkanals und Applikation einer retrograden Füllung signifikant höher liegt als bei einer alleinigen Glättung der vorhandenen Wurzelkanalfüllung. Walivaara *et al.* (2009) zeigten, dass auch Guttapercha für die retrograde Füllung erfolgreich eingesetzt werden kann, wenn durch den Einsatz eines Sealers eine entsprechende Randdichtigkeit erzeugt wird.

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Christiansen <i>et al.</i> , 2009	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 52 Zähnen (Front-, Eckzähne und Prämolaren) bei 44 Patienten (26 Zähne je Gruppe), Nachuntersuchung von 46 Zähnen nach 1 Jahr	rechtwinklige WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement oder WSR mit Glättung der orthograden Guttapercha-Wurzelkanalfüllung (erhitztes Instrument)	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 97% bei retrograder Füllung mit hydraulischem Silikat-zement und von 52% bei alleiniger Glättung der vorhandenen Wurzelkanalfüllung (statistisch signifikant, $p < 0.001$)
Walivaara <i>et al.</i> , 2009	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 160 Zähnen bei 139 Patienten (83 Zähne Epoxidharz-Sealer/Guttapercha und 77 Zähne ZnO-Eugenol-Zement), Nachuntersuchung von 147 Zähnen bei 131 Patienten nach 1 Jahr	nahezu rechtwinklige Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit Epoxidharz-Sealer/injizierbarer Guttapercha oder ZnO-Eugenol-Zement	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 90% bei Epoxidharz-Sealer/Guttapercha und von 85% bei ZnO-Eugenol-Zement (kein signifikanter Unterschied)
Kruse <i>et al.</i> , 2016	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 52 Zähnen (Front-, Eckzähne und Prämolaren) bei 44 Patienten (26 Zähne je Gruppe), Nachuntersuchung von 39 Zähnen nach 6 Jahren	wie Christiansen <i>et al.</i> , 2009	nach 6 Jahren Erfolgsrate von 86% bei retrograder Füllung mit hydraulischem Silikat-zement und von 55% bei alleiniger Glättung der vorhandenen Wurzelkanalfüllung (statistisch signifikant, $p = 0.04$)
Beck-Broichsitter <i>et al.</i> , 2018	retrospektive Kohortenstudie; Intervention an 149 Zähnen (11 Frontzähne, 67 Prämolaren, 71 Molaren), Nachuntersuchung bis 12 Jahre postoperativ	Wurzelspitzenresektion, bei 80 Zähnen ohne zusätzliche Füllung, bei 47 Zähnen mit orthograde Wurzelkanalfüllung und bei 17 Zähnen mit retrograder Füllung (Mikro-Handstück, versch. Füllmaterialien)	nach 12 Jahren Erhalt von 40 Zähne (50%) ohne zusätzliche Füllung; kein Zahn (0%) mit orthograde Wurzelkanalfüllung erhalten gegenüber von 11 Zähnen (65%) mit retrograder Füllung ($p = 0,0237$); Qualität der ursprünglichen Wurzelkanalfüllung hatte keinen signifikanten Einfluss ($p = 0,125$)

Tabelle 10: Studien zur Effektivität der retrograden Füllung

Statement (neu 2020)			
Der Einsatz von Vergrößerungshilfen (Endoskop, Lupenbrille, Dentalmikroskop) ermöglicht ein mikrochirurgisches Vorgehen unter der Konservierung von Knochensubstanz, präziserer intraoperativer Diagnostik der Wurzelspitze und ihrer retrograden Präparation und Obturation. Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)			Starker Konsens
Expertenkonsens und weiterführende Literatur (
Del Fabbro <i>et al.</i> , 2016	systematischer Review der Cochrane-Collaboration mit Metaanalyse (Update)	umfangreiche Literaturlauswertung zu Wurzelspitzenresektion und orthograde Revision sowie zu Aspekten der Ausführung einer Wurzelspitzenresektion	Auswertung relevanter Studien zur Verwendung einer Vergrößerungshilfe: Resultate einer dreiarmligen Studie in 2 Publikationen - keine signifikanten Unterschiede
Tabelle 11)			

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Setzer <i>et al.</i> , 2012	systematischer Review und Meta-Analyse (Rohdaten von 14 Studien): Gruppe „CRS“ (contemporary root-end surgery): nur Lupen oder keine Vergrößerungshilfen, Gruppe „EMS“ (endodontic microsurgery): Dentalmikroskope oder Endoskope (7 CRS [n = 610], 9 EMS [n = 699]).	Allen Interventionen gemeinsam: Anlegen einer Retrokavität nach Ultraschall-Präparation, Verfüllen mit biokompatiblen Füllungsmaterialien, Anwendung mikrochirurgischer Instrumente	„weighted pooled success rate“ für CRS 88% und für EMS 94% (statistisch signifikant, $p < 0,0005$); in sieben Studien Angaben zum Zahntyp (4 CRS [n = 457] und 3 EMS [n = 222]): Erfolgswahrscheinlichkeit für Molaren bei EMS statistisch signifikant besser als bei CRS ($P = .011$).
Taschieri <i>et al.</i> , 2006	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 80 Zähnen bei 59 Patienten; Nachuntersuchung von 71 Zähnen bei 53 Patienten nach 1 Jahr	rechtwinklige WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; Vergrößerung mit Endoskop oder Lupenbrille	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 95% bei Verwendung eines Endoskops und 91% bei Verwendung einer Lupenbrille (keine Signifikanz)
Taschieri <i>et al.</i> , 2008b	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 113 Zähnen bei 70 Patienten; Nachuntersuchung von 100 Zähnen bei 61 Patienten nach 2 Jahren	rechtwinklige WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit EBA-Zement; 59 Zähne mit Mikroskop, 41 Zähne mit Endoskop	nach 2 Jahren Erfolgsrate von 92% bei Verwendung eines Mikroskops und 90% bei Verwendung eines Endoskops (keine Signifikanz)
Taschieri und Del Fabbro, 2009	retrospektive Fall-Serie; Intervention an 49 Zähnen bei 33 Patienten;	rechtwinklige WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und	nach 1 Jahr und nach 2 Jahren Erfolgsrate von 91%

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
	Nachuntersuchung von 45 Zähnen nach 1 Jahr und von 43 Zähnen nach 2 Jahren	Füllung mit EBA-Zement; Vergrößerung mit Endoskop	
Taschieri <i>et al.</i> , 2013	retrospektive Kohortenstudie; Intervention an 102 Zähnen bei 65 Patienten; Nachuntersuchung von 86 Zähnen bei 52 Patienten nach 4 Jahren	rechtwinklige WSR mit Ultraschallpräp. einer retrogr. Kavität und Füllung mit EBA-Zement: 63 Zähne bei 36 Patienten mit Mikroskop, 39 Zähne bei 29 Patienten mit Lupenbrille	nach 4 Jahren Erfolgsrate von 93% bei Verwendung von Mikroskop und 91% mit Lupenbrille (keine Signifikanz)
Del Fabbro <i>et al.</i> , 2016	systematischer Review der Cochrane-Collaboration mit Metaanalyse (Update)	umfangreiche Literaturliteraturauswertung zu Wurzelspitzenresektion und orthograde Revision sowie zu Aspekten der Ausführung einer Wurzelspitzenresektion	Auswertung relevanter Studien zur Verwendung einer Vergrößerungshilfe: Resultate einer dreiarmigen Studie in 2 Publikationen - keine signifikanten Unterschiede

Tabelle 11: Studien zur Verwendung von Vergrößerungshilfen bei der WSR

Hinweis
Eine intraoperative Blutstillung kann durch verschiedene lokal applizierte Substanzen erreicht werden, z. B. Adrenalin (Epinephrin), Eisensulfat, Kalziumsulfat oder Aluminiumchlorid. Letzteres kann eine stärkere postoperative Schwellung bedingen. Die Blutstillung durch Elektrokauterisation scheint weniger effektiv zu sein.
weiterführende Literatur (Tabelle 12)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Vickers <i>et al.</i> , 2002	randomisierte prospektive Studie; Intervention bei 33 Patienten mit periapikaler Parodontitis (16 Patienten Gruppe 1, 17 Patienten Gruppe 2 - 1 Zahn pro Patient)	Wurzelspitzenresektion, dabei Blutstillung mit FeSO ₄ (Gruppe 1) oder Watte-Pellets mit Epinephrin-Lösung (Gruppe 2); während Eingriff Monitoring von Blutdruck und Pulsrate	vollständige Blutstillung bei 94% der Fälle in Gruppe 1 und bei 100% der Fälle in Gruppe 2; kein kardiovaskulärer Effekt der Substanzen
Vy <i>et al.</i> , 2004	nicht randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 48 Patienten mit periapikaler Parodontitis (42 Patienten Testgruppe, 6 Patienten Kontrolle - 1 Zahn pro Patient)	WSR, dabei Blutstillung mit Kollagenschwamm getränkt mit Epinephrin-Lösung (Testgruppe) oder physiolog. NaCl-Lösung (Kontrolle); während Eingriff Monitoring von Blutdruck und Pulsrate	vollständige Blutstillung bei 93% der Testgruppen-Patienten und bei 17% der Kontrollgruppe, kein Unterschied bei Blutdruck und Herzfrequenz zwischen den Gruppen

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Peñarrocha-Diago <i>et al.</i> , 2012	retrospektive Kohortenstudie; Intervention bei 96 Patienten (Gr.1: 46 Pat., Gr.2: 50 Pat.); postop. Ausfüllen eines Fragebogens durch Patienten (Schmerzen, Schwellung auf visueller Analogskala); Auswertung von 76 Fällen (Gr.1: 34 Pat., Gr.2: 42 Pat.)	WSR mit Ultraschallpräparation der retrograden Kavität, Füllung mit hydraulischem Silikatzement; Blutstillung durch in Articain/Adrenalin getränkte Gaze (Gr.1) oder mit AlCl (Gr.2); postop. Medikation: 500mg Amoxicillin/125 mg Clavulansäure 8stdl. für 7 Tage, Ibuprofen 600 mg 8stdl. für 4 Tage, Paracetamol 500 mg n. Bed.	bezüglich Schmerzen und Analgetikabedarf kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen; Schwellungsmaximum am zweiten postoperativen Tag, Gr. 2 mit signifikant stärkerer Schwellung als Gr. 1 (p=0.02)
Scarano <i>et al.</i> , 2012	klinisch kontrollierte Studie; Intervention an 31 Zähnen bei 24 Patienten (Gr. 1: 11 Zähne, Gr. 2: 10 Zähne und Gr. 3: 10 Zähne)	Wurzelspitzenresektion, dabei Blutstillung mit CaSO ₄ (Gr.1), Gaze (Gr.2) oder FeSO ₄ (Gr.3)	vollständige Blutstillung bei 100% der Fälle in Gr.1, bei 30% in Gr.2 und bei 60% in Gr.3
Menendez-Nieto <i>et al.</i> , 2016	randomisierte prospektive Studie; Intervention bei 99 Patienten mit periapikaler Parodontitis (48 Patienten Gruppe 1, 51 Patienten Gruppe 2 - 1 Zahn pro Patient)	Wurzelspitzenresektion, dabei Blutstillung mit in Epinephrin-Lösung getränkter Gaze (Gruppe 1) oder AlCl (Gruppe 2)	adäquate Hämostase bei 52% der Fälle in Gruppe 1 und bei 73% der Fälle in Gruppe 2
Peñarrocha-Diago <i>et al.</i> , 2018	randomisierte prospektive Studie; Intervention bei 95 Patienten (ein Zahn/Patient, Gr.1: 45 Pat., Gr.2: 50 Pat.)	WSR mit Ultraschallpräparation der retrograden Kavität, Füllung mit hydraulischem Silikatzement; Blutstillung durch in Epinephrin getränkte Gaze (Gr.1) oder mit AlCl (Gr.2)	kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem verwendeten Hämostyptikum mit der Prognose der WSR
Peñarrocha-Oltra <i>et al.</i> , 2019	randomisierte prospektive Studie; Intervention bei 60 Patienten (ein Zahn/Patient, Gr.1: 30 Pat., Gr.2: 30 Pat.)	WSR mit Ultraschallpräparation der retrograden Kavität, Füllung mit hydraulischem Silikatzement; Blutstillung durch AlCl (Gr.1) oder Elektrokauterisation (Gr.2)	vollständige Blutstillung bei 80% der Patienten in Gruppe 1 und bei 60% der Patienten in Gruppe 2 (p<0,05)

Tabelle 12: Studien zum Einfluss blutstillender Maßnahmen bei der WSR

Empfehlung 10 (neu 2020)	
<p>Für den standardmäßigen Einsatz von GTR- oder Augmentationstechniken für eine bessere Abheilung des knöchernen Defektes nach einer Wurzelspitzenresektion kann derzeit keine Empfehlung ausgesprochen werden. Eine Ausnahme bilden bikortikale Defekte, bei denen eine Augmentation empfohlen werden kann.</p> <p>Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	<p>Starker Konsens</p>
<p>Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 13)</p>	

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Pecora <i>et al.</i> , 1995	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 20 Patienten (10 Pat. je Gruppe) mit periapikalen Läsionen \geq 10 mm (Defekttyp nicht angegeben), Nachuntersuchung nach 3, 6, 9 und 12 Monaten	Debridement der periapikalen Pathologie, WSR mit Diamant-Fräser und retrograde Füllung mit EBA-Zement (7 Pat.), Amalgam (4 Pat.) und ZnO-Eugenol (4 Pat.), bei 5 Pat. kalte Glättung der Guttapercha; nach Randomisierung bei Testgruppe Abdeckung des knöchernen Defektes mit e-PTFE-Membran, bei Kontrollgruppe keine Membran; Entfernung der Membran nach spätestens 6-9 Monaten	Reduktion der periapikalen Radioluzenz: nach 3 Monaten 45% bei Test- und 25% bei Kontrollgruppe, nach 6 Monaten 70% bei Test- und 52% bei Kontrollgruppe, nach 9 Monaten 85% bei Test- und 75% bei Kontrollgruppe; nach 12 Monaten unvollständige Heilung bei 9 von 10 Patienten in beiden Gruppen (Behandlungserfolg)
Pantchev <i>et al.</i> , 2009	nicht randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 186 Zähnen bei 131 Patienten (Defekttyp nicht angegeben); Nachuntersuchung nach 9-24 Monaten (76 Zähne Testgruppe, 110 Zähne Kontrolle) und nach 33->48 Monaten (68 Zähne Testgruppe, 79 Zähne Kontrolle)	Wurzelspitzenresektion, retrograde Füllung mit EBA-Zement, bei Testgruppe Augmentation des periapikalen Defektes mit bioaktivem Glas, bei Kontrollgruppe keine Augmentation	nach 9-24 Monaten Erfolgsrate von 72% bei Testgruppe und von 56% bei Kontrollgruppe (statistisch signifikant, $p < 0.05$) nach 33 ->48 Monaten Erfolgsrate von 74% bei Testgruppe und von 84% bei Kontrollgruppe (kein signifikanter Unterschied)
Tobon <i>et al.</i> , 2002	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 30 Zähnen bei 28 Patienten (4-Wand-Defekte), Nachuntersuchung von 26 Zähnen bei 25 Patienten nach 1 Jahr (Gr. 1: 9 Zähne, Gr. 2: 8 Zähne, Kontrollgruppe 9 Zähne)	Gruppe 1: WSR, Abdeckung des knöchernen Defektes mit nicht resorbierbarer e-PTFE-Membran; Gruppe 2: WSR, Augmentation des knöchernen Defektes mit synthetischem bioaktivem resorbierbarem Material und Abdeckung mit nicht resorbierbarer e-PTFE-Membran; Kontrollgruppe: WSR ohne zusätzliche Maßnahmen	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 78% bei Gruppe 1 (67% vollst. Heilung) und von 100% bei Gruppe 2 (100% vollst. Heilung); bei Kontrollgruppe Erfolgsrate von 89% (44% vollständige Heilung)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Garrett <i>et al.</i> , 2002	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 25 Patienten (4-Wand-Defekte); Nachuntersuchung nach 3, 6 und 12 Monaten (9 Pat. Testgruppe, 4 Pat. Kontrollgruppe)	Wurzelspitzenresektion; bei Testgruppe Abdeckung des Defektes mit resorbierbarer Membran, bei Kontrollgruppe ohne zusätzliche Maßnahmen	kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Knochendichte
Dominiak <i>et al.</i> , 2009	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 106 Patienten (1 Zahn pro Patient, 4-Wand-Defekte); Nachuntersuchung nach 6 u. 12 Monaten (Gr. 1: 26 Pat., Gr. 2: 30 Pat., Gr. 3: 25 Pat., Kontrollgruppe 25 Pat.)	WSR, retrograde Füllung mit Glasionomermzement, versch. GTR-Techniken (Gr. 1: Abdeckung des Defektes mit resorbierbarer Kollagenmembran, Gr. 2: Augmentation des Defektes mit xenogenem Material, Gr. 3: Augmentation des Defektes mit xenogenem Material in Kombination mit platelet rich plasma, bei Kontrollgruppe keine Augmentation und keine Abdeckung	nach 6 Monaten vollständige Heilung bei 69% (Gr. 1), 77% (Gr. 2) und 76% der Defekte (Gr. 3) sowie in 36% der Fälle bei der Kontrollgruppe (für alle Testgruppen signifikant); nach 12 Monaten vollständige Heilung bei 81% (Gr. 1), 83% (Gr. 2) und 92% der Defekte (Gr. 3) sowie in 64% der Fälle bei der Kontrollgruppe (nur für Gr. 3 signifikant)
Taschieri <i>et al.</i> , 2007a	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 63 Zähnen bei 44 Patienten mit peri-apikalen Läsionen ≥ 10 mm (4-Wand- und bikortikale Defekte); Nachuntersuchung von 59 Zähnen bei 41 Patienten nach 1 Jahr (davon 16 Zähne mit 4-Wand-Defekten, 22 Zähne Kontrolle)	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion, retrograde Füllung mit EBA-Zement; bei Testgruppe Augmentation des Defektes mit anorganischem bovinem Knochenmineral und Abdeckung mit resorbierbarer Kollagenmembran, bei Kontrollgruppe keine Augmentation und keine Abdeckung	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 78% bei allen Zähnen, bei 4-Wand-Defekten Erfolgsrate von 88 % gegenüber 82 % bei Kontrollgruppe; kein signifikanter Unterschied zwischen Test- und Kontrollgruppe
Dietrich <i>et al.</i> , 2003	Fall-Serie; Intervention an 25 Defekten bei 24 Patienten mit Paro-Endo-Läsionen ; Nachuntersuchung von 23 Defekten bei 22 Patienten nach 1 Jahr	WSR, wenn mgl. orthograde Revision mit Guttapercha/ Sealer, andernfalls retrograde Präparation mit Ultraschall und Füllung mit Sealer; Augmentation des Defektes mit anorganischem bovinem Knochenmineral und Abdeckung mit resorbierbarer Kollagenmembran	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 83% (ausschließlich komplette Heilung)
Marin-Botero <i>et al.</i> , 2006	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 30 Patienten (15 Pat. je Gruppe) mit großen periapikalen Läsionen (5-12mm, Paro-Endo-Läsionen), Nachuntersuchung nach 1 Jahr	Gruppe 1: WSR, Abdeckung des knöchernen Defektes mit periostalem Verschiebelappen; Gruppe 2: WSR, Abdeckung des knöchernen Defektes mit Polylactin-Membran	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 87% bei beiden Gruppen, auch bezüglich Reduktion der klinischen Parameter und der Größe der periapikalen Läsionen keine Unterschiede zwischen Gruppen
Goyal <i>et al.</i> , 2011	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 30 Patienten mit Paro-Endo-Läsionen (je 10 Patienten in 3 Gruppen, 1 Zahn pro Patient); Nachuntersuchung	WSR, retrograde Präparation mit Ultraschall und Füllung mit hydraulischem Silikatzement, versch. GTR-Techniken (Gr. 1: Abdeckung des Defektes mit resorbierbarer Kollagen-	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 80% (Gr. 1), 83% (Gr. 2) und 89% (Gr. 3) (kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppen)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
	von 25 Patienten bis 1 Jahr (Gr. 1: 10 Pat., Gr. 2: 6 Pat., Gr. 3: 9 Pat.)	membran, Gr. 2: Augmentation des Defektes mit platelet rich plasma, Gr. 3: Augmentation des Defektes mit platelet rich plasma in Kombination mit Kollagenschwamm	
Pecora <i>et al.</i> , 2001	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 20 Patienten mit bikortikalen periapikalen Läsionen ≥ 10 mm (10 Zähne je Gruppe), Nachuntersuchung von 46 Zähnen nach 1 Jahr	Wurzelspitzenresektion, retrograde Füllung mit EBA-Zement; bei Testgruppe Augmentation des Defektes mit Calciumsulfat, bei Kontrollgruppe keine Augmentation	nach 1 Jahr pro Gruppe eine Extraktion (vertikale Fraktur), bei Testgruppe 7 komplette und 2 unvollst. Abheilungen, bei Kontrollgruppe 3 komplette und 5 unvollst. Abheilungen; keine signifikanten Unterschiede
Taschieri <i>et al.</i> , 2007a	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 63 Zähnen bei 44 Patienten mit peri-apikalen Läsionen ≥ 10 mm (4-Wand- und bikortikale Defekte); Nachuntersuchung von 59 Zähnen bei 41 Patienten nach 1 Jahr (davon 8 Zähne mit bikortikalen Läsionen, 13 Zähne Kontrolle)	rechtwinklige Wurzelspitzenresektion, retrograde Füllung mit EBA-Zement; bei Testgruppe Augmentation des Defektes mit anorganischem bovinem Knochenmineral und Abdeckung mit resorbierbarer Kollagenmembran, bei Kontrollgruppe keine Augmentation und keine Abdeckung	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 78% bei allen Zähnen, bei bikortikalen Defekten Erfolgsrate von 75 % gegenüber 62 % bei Kontrollgruppe; kein signifikanter Unterschied zwischen Test- und Kontrollgruppe
Taschieri <i>et al.</i> , 2008a	klinisch kontr. Studie; Intervention an 34 Zähnen bei 27 Patienten mit bikortikalen periapikalen Läsionen ; Nachuntersuchung von 31 Zähnen bei 25 Patienten nach 1 Jahr (17 Zähne Testgruppe, 14 Zähne Kontrolle)	rechtwinklige WSR, retrograde Füllung mit EBA-Zement; bei Testgruppe Augmentation des Defektes mit anorganischem bovinem Knochenmineral und Abdeckung mit resorbierbarer Kollagenmembran, bei Kontrollgruppe keine Augmentation und keine Abdeckung	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 88% bei Testgruppe und von 57% bei Kontrollgruppe (statistisch signifikant, $p=0.02$)
Taschieri <i>et al.</i> , 2011	retros. Kohortenstudie; Auswertung von 49 Zähnen bei 38 Patienten mit bikortikalen periapikalen Läsionen nach 1 Jahr, davon erneute Auswertung von 43 Zähnen bei 33 Patienten nach 4 Jahren	nahezu rechtwinklige WSR, retrograde Präparation mit Ultraschall und Füllung mit EBA-Zement; Augmentation des Defektes mit anorganischem bovinem Knochenmineral und Abdeckung mit resorbierbarer Kollagenmembran	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 82% und nach 4 Jahren Erfolgsrate von 88%

Tabelle 13: Studien zum Einsatz von GTR- und Augmentationstechniken in Kombination mit einer WSR

Nur wenige Arbeiten wurden zur Knochendeckelmethode bei Wurzelspitzenresektionen gefunden (Zurücksetzen der vestibulären Kortikalis in den knöchernen Defekt nach erfolgter Wurzelspitzenresektion bei unteren Molaren), anhand derer keine Aussage zum Einfluss auf die Erfolgsrate gemacht werden kann. Der Vorteil der Methode liegt in der besseren operativen Übersicht

und des minimierten Verlustes kortikalen Knochens. Eine Studie findet eine signifikant stärker ausgeprägte postoperative Schwellung mit reponierter Kortikalis (Tabelle 14).

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Khoury, 1987	Klinisch kontrollierte Kohortenstudie; Auswertung von 121 unteren Molaren bei 116 Knochen- deckeln (112 Patienten); Nachuntersuchungszeitraum bis 1 Jahr	WSR mit unterschiedlichen Modalitäten der WKF (prä-/ intraoperativ, ortho- /retrograd) und Präparation eines frei replantierten kortikalen Knochendeckels	nach 1 Jahr 92,5% gute Ergebnisse
Lasaridis <i>et al.</i> , 1991	retrosp. Kohortenstudie; Auswertung von 24 unteren Molaren bei 21 Patienten; Nachuntersuchungszeitraum 6 Monate und länger	WSR mit Präparation eines frei replantierten kortikalen Knochendeckels, schräger Resektion und orthograde WKF	bei 19 Zähnen (79,1%) vollständige Heilung
Garcia-Mira <i>et al.</i> , 2010	retrosp. Kohortenstudie; Auswertung von 87 unteren Molaren mit 107 periapikalen Läsionen bei 75 Patienten; Nachuntersuchungszeitraum 1- 10 Jahre (Mittel: 27,2 Monate)	bei Gruppe 1 WSR mit Osteotomie (73 Zähne) und bei Gruppe 2 WSR mit Ostektomie und anschl. Repositionierung der vestibulären Kortikalis (9 Zähne)	kein Zusammenhang zwischen der Größe der Osteotomie und den Schmerzen, der Schwellung oder der Prognose; bei Gr.2 mehr Schwellung als bei Gr.1 (statistisch signifikant $p < 0.05$)

Tabelle 14: Studien zur Knochendeckelmethode

Hinweis
Zur Kontrolle auf eine vollständige Entfernung der Wurzelspitze oder auf das Vorliegen von Cracks, Frakturen oder Isthmi und zur Inspektion auf zusätzliche Wurzelkanäle ist das Anfärben des Wurzelquerschnitts z. B. mit Methylenblau hilfreich.
weiterführende Literatur: Cambuzzi <i>et al.</i> (1985)

Empfehlung 11 (neu 2020)	
<p>Insbesondere die Verwendung von hydraulischen Silikazementen oder Zinkoxid-Eugenol-basierten Zementen scheinen für die retrograde Füllung empfehlenswert zu sein. Die retrograde Füllung mit Glasionomermaterial ergibt signifikant schlechtere Erfolgsraten, dieses Material soll nicht für eine retrograde Füllung verwendet werden.</p> <p>Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	Starker Konsens
Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 15)	

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Jensen <i>et al.</i> , 2002	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 134 Patienten (in beiden Gruppen 67 Pat.); Nachuntersuchung von 122 Patienten (60 Patienten Komposit und 62 Patienten Glasionomer-zement) nach 1 Jahr (1 Zahn pro Patient)	Wurzelspitzenresektion mit konkaver Präparation der Resektionsfläche und Füllung mit Dentin-Bonding/Komposit oder Glasionomerzement	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 73% bei Komposit und von 31% bei Glasionomerzement (statistisch signifikant, $p < 0.001$)
Chong <i>et al.</i> , 2003	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 183 Patienten, Nachuntersuchung von 122 Patienten nach 1 Jahr und von 108 Patienten nach 2 Jahren (1 Zahn pro Patient)	rechtwinklige WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement oder ZnO-Eugenol-Zement	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 84% bei Silikat-zement und 76% bei ZnO-Eugenol-Zement, nach 2 Jahren von 92% bei Silikat-zement und 87% bei ZnO-Eugenol-Zement (keine Signifikanz)
Platt und Wannfors, 2004	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 34 Zähnen bei 28 Patienten (18 Zähne Kompomer und 16 Zähne GIZ); Nachuntersuchung nach 1 Jahr	WSR mit konkaver Präparation der Resektionsfläche und Füllung mit Kompomer oder zylindrischer Präparation und Glasionomerzement -Füllung	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 89% bei Kompomer und von 44% bei Glasionomerzement (statistisch signifikant, $p < 0.015$)
Lindeboom <i>et al.</i> , 2005a	randomisierte kontrollierte Studie; 100 Zähne bei 90 Patienten (50 Zähne pro Gruppe); Nachuntersuchung nach 1 Jahr	um 10-25° angulierte WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement oder ZnO-Eugenol-Zement; Einsatz einer Lupe	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 92% bei Silikat-zement und 86% bei ZnO-Eugenol-Zement (kein signifikanter Unterschied)
von Arx <i>et al.</i> , 2010	nicht randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 353 Patienten, Nachuntersuchung von 339 Patienten nach 1 Jahr (173 Patienten Silikat-zement und 166 Patienten Komposit; 1 Zahn pro Patient)	WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement oder Präparation einer flachen Kavität und Füllung mit Dentin-Bonding/ Komposit	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 91% bei Silikat-zement und von 80% bei Komposit (statistisch signifikant, $p = 0.003$)
Walivaara <i>et al.</i> , 2011	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention an 206 Zähnen bei 164 Patienten (99 Zähne ZnO-Eugenol-Zement und 107 Zähne EBA-Zement), Nachuntersuchung von 194 Zähnen bei 153 Patienten nach >1 Jahr	minimal schräge Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit ZnO-Eugenol-Zement oder EBA-Zement	nach mind. 1 Jahr (Mittel: 13,1 Monate) Erfolgsrate von 91% bei ZnO-Eugenol-Zement und 82% bei EBA-Zement (kein signifikanter Unterschied)
Song und Kim, 2012	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 260 Patienten, Nachuntersuchung von 192 Patienten nach 1 Jahr (90 Patienten Silikat-zement und 102 Patienten EBA-Zement; 1 Zahn pro Patient)	um 0-10° angulierte WSR mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikat-zement oder EBA-Zement; Einsatz eines Mikroskops (20x bis 26x Vergr.)	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 96% bei Silikat-zement und von 93% bei EBA-Zement (kein signifikanter Unterschied)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
von Arx <i>et al.</i> , 2014	nicht randomisierte kontrollierte Studie; Nachuntersuchung nach 5 Jahren zu von Arx <i>et al.</i> , 2010; 271 Patienten (134 Patienten hydraulischer Silikatzement und 137 Patienten Komposit; 1 Zahn pro Patient)	wie von Arx <i>et al.</i> , 2010	nach 5 Jahren Erfolgsrate von 88% bei Silikatzement und von 71% bei Komposit (statistisch signifikant, p=0.0005)
Kim <i>et al.</i> , 2016c	randomisierte kontrollierte Studie; Intervention bei 260 Patienten, Nachuntersuchung von 182 Patienten nach 4 Jahren (83 Patienten Silikatzement und 99 Patienten EBA-Zement; 1 Zahn pro Patient)	wie Song und Kim, 2012	nach 4 Jahren Erfolgsrate von 92% bei Silikatzement und von 90% bei EBA-Zement (kein signifikanter Unterschied)
Zhou <i>et al.</i> , 2017	randomisierte kontrollierte Studie; Einschluss von 240 Zähnen in Studie, Nachuntersuchung von 158 Zähnen nach 1 Jahr (87 Zähne Gruppe 1 und 71 Zähne Gruppe 2 - retrograde Füllung mit unterschiedlichen Silikatzementen)	nicht angulierte Wurzelspitzenresektion mit Ultraschallpräparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikatzement; Einsatz eines Mikroskops	nach 1 Jahr Erfolgsrate von 93% in Gruppe 1 und von 94% in Gruppe 2 (kein signifikanter Unterschied)
von Arx <i>et al.</i> , 2019	Langzeit Follow-up-Studie; Intervention bei 195 Patienten (ein Zahn pro Patient), Nachuntersuchung von 119 Zähnen nach 1, 5, und 10 Jahren	3 mm Wurzelspitzenresektion mit Ultraschall-präparation einer retrograden Kavität und Füllung mit hydraulischem Silikatzement	nach 10 Jahren 97 von 119 Zähnen (81,5%) als geheilt eingestuft

Tabelle 15: Studien zu retrograden Füllmaterialien

8.3 Adjuvante Therapie

Hinweis
Der Stellenwert einer perioperativen systemischen antibiotischen oder antiphlogistischen Prophylaxe ist wissenschaftlich nicht abschließend bewertet. Eine generelle Empfehlung kann daher nicht ausgesprochen werden.
weiterführende Literatur (Tabelle 16)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Lindeboom <i>et al.</i> , 2005b	randomisierte Placebo-kontrollierte Doppelblindstudie; 256 Patienten mit Wurzelspitzenresektion; Nachuntersuchung nach 4 Wochen auf Infektionszeichen der Eingriffsstelle	randomisierte und verblindete orale Gabe von 600 mg Clindamycin oder Placebo 1 Stunde vor Eingriff	zwei Infektionen in der Clindamycin-Gruppe und vier Infektionen in der Placebo-Gruppe (kein signifikanter Unterschied)
Lin <i>et al.</i> , 2006	randomisierte Placebo-kontrollierte Doppelblindstudie; 90 Patienten mit Wurzelspitzenresektion; Nachuntersuchung nach 4, 12, 24 und 48 Stunden (Bestimmung Schmerzstärke mit visueller Analogskala)	randomisierte und verblindete orale Medikation präoperativ sowie 1 und 2 Tage postoperativ (Dexamethason 8 mg präop., 4 mg postop.), Etodolac (600 mg prä- und postop.) oder Placebo	bei beiden Medikationen signifikante Reduktion des postoperativen Schmerzes gegenüber Placebo zu allen Zeitpunkten ($p \leq 0.001$)
Pochapski <i>et al.</i> , 2009	randomisierte Placebo-kontrollierte Doppelblindstudie; 50 Patienten mit Wurzelspitzenresektion; Nachuntersuchung nach 8 Stunden, 1, 2 und 7 Tagen (Bestimmung Schmerzstärke mit numerischer Analogskala)	randomisierte und verblindete orale Gabe von 4 mg Dexamethason oder Placebo 1 Stunde vor Eingriff	signifikante Reduktion des postoperativen Schmerzes nach 4 und 12 Stunden gegenüber Placebo ($p < 0.05$), kein signifikanter Unterschied nach 24 und 48 Stunden

Tabelle 16: Studien zur adjuvanten medikamentösen Therapie bei der WSR

9 Risikofaktoren und Komplikationen

9.1 Risikofaktoren

Insbesondere die nachfolgenden Befunde lassen entweder ein erhöhtes operatives Risiko und/oder eine verminderte Erfolgswahrscheinlichkeit der Wurzelspitzenresektion erwarten:

Allgemein:

- Schwerwiegende Begleiterkrankungen des Patienten,
- Risikofaktoren der Wundheilung, die sich aus allgemeinen oder lokalen Störungen der Knochenregeneration ergeben (Bestrahlungsbehandlung, Chemotherapie, antiresorptive Medikation, beispielsweise Bisphosphonate, Stoffwechselstörungen, Immunsuppression)

Lokal:

- Bestehende akute Infektionszeichen oder Fistelung,
- Persistierende apikale Parodontitis nach bereits erfolgter Wurzelspitzenresektion,
- Fortgeschrittene Parodontalerkrankungen, insbesondere bei Vorliegen einer Paro-Endo-Läsion oder bikortikaler Defekte,
- Wurzelanomalien, z.B. interne Resorption, Isthmus, Obliteration des Wurzelkanals,
- Wurzelperforation während der Wurzelkanalbehandlung,
- Qualitativ unzureichende, aber nicht revidierbare Wurzelkanalfüllung,
- Frakturierte endodontische Instrumente,
- Großer Knochendefekt beispielsweise aufgrund einer Zyste,
- Enge Lagebeziehung zu Nachbarzähnen,
- Projektion des Verlaufes des *N. alveolaris inferior* auf die Wurzelspitze oder in unmittelbarer Nähe,
- Wurzelfrakturen oder Cracks,
- Enge Lagebeziehung zum Sinus maxillaris.

9.2 Komplikationen

Neben den allgemeinen perioperativen Begleitfolgen wie Blutung, Schwellung und Schmerzen sind insbesondere die folgenden eingriffstypischen Komplikationen möglich:

- Persistierende Infektion mit klinischer und/oder radiografischer Symptomatik,
- Postoperative Infektionen,
- Kontinuität zwischen marginaler und apikaler Parodontitis (Paro-Endo-Läsion),
- Fraktur der Wurzel,
- Schädigung sensibler Äste des *N. trigeminus*,
- Schädigung benachbarter Zähne,
- Luxation der Wurzelspitze in die Kieferhöhle/Nasenhöhle/den Mundboden/Nervkanal,
- Knochennekrosen,

- Belassener Wurzelrest,
- Sinusitis maxillaris,
- Transport von Fremdmaterial in den Sinus maxillaris mit nachfolgender entzündlicher Reaktion.

10 Bewertung des Therapieerfolges und Prognose

10.1 Therapieerfolg

Das Ziel ist ein funktionsfähiger und symptomfreier Zahn. Entzündliche Veränderungen sollten ausgeheilt sein. Der Therapieerfolg soll klinisch und radiografisch beurteilt werden. Als minimaler Nachbeobachtungszeitraum wird ein Jahr angegeben.

Die heute fast ausschließlich verwendeten Kriterien zur Erfolgsbewertung nach einer endodontisch-chirurgischen Behandlung gehen auf Rud *et al.* (1972) zurück. Es werden vier Kategorien (Gruppen) unterschieden:

- (1) Komplette Heilung,
- (2) Inkomplette Heilung (Narbengewebe),
- (3) Unsichere Heilung,
- (4) Unbefriedigende Heilung.

Die Einteilung wird bei der Ermittlung der Erfolgsrate nach chirurgischen und auch nach nicht chirurgischen endodontischen Revisionsbehandlungen verwendet. Unabhängig vom Untersuchungszeitpunkt werden meist die Gruppen 1 und 2 als Erfolg und die Gruppen 3 und 4 als Misserfolg gewertet. Ein Auftreten klinischer Beschwerden führt zur Einordnung als Misserfolg.

Gruppe	Beschreibung
1	Neuformation eines Parodontalspalt mit Lamina dura um den gesamten Apex, der maximal die doppelte Breite hat; Defekt dieser Lamina dura im Bereich der Wurzelkanalfüllung bis 1 mm ² ; vormalige Kavität mit Knochen gefüllt, geringere Radioopazität möglich; Fälle mit kompletter knöcherner Ausheilung ohne erkennbaren Parodontalspalt

2	Rarefikation, die sich im Vergleich zu einer vorherigen oder postoperativen Aufnahme verkleinert darstellt oder unverändert geblieben ist, mit oder ohne erkennbarer Knochenstruktur, unregelmäßig, asymmetrisch um Apex, abgewinkelte Verbindung zum Parodontalspalt; kann von feinmaschiger Knochenstruktur ohne oder mit eingestreuten groben Knochenstrabekeln und radioluzenten Bereichen umgeben sein; bei fortschreitender Knochenheilung Lamina dura um isolierte Rarefikation in Knochen; bei aktiver Entzündung eher trichterförmiger Übergang des Parodontalspalt in die Rarefikation und diese mit eher kreisförmigem Umriss
3	teilweise knöcherne Heilung mit Größenabnahme der Radioluzenz, aber mehr als doppelter Breite des Parodontalspalt; Lamina dura um Rarefikation möglich; Peripherie fast immer halbkreis- oder kreisförmig; meist symmetrisch um Apex als trichterförmige Erweiterung des Parodontalspalt; meistens Knochenstrukturen in Knochenhöhle erkennbar; bei persistierendem Vorliegen 4 Jahre nach OP als Misserfolg zu werten
4	wie Gruppe 3, aber Rarefikation in Größe unverändert oder vergrößert im Vergleich mit vorherigen Röntgenaufnahmen

10.2 Prognose der WSR

Die in klinischen Studien ermittelten Erfolgsquoten für Wurzelspitzenresektionen nach traditioneller Technik schwanken in einem weiten Bereich von 44% bis 90%. Für zeitgemäße Behandlungstechniken werden höhere Erfolgsquoten von 77% bis 97% angegeben (Christiansen *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2008; Lindeboom *et al.*, 2005a; Lindeboom *et al.*, 2005b; Saunders, 2008; Taschieri *et al.*, 2008b; Tsesis *et al.*, 2006; von Arx *et al.*, 2003; von Arx *et al.*, 2007) (siehe auch Kapitel 6.).

Als **prognostisch wichtige Faktoren** werden beschrieben:

- eine frühzeitige Behandlung (prognostisch günstig) - mit zunehmender Größe der periapikalen Läsion sinkt der Behandlungserfolg,
- Vorliegen einer Paro-Endo-Läsion gegenüber einer isolierten endodontischen Läsion (Prognose bei kombinierten Läsionen ungünstiger),
- krestale Knochenhöhe (Prognose sinkt mit abnehmender Knochenhöhe),
- Vorhandensein von intraradikulären Isthmen (prognostisch ungünstig),
- Operationstechniken unter Anwendung von Vergrößerungshilfen (prognostisch günstig),
- Mikrochirurgische Operationstechniken (prognostisch günstig),
- Vorhandensein einer Wurzelkanalfüllung (prognostisch günstig),
- dichter retrograder Verschluss des Wurzelkanalsystems (prognostisch günstig),
- Vorliegen einer bakteriendichten, gegenüber Kaukräften statisch und dynamisch stabilen Restauration der Zahnkrone (prognostisch günstig).

Als **häufigste Ursachen von Misserfolgen** einer WSR wurden genannt:

- Persistierende mikrobielle Kontamination des Wurzelkanals oder sekundäre Kontamination über ein koronales Leakage,
- Extraradikuläre Infektion,
- Unzureichenden Abdichtung des Wurzelkanalsystems zum periapikalen Gewebe (dies ist auch bei Vorliegen einer retrograden Füllung möglich),
- Anatomische Probleme, die eine ausreichende Desinfektion und Obturation verhindern (z. B. unregelmäßige Kanalquerschnitte oder ein enger Isthmus zwischen zwei Wurzelkanälen),
- Unzureichende chirurgische Technik (nicht identifizierte Wurzelkanäle, nicht achsgerechte oder unzureichende Tiefe der Retropräparation, u.a.m.),
- ungünstiges Verhältnis der Zahnkronenlänge zur Wurzellänge nach Resektion,
- Dentincracks und Mikrofrakturen.

(Angerame *et al.*, 2018; Barone *et al.*, 2010; Caliskan *et al.*, 2015; Carrillo *et al.*, 2008; de Chevigny *et al.*, 2008; Farzaneh *et al.*, 2004; Garcia-Guerrero *et al.*, 2017; Imura *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2016b; Kreisler *et al.*, 2013; Ng *et al.*, 2011; Penarrocha *et al.*, 2007; Rahbaran *et al.*, 2001; Ricucci *et al.*, 2011; Song *et al.*, 2011a; Song *et al.*, 2013; Villa-Machado *et al.*, 2013; von Arx *et al.*, 2007; von Arx *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2004)

11 Therapieoptionen bei Misserfolg einer WSR

Empfehlung 12a (neu 2020)	
<p>Führt eine WSR nicht zum Erfolg, so werden die folgenden Therapiemöglichkeiten diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erneute WSR - diese kann insbesondere bei nicht suffizientem retrogradem Verschluss oder nicht ausreichend resezierter Wurzelspitze erwogen werden <p>Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	<p>starker Konsens</p>
<p>Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 17)</p>	

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Wang <i>et al.</i> , 2004	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 155 Zähnen bei 138 Patienten; Nachuntersuchung von 94 Zähnen nach 4-8 Jahren	Wurzelspitzenresektion (verschiedene Vorbedingungen und Behandlungsprotokolle)	für eine wiederholte Wurzelspitzenresektion Erfolg bei 84 % der Fälle (von n = 32 Zähnen)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Gagliani <i>et al.</i> , 2005	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 194 Zähnen mit 264 Wurzeln bei 185 Patienten; Nachuntersuchung von 168 Zähnen mit 231 Wurzeln nach 5 Jahren	Wurzelspitzenresektion (verschiedene Vorbedingungen)	für eine wiederholte Wurzelspitzenresektion Erfolg bei 77 % (n = 69 Wurzeln bei 54 Zähnen)
Taschieri <i>et al.</i> , 2007b	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 28 Zähnen; Nachuntersuchung von 27 Zähnen nach 1 Jahr	Wurzelspitzenresektion (nach vorangegangener WSR)	Erfolg bei 78% der Fälle
Song <i>et al.</i> , 2011b	prospektive Kohortenstudie; Intervention bei 54 Patienten (1 Zahn pro Patient); Nachuntersuchung bei 42 Patienten nach 1 Jahr	Wurzelspitzenresektion (nach vorangegangener WSR)	Erfolg bei 93% der Fälle

Tabelle 17: Studien zur Wiederholung einer WSR

Statement (neu 2020)	
<p>Führt eine WSR nicht zum Erfolg, so werden die folgenden Therapiemöglichkeiten diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orthograde Revisionsbehandlung des resezierten Zahnes. <p>Indikationen und Techniken der orthograden, nicht-chirurgischen Revisionsbehandlung bereits resezierter Zähne sind nicht Gegenstand der vorliegenden Leitlinie. Es liegen zahlreiche Falldarstellungen und zwei klinische Nachuntersuchungen mit begrenzter Fallzahl vor, die Erfolgsquoten von 69,5% mit zusätzlichen 10,2% als in Heilung befindlich (Ziegerahn, 2014), bzw. 87% (inkl. in Heilung befindlicher Fälle) angeben (Mente <i>et al.</i>, 2015).</p> <p>Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	<p>starker Konsens</p>
<p>Expertenkonsens und weiterführende Literatur (Tabelle 18)</p>	

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Caliskan <i>et al.</i> , 2005	prospektive Kohortenstudie; Intervention an 90 Zähnen bei 71 Patienten; Nachuntersuchung nach bis zu 8 Jahren	endodontische Revisionsbehandlung, nach WSR mit apikalem Silikat-zement-Plug (verschiedene Vorbedingungen)	nach vorheriger WSR Erfolg bei 87 % der Fälle (von n = 23 Zähnen)

Publikation	Studiendesign	Intervention	Resultat/Hauptaussage
Ercan <i>et al.</i> , 2007	prospektive Kohortenstudie; Intervention bei 70 Patienten (1 Zahn pro Patient); Nachuntersuchung von 64 Patienten nach bis zu 3 Jahren	endodontische Revisionsbehandlung (verschiedene Vorbedingungen) 11 orthogr. Revisionen nach WSR	nach vorheriger WSR Erfolg bei 9 von 11 Zähnen; 100 % der Fälle mit Läsionen <2 mm (4 von 4) bzw. bei 80 % der Fälle mit Läsionen von 2-6 mm (4 von 5)
Hülsmann <i>et al.</i> , 2018	Nachuntersuchung (mind. 11 Mon.) von 59 Zähnen bei 48 Patienten (Recall-Rate 68,6%)	orthograde Revisionsbehandlung nach WSR	69,5% Erfolg 10,2% in Heilung 20,3% Misserfolg
Mente <i>et al.</i> , 2015	prospektive Kohortenstudie; Intervention bei 24 Patienten; Nachuntersuchung an 23 Zähnen bei 22 Patienten nach 1-8,5 Jahren (Ø ca. 3 Jahre)	orthograde Revisionsbehandlung nach WSR mit apikalem Silikat-zement-Plug	Erfolg oder Verkleinerung der Läsion bei 87% der Fälle

Tabelle 18: Studien zur endodontischen Revisionsbehandlung nach einer WSR

Empfehlung 12b (neu 2020)	
<p>Führt eine WSR gemessen an den unter 10.1 genannten Kriterien nicht zum Erfolg, so werden die folgenden Therapiemöglichkeiten diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> In Ausnahmefällen kann eine intentionelle Replantation erwogen werden. Abstimmung: 11/13 (ja/ Anzahl der Stimmen) Die Extraktion sollte als invasivste Maßnahme Fällen vorbehalten bleiben, in denen keine alternativen Therapieoptionen Erfolg versprechen. Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen) 	<p>(starker) Konsens</p>
<p>Expertenkonsens</p>	

Klare evidenzgestützte Empfehlungen zur Therapieentscheidung liegen derzeit nicht vor.

12 Literatur

- Angerame D, De Biasi M, Lenhardt M, Bevilacqua L, Franco V. 2018. Survival study on teeth after successful endodontic surgical retreatment: influence of crown height, root length, crown-to-root ratio and tooth type. *Giornale Italiano di Endodonzia* 32(2):63-69.
- Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S. 2010. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study-phases 3, 4, and 5: apical surgery. *J Endod* 36(1):28-35.
- Beck-Broichsitter BE, Schmid H, Busch HP, Wiltfang J, Becker ST. 2018. Long-term survival of teeth in the posterior region after apical surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 46(11):1934-1938.
- Benenati FW, Khajotia SS. 2002. A radiographic recall evaluation of 894 endodontic cases treated in a dental school setting. *J Endod* 28(5):391-5.
- Blanas N, Kienle F, Sandor GK. 2002. Injury to the inferior alveolar nerve due to thermoplastic gutta percha. *J Oral Maxillofac Surg* 60(5):574-6.
- Bornstein MM, Bingisser AC, Reichart PA, Sendi P, Bosshardt DD, von Arx T. 2015. Comparison between Radiographic (2-dimensional and 3-dimensional) and Histologic Findings of Periapical Lesions Treated with Apical Surgery. *J Endod* 41(6):804-11.
- Boucher Y, Matossian L, Rilliard F, Machtou P. 2002. Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *Int Endod J* 35(3):229-38.
- Brodin P. 1988. Neurotoxic and analgesic effects of root canal cements and pulp-protecting dental materials. *Endod Dent Traumatol* 4(1):1-11.
- Caliskan MK. 2005. Nonsurgical retreatment of teeth with periapical lesions previously managed by either endodontic or surgical intervention. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Endod* 100(2):242-8.
- Caliskan MK, Kaval ME, Tekin U, Unal T. 2016. Radiographic and histological evaluation of persistent periapical lesions associated with endodontic failures after apical microsurgery. *Int Endod J* 49(11):1011-9.
- Caliskan MK, Tekin U, Kaval ME, Solmaz MC. 2015. The outcome of apical microsurgery using MTA as the root-end filling material: 2- to 6-year follow-up study. *Int Endod J* 49(3):245-54.
- Cambruzzi JV, Marshall FJ, Pappin JB. 1985. Methylene blue dye: an aid to endodontic surgery. *J Endod* 11(7):311-4.
- Carrillo C, Penarrocha M, Bagan JV, Vera F. 2008. Relationship between histological diagnosis and evolution of 70 periapical lesions at 12 months, treated by periapical surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 66(8):1606-9.
- Choi YH, Bae JH, Kim YK, Kim HY, Kim SK, Cho BH. 2014. Clinical outcome of intentional replantation with preoperative orthodontic extrusion: a retrospective study. *Int Endod J* 47(12):1168-76.
- Chong BS, Pitt Ford TR, Hudson MB. 2003. A prospective clinical study of Mineral Trioxide Aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *Int Endod J* 36(8):520-6.
- Christiansen R, Kirkevang LL, Horsted-Bindslev P, Wenzel A. 2009. Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling--1-year follow-up. *Int Endod J* 42(2):105-14.
- Covello F, Franco V, Schiavetti R, Clementini M, Mannocci A, Ottria L, Costacurta M. 2010. Prevalence of apical periodontitis and quality of endodontic treatment in an Italian adult population. *Oral Implantol (Rome)* 3(4):9-14.
- Cuje J, Bargholz C, Hülsmann M. 2010. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J* 43(7):545-54.

- Curtis DM, VanderWeele RA, Ray JJ, Wealleans JA. 2018. Clinician-centered Outcomes Assessment of Retreatment and Endodontic Microsurgery Using Cone-beam Computed Tomographic Volumetric Analysis. *J Endod* 44(8):1251-1256.
- Danin J, Stromberg T, Forsgren H, Linder LE, Ramskold LO. 1996. Clinical management of nonhealing periradicular pathosis. Surgery versus endodontic retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 82(2):213-7.
- Davies A, Patel S, Foschi F, Andiappan M, Mitchell PJ, Mannocci F. 2016. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically retreated teeth - part 2: a 1 year post-treatment follow-up. *Int Endod J* 49(7):623-35.
- de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. 2008. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3 and 4: orthograde retreatment. *J Endod* 34(2):131-7.
- de Lange J, Putters T, Baas EM, van Ingen JM. 2007. Ultrasonic root-end preparation in apical surgery: a prospective randomized study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 104(6):841-5.
- Del Fabbro M, Corbella S, Sequeira-Byron P, Tsesis I, Rosen E, Lolato A, Taschieri S. 2016. Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. *Cochrane Database Syst Rev* 2016 (10) (no pagination)(CD005511).
- Del Fabbro M, Taschieri S, Testori T, Francetti L, Weinstein RL. 2007. Surgical versus non-surgical endodontic retreatment for periradicular lesions. *Cochrane Database Syst Rev*(3):CD005511.
- Del Fabbro M, Taschieri S, Weinstein R. 2009. Quality of life after microscopic periradicular surgery using two different incision techniques: a randomized clinical study. *Int Endod J* 42(4):360-7.
- Di Filippo G, Sidhu SK, Chong BS. 2014. Apical periodontitis and the technical quality of root canal treatment in an adult sub-population in London. *Br Dent J* 216(10):E22.
- Dietrich T, Zunker P, Dietrich D, Bernimoulin JP. 2003. Periapical and periodontal healing after osseous grafting and guided tissue regeneration treatment of apicomarginal defects in periradicular surgery: results after 12 months. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 95(4):474-82.
- Dominiak M, Lysiak-Drwal K, Gedrange T, Zietek M, Gerber H. 2009. Efficacy of healing process of bone defects after apicectomy: results after 6 and 12 months. *J Physiol Pharmacol* 60 Suppl 8:51-5.
- Ercan E, Dalli M, Duulgergil CT, Yaman F. 2007. Effect of intracanal medication with calcium hydroxide and 1% chlorhexidine in endodontic retreatment cases with periapical lesions: an in vivo study. *J Formos Med Assoc* 106(3):217-24.
- Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S, Toronto S. 2004. Treatment outcome in endodontics-the Toronto Study. Phase II: initial treatment. *J Endod* 30(5):302-9.
- Friedman S. 2002. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endod Top* 2(1):59-88.
- Gagliani MM, Gorni FG, Strohmenger L. 2005. Periapical resurgery versus periapical surgery: a 5-year longitudinal comparison. *Int Endod J* 38(5):320-7.
- Garcia-Guerrero C, Guauque SQ, Molano N, Pineda GA, Nino-Barrera JL, Marin-Zuluaga DJ. 2017. Predictors of clinical outcomes in endodontic microsurgery: a systematic review and meta-analysis. *Giorn Ital Endod* 31(1):2-13.
- Garcia-Mira B, Ortega-Sanchez B, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. 2010. Ostectomy versus osteotomy with repositioning of the vestibular cortical in periapical surgery of mandibular molars: a preliminary study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 15(4):e628-32.
- Garrett K, Kerr M, Hartwell G, O'Sullivan S, Mayer P. 2002. The effect of a bioresorbable matrix barrier in endodontic surgery on the rate of periapical healing: an in vivo study. *J Endod* 28(7):503-6.
- Georgopoulou MK, Spanaki-Voreadi AP, Pantazis N, Kontakiotis EG, Morfis AS. 2008. Periapical status and quality of root canal fillings and coronal restorations in a Greek population. *Quintessence Int* 39(2):e85-92.

- Gonzalez-Martin M, Torres-Lagares D, Gutierrez-Perez JL, Segura-Egea JJ. 2010. Inferior alveolar nerve paresthesia after overfilling of endodontic sealer into the mandibular canal. *J Endod* 36(8):1419-21.
- Gorni FG, Gagliani MM. 2004. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 30(1):1-4.
- Goyal B, Tewari S, Duhan J, Sehgal PK. 2011. Comparative evaluation of platelet-rich plasma and guided tissue regeneration membrane in the healing of apicomarginal defects: A clinical study. *J Endod* 37(6):773-780.
- Grotz KA, Al-Nawas B, de Aguiar EG, Schulz A, Wagner W. 1998. Treatment of injuries to the inferior alveolar nerve after endodontic procedures. *Clin Oral Investig* 2(2):73-6.
- Huumonen S, Suominen AL, Vehkalahti MM. 2016. Prevalence of apical periodontitis in root filled teeth: findings from a nationwide survey in Finland. *Int Endod J* 50(3):229-36.
- Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. 2007. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod* 33(11):1278-82.
- Jensen SS, Nattestad A, Egdo P, Sewerin I, Munksgaard EC, Schou S. 2002. A prospective, randomized, comparative clinical study of resin composite and glass ionomer cement for retrograde root filling. *Clin Oral Investig* 6(4):236-43.
- Khoury F. 1987. [Possibilities, limitations and experience with the bone flap method during apicoectomies in the mandibular molar area]. *Dtsch Zahnarztl Z* 42(3):258-61.
- Kielbassa AM, Frank W, Madaus T. 2017. Radiologic assessment of quality of root canal fillings and periapical status in an Austrian subpopulation - An observational study. *PLoS ONE* 12 (5) (no pagination)(e0176724).
- Kim E, Song JS, Jung IY, Lee SJ, Kim S. 2008. Prospective Clinical Study Evaluating Endodontic Microsurgery Outcomes for Cases with Lesions of Endodontic Origin Compared with Cases with Lesions of Combined Periodontal-Endodontic Origin. *J Endod* 34(5):546-551.
- Kim JE, Cho JB, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Choi SC, Huh KH. 2016a. Accidental overextension of endodontic filling material in patients with neurologic complications: a retrospective case series. *Dentomaxillofac Radiol* 45(5):20150394.
- Kim S, Jung H, Kim S, Shin SJ, Kim E. 2016b. The Influence of an Isthmus on the Outcomes of Surgically Treated Molars: A Retrospective Study. *J Endod* 42(7):1029-34.
- Kim S, Song M, Shin SJ, Kim E. 2016c. A Randomized Controlled Study of Mineral Trioxide Aggregate and Super Ethoxybenzoic Acid as Root-end Filling Materials in Endodontic Microsurgery: Long-term Outcomes. *J Endod* 42(7):997-1002.
- Kirkevang LL, Horsted-Bindslev P, Orstavik D, Wenzel A. 2001. Frequency and distribution of endodontically treated teeth and apical periodontitis in an urban Danish population. *Int Endod J* 34(3):198-205.
- Kirkevang LL, Orstavik D, Horsted-Bindslev P, Wenzel A. 2000. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J* 33(6):509-15.
- Kirkevang LL, Vaeth M, Horsted-Bindslev P, Wenzel A. 2006. Longitudinal study of periapical and endodontic status in a Danish population. *Int Endod J* 39(2):100-7.
- Kirkevang LL, Vaeth M, Wenzel A. 2012. Ten-year follow-up observations of periapical and endodontic status in a Danish population. *Int Endod J* 45(9):829-39.
- Kreisler M, Gockel R, Aubell-Falkenberg S, Kreisler T, Weihe C, Filippi A, Kuhl S, Schutz S, d'Hoedt B. 2013. Clinical outcome in periradicular surgery: effect of patient- and tooth-related factors--a multicenter study. *Quintessence Int* 44(1):53-60.
- Kreisler M, Gockel R, Schmidt I, Kuhl S, d'Hoedt B. 2009. Clinical evaluation of a modified marginal sulcular incision technique in endodontic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 108(6):e22-8.

- Kruse C, Spin-Neto R, Christiansen R, Wenzel A, Kirkevang LL. 2016. Periapical Bone Healing after Apicectomy with and without Retrograde Root Filling with Mineral Trioxide Aggregate: A 6-year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. *J Endod* 42(4):533-7.
- Kvist T, Reit C. 1999. Results of endodontic retreatment: a randomized clinical study comparing surgical and nonsurgical procedures. *J Endod* 25(12):814-7.
- Lasaridis N, Zouloumis L, Antoniadis K. 1991. Bony lid approach for apicoectomy of mandibular molars. *Aust Dent J* 36(5):366-8.
- Legent F, Billet J, Beauvillain C, Bonnet J, Miegerville M. 1989. The role of dental canal fillings in the development of Aspergillus sinusitis. A report of 85 cases. *Arch Otorhinolaryngol* 246(5):318-20.
- Li H, Zhai F, Zhang R, Hou B. 2014. Evaluation of microsurgery with SuperEBA as root-end filling material for treating post-treatment endodontic disease: a 2-year retrospective study. *J Endod* 40(3):345-50.
- Lin S, Levin L, Emodi O, Abu El-Naaj I, Peled M. 2006. Etodolac versus dexamethasone effect in reduction of postoperative symptoms following surgical endodontic treatment: a double-blind study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 101(6):814-7.
- Lindeboom JA, Frenken JW, Kroon FH, van den Akker HP. 2005a. A comparative prospective randomized clinical study of MTA and IRM as root-end filling materials in single-rooted teeth in endodontic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 100(4):495-500.
- Lindeboom JA, Frenken JW, Valkenburg P, van den Akker HP. 2005b. The role of preoperative prophylactic antibiotic administration in periapical endodontic surgery: a randomized, prospective double-blind placebo-controlled study. *Int Endod J* 38(12):877-81.
- Linn J, Trantor I, Teo N, Thanigaivel R, Goss AN. 2007. The differential diagnosis of toothache from other orofacial pains in clinical practice. *Aust Dent J* 52(1 Suppl):S100-4.
- Loftus JJ, Keating AP, McCartan BE. 2005. Periapical status and quality of endodontic treatment in an adult Irish population. *Int Endod J* 38(2):81-6.
- Lupi-Pegurier L, Bertrand MF, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M. 2002. Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *Int Endod J* 35(8):690-7.
- Maddalone M, Gagliani M. 2003. Periapical endodontic surgery: a 3-year follow-up study. *Int Endod J* 36(3):193-8.
- Marin-Botero ML, Dominguez-Mejia JS, Arismendi-Echavarria JA, Mesa-Jaramillo AL, Florez-Moreno GA, Tobon-Arroyave SI. 2006. Healing response of apicomarginal defects to two guided tissue regeneration techniques in periradicular surgery: a double-blind, randomized-clinical trial. *Int Endod J* 39(5):368-77.
- Menendez-Nieto I, Cervera-Ballester J, Maestre-Ferrin L, Blaya-Tarraga JA, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M. 2016. Hemostatic Agents in Periapical Surgery: A Randomized Study of Gauze Impregnated in Epinephrine versus Aluminum Chloride. *J Endod* 42(11):1583-7.
- Mente J, Leo M, Michel A, Gehrig H, Saure D, Pfefferle T. 2015. Outcome of orthograde retreatment after failed apicoectomy: use of a mineral trioxide aggregate apical plug. *J Endod* 41(5):613-20.
- Nair PN. 1998. New perspectives on radicular cysts: do they heal? *Int Endod J* 31(3):155-60.
- Neskovic J, Zivkovic S, Medojevic M, Maksimovic M. 2016. Outcome of orthograde endodontic retreatment--A two-year follow-up. *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo* 144(3-4):174-80.
- Ng YL, Mann V, Gulabivala K. 2011. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J* 44(7):583-609.
- Nixdorf DR, Moana-Filho EJ, Law AS, McGuire LA, Hodges JS, John MT. 2010. Frequency of nonodontogenic pain after endodontic therapy: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 36(9):1494-8.

- Olcay K, Eyuboglu TF, Ozcan M. 2019. Clinical outcomes of non-surgical multiple-visit root canal retreatment: a retrospective cohort study. *Odontology*. 09.
- Pantchev A, Nohlert E, Tegelberg A. 2009. Endodontic surgery with and without inserts of bioactive glass PerioGlas--a clinical and radiographic follow-up. *Oral Maxillofac Surg* 13(1):21-6.
- Pecora G, De Leonardis D, Ibrahim N, Bovi M, Cornelini R. 2001. The use of calcium sulphate in the surgical treatment of a 'through and through' periradicular lesion. *Int Endod J* 34(3):189-97.
- Pecora G, Kim S, Celletti R, Davarpanah M. 1995. The guided tissue regeneration principle in endodontic surgery: one-year postoperative results of large periapical lesions. *Int Endod J* 28(1):41-6.
- Penarrocha-Diago M, Maestre-Ferrin L, Penarrocha-Oltra D, Gay-Escoda C, von-Arx T, Penarrocha-Diago M. 2012. Pain and swelling after periapical surgery related to the hemostatic agent used: anesthetic solution with vasoconstrictor or aluminum chloride. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 17(4):e594-600.
- Penarrocha-Diago M, Menendez-Nieto I, Cervera-Ballester J, Maestre-Ferrin L, Blaya-Tarraga JA, Penarrocha-Oltra D. 2018. Influence of Hemostatic Agents in the Prognosis of Periapical Surgery: A Randomized Study of Epinephrine versus Aluminum Chloride. *J Endod* 44(8):1205-1209.
- Penarrocha-Oltra D, Menendez-Nieto I, Cervera-Ballester J, Maestre-Ferrin L, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. 2019. Aluminum Chloride versus Electrocauterization in Periapical Surgery: A Randomized Controlled Trial. *J Endod* 45(2):89-93.
- Penarrocha M, Marti E, Garcia B, Gay C. 2007. Relationship of periapical lesion radiologic size, apical resection, and retrograde filling with the prognosis of periapical surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 65(8):1526-9.
- Peters LB, Lindeboom JA, Elst ME, Wesselink PR. 2011. Prevalence of apical periodontitis relative to endodontic treatment in an adult Dutch population: a repeated cross-sectional study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 111(4):523-8.
- Pirani C, Iacono F, Gatto MR, Fitzgibbon RM, Chersoni S, Shemesh H, Prati C. 2018. Outcome of secondary root canal treatment filled with Thermafil: a 5-year follow-up of retrospective cohort study. *Clinical Oral Investigations* 22(3):1363-1373.
- Platt AS, Wannfors K. 2004. The effectiveness of compomer as a root-end filling: A clinical investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 97(4):508-12.
- Pochapski MT, Santos FA, de Andrade ED, Sydney GB. 2009. Effect of pretreatment dexamethasone on postendodontic pain. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 108(5):790-5.
- Raedel M, Hartmann A, Bohm S, Walter MH. 2015. Three-year outcomes of apicectomy (apicoectomy): Mining an insurance database. *J Dent* 43(10):1218-22.
- Rahbaran S, Gilthorpe MS, Harrison SD, Gulabivala K. 2001. Comparison of clinical outcome of periapical surgery in endodontic and oral surgery units of a teaching dental hospital: a retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 91(6):700-9.
- Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spangberg LS. 2011. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 112(6):825-42.
- Riis A, Taschieri S, Del Fabbro M, Kvist T. 2018a. Tooth Survival after Surgical or Nonsurgical Endodontic Retreatments: Long-term Follow-up of a Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics* 44(10):1480-1486.
- Riis A, Taschieri S, Del Fabbro M, Kvist T. 2018b. Tooth Survival after Surgical or Nonsurgical Endodontic Retreatments: Long-term Follow-up of a Randomized Clinical Trial. *J Endod* 44(10):1480-1486.
- Rud J, Andreasen JO, Jensen JE. 1972. Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg* 1(4):195-214.

- Saunders WP. 2008. A prospective clinical study of periradicular surgery using mineral trioxide aggregate as a root-end filling. *J Endod* 34(6):660-5.
- Scarano A, Artese L, Piattelli A, Carinci F, Mancino C, Iezzi G. 2012. Hemostasis control in endodontic surgery: a comparative study of calcium sulfate versus gauzes and versus ferric sulfate. *J Endod* 38(1):20-3.
- Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. 2012. 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* 38(1):1-10.
- Shen J, Zhang H, Gao J, Du X, Chen Y, Han L. 2016. Short-term observation of clinical and radiographic results of periapical microsurgery: A prospective study. *Biomed Res-India* 27(3):923-8.
- Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. 1997. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 30(5):297-306.
- Sommer C, Pfaffenrath V, May A, Türp JC, Engelter S, Wöber C. 2012. S1-Leitlinie Anhaltender idiopathischer Gesichtsschmerz. www.dgn.org: Deutsche Gesellschaft für Neurologie.
- Song M, Jung IY, Lee SJ, Lee CY, Kim E. 2011a. Prognostic factors for clinical outcomes in endodontic microsurgery: a retrospective study.[Erratum appears in *J Endod*. 2011 Nov;37(11):1595]. *J Endod* 37(7):927-33.
- Song M, Kim E. 2012. A prospective randomized controlled study of mineral trioxide aggregate and super ethoxybenzoic acid as root-end filling materials in endodontic microsurgery. *J Endod* 38(7):875-9.
- Song M, Kim SG, Lee SJ, Kim B, Kim E. 2013. Prognostic factors of clinical outcomes in endodontic microsurgery: a prospective study. *J Endod* 39(12):1491-7.
- Song M, Nam T, Shin SJ, Kim E. 2014. Comparison of clinical outcomes of endodontic microsurgery: 1 year versus long-term follow-up. *J Endod* 40(4):490-4.
- Song M, Shin SJ, Kim E. 2011b. Outcomes of endodontic micro-resurgery: a prospective clinical study. *J Endod* 37(3):316-20.
- Spili P, Parashos P, Messer HH. 2005. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 31(12):845-50.
- Taschieri S, Corbella S, Del Fabbro M. 2014. Do gingival soft tissues benefit from the application of a papilla preservation flap technique in endodontic surgery? *J Oral Maxillofac Surg* 72(10):1898-908.
- Taschieri S, Corbella S, Tsesis I, Bortolin M, Del Fabbro M. 2011. Effect of guided tissue regeneration on the outcome of surgical endodontic treatment of through-and-through lesions: a retrospective study at 4-year follow-up. *Oral Maxillofac Surg* 15(3):153-9.
- Taschieri S, Del Fabbro M. 2009. Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality. *Braz J Phys* 23(1):23-30.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Francetti L, Perondi I, Corbella S. 2016. Does the Papilla Preservation Flap Technique Induce Soft Tissue Modifications over Time in Endodontic Surgery Procedures? *J Endod* 42(8):1191-5.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. 2005. Endodontic surgery with ultrasonic retrotips: one-year follow-up. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 100(3):380-7.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. 2006. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: preliminary results of a randomized controlled study. *J Oral Maxillofac Surg* 64(2):235-42.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Saita M, Weinstein R. 2008a. Efficacy of guided tissue regeneration in the management of through-and-through lesions following surgical endodontics: a preliminary study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 28(3):265-71.

- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. 2007a. Efficacy of xenogeneic bone grafting with guided tissue regeneration in the management of bone defects after surgical endodontics. *J Oral Maxillofac Surg* 65(6):1121-7.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. 2008b. Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 37(11):1022-6.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein RL. 2007b. Endodontic reoperation using an endoscope and microsurgical instruments: One year follow-up. *Br J Oral Max Surg* 45(7):582-5.
- Taschieri S, Weinstein T, Tsesis I, Bortolin M, Del Fabbro M. 2013. Magnifying loupes versus surgical microscope in endodontic surgery: A four-year retrospective study. *Aust Dent J* 39(2):78-80.
- Tobon SI, Arismendi JA, Marin ML, Mesa AL, Valencia JA. 2002. Comparison between a conventional technique and two bone regeneration techniques in periradicular surgery. *Int Endod J* 35(7):635-41.
- Torabinejad M, Dinsbach NA, Turman M, Handsides R, Bahjri K, White SN. 2015. Survival of Intentionally Replanted Teeth and Implant-supported Single Crowns: A Systematic Review. *J Endod* 41(7):992-8.
- Tortorici S, Difalco P, Caradonna L, Tete S. 2014. Traditional endodontic surgery versus modern technique: a 5-year controlled clinical trial. *J Craniofac Surg* 25(3):804-7.
- Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. 2006. Retrospective Evaluation of Surgical Endodontic Treatment: Traditional versus Modern Technique. *J Endod* 32(5):412-6.
- Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. 2008. Prevalence and management of instrument fracture in the postgraduate endodontic program at the Dental School of Athens: a five-year retrospective clinical study. *J Endod* 34(6):675-8.
- Velvart P, Ebner-Zimmermann U, Ebner JP. 2004. Comparison of long-term papilla healing following sulcular full thickness flap and papilla base flap in endodontic surgery. *Int Endod J* 37(10):687-93.
- Vena DA, Collie D, Wu H, Gibbs JL, Broder HL, Curro FA, Thompson VP, Craig RG, Group PN. 2014. Prevalence of persistent pain 3 to 5 years post primary root canal therapy and its impact on oral health-related quality of life: PEARL Network findings. *J Endod* 40(12):1917-21.
- Vickers FJ, Baumgartner JC, Marshall G. 2002. Hemostatic efficacy and cardiovascular effects of agents used during endodontic surgery. *J Endod* 28(4):322-3.
- Villa-Machado PA, Botero-Ramirez X, Tobon-Arroyave SI. 2013. Retrospective follow-up assessment of prognostic variables associated with the outcome of periradicular surgery. *Int Endod J* 46(11):1063-76.
- von Arx T, Frei C, Bornstein MM. 2003. [Periradicular surgery with and without endoscopy: a prospective clinical comparative study]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 113(8):860-5.
- von Arx T, Hanni S, Jensen SS. 2010. Clinical results with two different methods of root-end preparation and filling in apical surgery: mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite. *J Endod* 36(7):1122-9.
- von Arx T, Hanni S, Jensen SS. 2014. 5-year results comparing mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite for root-end sealing in apical surgery. *J Endod* 40(8):1077-81.
- von Arx T, Janner SF, Jensen SS, Bornstein MM. 2016. The resection angle in apical surgery: a CBCT assessment. *Clin Oral Investig* 20(8):2075-82.
- von Arx T, Jensen SS, Hanni S. 2007. Clinical and Radiographic Assessment of Various Predictors for Healing Outcome 1 Year After Periapical Surgery. *J Endod* 33(2):123-8.
- von Arx T, Jensen SS, Hanni S, Friedman S. 2012. Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery. *J Endod* 38(5):570-9.
- von Arx T, Jensen SS, Janner SFM, Hanni S, Bornstein MM. 2019. A 10-year Follow-up Study of 119 Teeth Treated with Apical Surgery and Root-end Filling with Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 45(4):394-401.

- Vy CH, Baumgartner JC, Marshall JG. 2004. Cardiovascular effects and efficacy of a hemostatic agent in periradicular surgery. *J Endod* 30(6):379-83.
- Walivaara DA, Abrahamsson P, Fogelin M, Isaksson S. 2011. Super-EBA and IRM as root-end fillings in periapical surgery with ultrasonic preparation: a prospective randomized clinical study of 206 consecutive teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 112(2):258-63.
- Walivaara DA, Abrahamsson P, Samfors KA, Isaksson S. 2009. Periapical surgery using ultrasonic preparation and thermoplasticized gutta-percha with AH Plus sealer or IRM as retrograde root-end fillings in 160 consecutive teeth: a prospective randomized clinical study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 108(5):784-9.
- Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. 2004. Treatment outcome in endodontics-The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *J Endod* 30(11):751-61.
- Weiger R, Hitzler S, Hermle G, Lost C. 1997. Periapical status, quality of root canal fillings and estimated endodontic treatment needs in an urban German population. *Endod Dent Traumatol* 13(2):69-74.
- Zhou W, Zheng Q, Tan X, Song D, Zhang L, Huang D. 2017. Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and iRoot BP Plus Root Repair Material as Root-end Filling Materials in Endodontic Microsurgery: A Prospective Randomized Controlled Study. *J Endod* 43(1):1-6.
- Ziegerahn A. 2014. Die Erfolgsquote orthograder endodontischer Revisionsbehandlungen nach nicht erfolgreicher Wurzelspitzenresektion - Eine retrospektive Auswertung von Röntgenaufnahmen. Med. Diss., Göttingen 2015.

Version:	3.0
Erstveröffentlichung:	November 2007
Überarbeitung von:	31. Juli 2020
Nächste Überprüfung geplant:	30. Juli 2025

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online