

Aus der Klinik für Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie  
(Prof. Dr. med. dent. A. Wiegand)  
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

# **Vergleich endodontischer Desinfektions- Konzepte in Lehr- und Textbüchern**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

für Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät der

Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

**Benedikt Johannes Daum**

aus

Neumarkt i. d. Oberpfalz

Göttingen 2022

Dekan:

Prof. Dr. med. W. Brück

**Betreuungsausschuss**

Betreuer/in:

Prof. Dr. med. dent. M. Hülsmann

Ko-Betreuer/in:

PD Dr. rer. nat. S. Unkel

**Prüfungskommission**

Referent/in:

Prof. Dr. med. dent. M. Hülsmann

Ko-Referent/in:

.....

Drittreferent/in:

.....

Datum der mündlichen Prüfung:

.....

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Vergleich endodontischer Desinfektions-Konzepte in Lehr- und Textbüchern" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Nürnberg, .....

.....

(Unterschrift)

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Ziele der Arbeit .....	1
1.2 Literaturübersicht .....	1
1.2.1 Mikrobiologische Grundlagen .....	1
1.2.2 Die Desinfektion des Wurzelkanalsystems .....	3
1.2.3 Anforderungen an Desinfektionslösungen .....	5
1.2.4 National und international bevorzugte Desinfektionslösungen.....	5
1.2.5 Endodontische Lehrinhalte an europäischen Universitäten .....	8
2 Material und Methoden .....	9
2.1 Fragestellung .....	9
2.2 Bestimmung der Suchbegriffe und Schlagwörter .....	9
2.3 Datenbanken .....	9
2.4 Durchführung der Recherche.....	9
2.5 Sichtung und Bewertung der gefundenen Literatur.....	10
2.6 Ausweitung der Recherche.....	10
2.7 Auswertungsbogen mit Erläuterung .....	11
2.8 Überprüfung der Auswertung .....	12
3 Ergebnisse.....	13
3.1 Lehrbuchübersicht nach Erscheinungsjahr .....	13
3.2 Verwendung von Kofferdam .....	13
3.3 Desinfektion des Arbeitsfeldes.....	15
3.4 Chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems.....	16
3.4.1 Empfohlene Desinfektionslösungen.....	17

3.4.2	Komplexbildner und Auflösung des <i>Smear Layers</i> .....	21
3.5	Initiale Überschwemmung des Pulpakavums .....	24
3.6	Präparationsgröße und -konizität .....	27
3.7	Durchgängigkeit des apikalen Foramens .....	34
3.8	Größe und Eigenschaften der Spülkanüle .....	37
3.9	Applikationstechnik der Desinfektionslösungen .....	40
3.10	Eindringtiefe der Spülkanüle .....	42
3.11	Reihenfolge der Desinfektionsmaßnahmen .....	44
3.12	Häufigkeit der Desinfektionsmaßnahmen .....	46
3.13	Volumina der Desinfektionslösungen .....	48
3.14	Einwirkzeit der Desinfektionslösungen .....	50
3.15	Temperatur der Desinfektionslösungen .....	53
3.16	Gesonderte Abschlussspülung .....	55
3.17	Aktivierung der Desinfektionslösungen .....	60
3.18	Unterscheidung zwischen infiziertem und nicht infiziertem Endodont.....	62
3.19	Unterscheidung zwischen Erst- und Revisionsbehandlung .....	64
3.20	Standardisiertes Spülprotokoll .....	67
3.21	Gesamtübersicht desinfektionsrelevanter Aspekte .....	76
4	Diskussion .....	79
4.1	Diskussion der Methode .....	79
4.2	Diskussion der Ergebnisse .....	80
4.2.1	Verwendung von Kofferdam .....	80
4.2.2	Desinfektion des Arbeitsfeldes .....	80
4.2.3	Chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems .....	81
4.2.4	Initiale Überschwemmung des Pulpakavums .....	82
4.2.5	Präparationsgröße und -konizität .....	82
4.2.6	Durchgängigkeit des apikalen Foramens .....	83
4.2.7	Größe und Eigenschaften der Spülkanüle .....	84

4.2.8	Applikationstechnik der Desinfektionslösungen .....	84
4.2.9	Eindringtiefe der Spülkanüle .....	85
4.2.10	Reihenfolge der Desinfektionsmaßnahmen .....	86
4.2.11	Häufigkeit der Desinfektionsmaßnahmen .....	86
4.2.12	Volumina der Desinfektionslösungen.....	86
4.2.13	Einwirkzeit der Desinfektionslösung.....	87
4.2.14	Temperatur der Desinfektionslösung .....	87
4.2.15	Gesonderte Abschlusspülung .....	88
4.2.16	Aktivierung der Desinfektionslösungen .....	88
4.2.17	Unterscheidung zwischen infiziertem und nicht infiziertem Endodont .....	89
4.2.18	Unterscheidung zwischen Erst- und Revisionsbehandlung .....	89
4.2.19	Standardisiertes Spülprotokoll .....	90
5	Zusammenfassung .....	91
6	Summary .....	92
7	Anhang .....	93
7.1	Liste der untersuchten Lehrbücher .....	93
8	Literaturverzeichnis.....	96

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lehrbuchübersicht nach Erscheinungsjahr .....	13
Abb. 2: Empfehlungen zur Isolierung des zu behandelnden Zahnes .....	14
Abb. 3: Kofferdam-Empfehlungen im zeitlichen Verlauf .....	15
Abb. 4: Vorangehende Desinfektion des Arbeitsfeldes .....	15
Abb. 5: Desinfektion des Arbeitsfeldes im zeitlichen Verlauf.....	16
Abb. 6 Chemische Desinfektion im zeitlichen Verlauf .....	17
Abb. 7: Durch Spülflüssigkeiten unterstützte chemische Desinfektion .....	17
Abb. 8: Konzentrationsangaben für Natriumhypochlorit-Lösungen .....	18
Abb. 9: Konzentrationsangaben für Chlorhexidin-Lösung .....	19
Abb. 10: Angaben zur Desinfektionsflüssigkeit im zeitlichen Verlauf .....	21
Abb. 11: Empfehlung zu Komplexbildnern .....	22
Abb. 12: Konzentrationsangaben für Ethylendiamintetraacetat-Lösung.....	22
Abb. 13: Konzentrationsangaben für Zitronensäure .....	23
Abb. 14: Angaben zu Komplexbildnern im zeitlichen Verlauf .....	24
Abb. 15: Empfehlung einer initialen Überschwemmung des Wurzelkanalsystems mit Desinfektionsflüssigkeit .....	25
Abb. 16: Zur initialen Überschwemmung genutzte Spülflüssigkeiten .....	25
Abb. 17: Angaben zur initialen Überschwemmung im zeitlichen Verlauf.....	27
Abb. 18: Empfehlungen für die Größe der finalen Präparation .....	27
Abb. 19: Angaben zur Mindestgröße der Präparation im zeitlichen Verlauf .....	31
Abb. 20: Empfehlung für die Konizität der finalen Präparation .....	32
Abb. 21: Angaben zur Konizität der Präparation im zeitlichen Verlauf .....	34
Abb. 22: Angaben zur Durchgängigkeit des apikalen Foramens.....	34
Abb. 23: Angaben zur <i>Apical Patency</i> im zeitlichen Verlauf .....	36
Abb. 24: Empfehlungen zum Durchmesser der Spülkanüle .....	37
Abb. 25: Angaben zum Durchmesser der Spülkanüle im zeitlichen Verlauf .....	38
Abb. 26: Empfehlung zur Beschaffenheit der Spülkanüle .....	39
Abb. 27: Angaben zum Design der Spülkanüle im zeitlichen Verlauf .....	40
Abb. 28: Empfehlungen für das Einbringen der Spülflüssigkeit.....	40
Abb. 29: Angaben zur Applikation im zeitlichen Verlauf .....	42
Abb. 30: Empfehlungen zur Eindringtiefe der Spülkanüle .....	42
Abb. 31: Angaben zur Eindringtiefe der Spülkanüle im zeitlichen Verlauf .....	44
Abb. 32: Reihenfolge der Spülflüssigkeiten während der Präparation .....	45

Abb. 33: Angaben zur Reihenfolge im zeitlichen Verlauf .....	46
Abb. 34: Häufigkeit der Erneuerung der Desinfektionsflüssigkeit.....	46
Abb. 35: Zu verwendendes Volumen der Desinfektionslösungen .....	48
Abb. 36: Angaben zur Häufigkeit der Erneuerung der Desinfektionsflüssigkeit im zeitlichen Verlauf.....	48
Abb. 37: Angaben zu Flüssigkeitsvolumina im zeitlichen Verlauf.....	50
Abb. 38: Empfehlungen zur Verweildauer der Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem.....	51
Abb. 39: Angaben zur Verweildauer der Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem im zeitlichen Verlauf.....	52
Abb. 40: Angaben zur Temperatur der Desinfektionsflüssigkeiten.....	53
Abb. 41: Angaben zur Temperatur der Lösungen im zeitlichen Verlauf .....	54
Abb. 42: Empfehlung für eine gesonderte finale Desinfektion.....	55
Abb. 43: Angaben einer gesonderten Abschlusspülung im zeitlichen Verlauf ....	55
Abb. 44: Für die Abschlusspülung empfohlene Desinfektionsflüssigkeiten .....	56
Abb. 45: Angaben zur Abschlusspülung im zeitlichen Verlauf.....	59
Abb. 46: Empfehlung einer Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeiten.....	60
Abb. 47: Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeiten im zeitlichen Verlauf .....	62
Abb. 48: Berücksichtigung der Diagnose für die Desinfektionsmaßnahmen .....	62
Abb. 49: Berücksichtigung der Diagnose im zeitlichen Verlauf .....	64
Abb. 50: Berücksichtigung einer Revisionsbehandlung .....	64
Abb. 51: Angaben zur Desinfektion bei Revisionen im zeitlichen Verlauf .....	66
Abb. 52: Beschreibung eines standardisierten Spülprotokolls .....	67
Abb. 53: Desinfektionskonzept nach Hülsmann .....	67
Abb. 54: Desinfektionskonzept nach Berutti und Castellucci .....	68
Abb. 55: Desinfektionskonzept nach Zirkel .....	68
Abb. 56: Desinfektionskonzept nach Hülsmann.....	69
Abb. 57: Desinfektionskonzept nach Hänni.....	70
Abb. 58: Desinfektionskonzept nach Klimm .....	71
Abb. 59: Desinfektionskonzept nach Siqueira und Lopes .....	71
Abb. 60: Desinfektionskonzept nach Chandra und Gopikrishna .....	72
Abb. 61: Desinfektionskonzept nach Schäfer.....	73
Abb. 62: Desinfektionskonzept nach Zuolo et al. ....	73
Abb. 63: Desinfektionskonzept nach Hülsmann und Schäfer.....	74



Abb. 64: Desinfektionskonzept nach Baxter.....75  
Abb. 65: Angabe von Desinfektionskonzepten im zeitlichen Verlauf.....75

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Itemkatalog mit Erläuterung .....	11
Tab. 2: Gesamtübersicht desinfektionsrelevanter Aspekte .....	76
Tab. A1: Buchtitelliste.....	93

## Abkürzungsverzeichnis

CHX	Chlorhexidin
DGZ	Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
ESE	European Society of Endodontology
GUK	Göttinger Verbundkatalog
GVK	Gemeinsamer Verbundkatalog
IAF	<i>Initial Apical File</i>
MDA	<i>Manual Dynamic Agitation</i>
PUI	<i>Passive Ultrasonic Irrigation</i>

# 1 Einleitung

Die Endodontie als Teilbereich der Zahnmedizin beschäftigt sich mit den Funktionen und den anatomischen Gegebenheiten der Pulpa, den Nerven und Lymph- und Blutgefäßen im Inneren des Zahnes. Bei einer Erkrankung dieses Dentin-Pulpa-Komplexes stellt eine Wurzelkanalbehandlung eine der letzten Möglichkeiten dar, den Zahn mitsamt seiner Funktionalität zu erhalten.

Der Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung ist grundlegend von den ergriffenen Desinfektionsmaßnahmen abhängig. Zu deren Durchführung gab es jedoch seit Beginn der Zahnmedizin immer wieder neue Empfehlungen, Veränderungen und Ergänzungen. Oft werden nur wenige oder keine Hinweise gegeben, wie und nach welchen Kriterien die Behandlung durchzuführen ist. Wichtige Teilschritte, die für eine effektive mechanische und vor allem chemische Desinfektion der keimbesiedelten Wurzelkanalwände ausschlaggebend sind, wie zum Beispiel die Applikationsmethode der Spülflüssigkeiten oder ihre Verweildauer im Wurzelkanal, werden häufig nur beiläufig oder überhaupt nicht angesprochen.

## 1.1 Ziele der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zahnmedizinische Lehr- und Textbücher, die sich mit der Endodontie beschäftigen, auf deren Inhalt bezüglich der Desinfektion des Wurzelkanalsystems zu überprüfen.

Insbesondere soll untersucht werden, ob explizite und ausreichend detaillierte Vorgehensweisen empfohlen oder Themenbereiche nur allgemein oder überhaupt nicht behandelt werden. Über die Jahre erfolgte Veränderungen der empfohlenen Desinfektionsmaßnahmen sollen herausgearbeitet werden. Zusätzlich wurde betrachtet, ob die ausgewertete Literatur ein Desinfektionskonzept in Form eines standardisierten Anwendungsprotokolls anbietet.

## 1.2 Literaturübersicht

### 1.2.1 Mikrobiologische Grundlagen

Als häufigste Ursache einer Pulpaentzündung ist die kariesbedingte mikrobielle Infektion des Pulpa-Dentin-Komplexes zu nennen. Ist die schützende Schmelzschicht

durchbrochen, können sich Bakterien und deren Stoffwechselprodukte aus der Mundhöhle entlang der Dentintubuli Richtung Pulpa ausbreiten. Bleibt eine Therapie dieser Karies aus, nehmen Zahl und Eindringtiefe der Bakterien zu. Die kavitierte Läsion expandiert und resultiert in einer Entzündung der Pulpa. Im weiteren Verlauf folgt eine Immunantwort des periapikalen Gewebes, da dieses über das apikale Foramen mit der Pulpa in Verbindung steht. Die reversible Pulpitis geht in die irreversible Pulpitis über (Fouad und Khan 2020). Diese ist an die Anwesenheit von Bakterien gekoppelt, zeigt doch der Tierversuch ein Ausbleiben der Pulpitis, sofern eine Eröffnung der Pulpakammer im Sterilen erfolgt (Kakehashi et al. 1965). Die Anwesenheit eines breiten Keimspektrums in der infizierten Pulpa ist lange bekannt (Miller 1849). Vorrangig finden sich Anaerobier der Gattungen Porphyromonas und Prevotella, Actinomyceten, Fusobakterien und Veillonella (Sundqvist 1976; Nisengard et al. 1994; Brauner und Conrads 1995; Assed et al. 1996; Bae et al. 1997; Dougherty et al. 1998; Baumgartner et al. 1999). Pro Wurzelkanal werden bis zu zwölf verschiedene Bakterienarten sowie zwischen  $10^3$  und  $10^8$  koloniebildende Einheiten gefunden (Blome et al. 2008). Diese penetrieren wiederum die zirkumpulpalen Dentintubuli in unterschiedlicher Tiefe (Tronstad und Langeland 1971).

Der Schwerpunkt der endodontischen Behandlung muss also auf der Desinfektion des Wurzelkanalsystems liegen. Nach der anfänglichen Entfernung des infizierten oder nekrotischen Materials stellt sich das Problem, das von Weichgewebe befreite Zahninnere in einen möglichst keimarmen Zustand zu überführen. Erschwerender Faktor ist die bis auf ein mikroskopisches Level fein verzweigte dreidimensionale Komplexität der Wurzelkanäle (Vertucci 1984). Aufgrund dessen ist eine alleinige mechanische Präparation schon lange nicht mehr der Goldstandard in der Endodontie, verbleiben bei ihr doch bis zu 35 % der Wurzelkanalwände unbehandelt (Peters et al. 2001).

Bis in das 17. Jahrhundert waren die einzigen Therapiemaßnahmen bei Zahnschmerzen das Eröffnen der Pulpakammer und das Kauterisieren der Pulpa sowie medikamentöse Einlagen in das Pulpakavum. Die Wurzelkanäle wurden nicht instrumentiert (Hülsmann 1996). Eines der ersten Bücher, welches sich näher mit dem Wurzelkanalsystem beschäftigte, war 1728 Fauchards „Le chirurgien dentiste“. In diesem beschrieb er, wie er zur Behandlung des erkrankten Zahnes glühend erhitzte Messingdrähte in die Wurzelkanäle einbringt (Fauchard 1728). Maynard wird 1838 die Erfindung des ersten Aufbereitungsinstruments zugeschrieben,

zurechtgefeilt aus einer feinen Uhrfeder (Grossman 1982). 1839 empfiehlt Baker die Entfernung des gesamten Pulpagewebes, sobald dieses zur Mundhöhle exponiert ist (Harris 1839). Dass dabei das Wurzelkanalsystem mit Flüssigkeit gespült wurde, darf aufgrund mangelnder Belege angezweifelt werden. Grossman schreibt gar, dass bis Mitte 1940 keinerlei Spülung des Wurzelkanalsystems durchgeführt wurde und die Erweiterung der Wurzelkanäle unter trockenen Verhältnissen stattfand. Er empfiehlt 1943 das Ausschwemmen von *Debris* alternierend mit NaOCl und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, macht aber keine genaueren Angaben über die Vorgehensweise oder dabei verwendete Mengen (Grossman 1982).

### **1.2.2 Die Desinfektion des Wurzelkanalsystems**

Die praktische Durchführung einer Wurzelkanalbehandlung sollte nach der Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde unter gewissen Rahmenbedingungen erfolgen (DGZMK 2005).

Der zu behandelnde Zahn soll in jeder Sitzung mit Kofferdam isoliert werden, sofern nicht übergeordnete medizinische Gründe wie Allergien oder Atemwegserkrankungen dies verbieten. Der Kofferdam erfüllt dabei unter anderem die Aufgabe, den eröffneten Dentin-Pulpa-Komplex vor bakterieller Kontamination durch Speichel zu schützen. Sobald die endodontische Arbeitslänge bestimmt ist, beginnt die mechanische und chemische Bearbeitung des Wurzelkanals, die eine intensive chemische Desinfektion durch den hochvolumigen Einsatz adäquater Spüllösungen einschließt. Konkrete Aussagen zu Mengenangaben werden nicht getroffen. Als Desinfektionsflüssigkeiten werden NaOCl-, CHX- und EDTA-Lösungen und Zitronensäure empfohlen. Eine angeratene Mindestgröße für abschließend in den Wurzelkanal eingebrachte Instrumente sowie Parameter bei der Verwendung der Desinfektionslösungen werden nicht beschrieben. Dabei ist die Effektivität von NaOCl maßgeblich von dem Mengenverhältnis von organischem Material und Desinfektionsflüssigkeit abhängig. Dentin wirkt inaktivierend und hat zur Folge, dass NaOCl in seine unwirksamen Bestandteile zerfällt (Haapasalo et al. 2000). Aufgrund dessen raten Haapasalo et al. (2000) zu einer kontinuierlichen Erneuerung von NaOCl während der Instrumentierung des Wurzelkanals. Zusätzlich wird dadurch eine Flüssigkeitsbewegung induziert, welche den Prozess der Gewebeauflösung be-

schleunigt (Moorer und Wesselink 1982). Die einfachste und am weitesten verbreitete Art der Spülung des Wurzelkanalsystems ist die manuelle Spülung mit leichtem positivem Pressdruck (Gopikrishna et al. 2013; Willershausen et al. 2015). Dabei wird die Spüllösung mit Hilfe einer Handspritze und einer darauf arretierten Kanüle in das Wurzelkanallumen eingebracht. Spülkanülen sind in verschiedenen Durchmessergrößen erhältlich und weisen unterschiedliche Konstruktionen der Austrittsöffnung auf. Diese können nach terminal gerichtet oder seitlich angeordnet sein, eine einzelne große Öffnung oder mehrere kleine Perforationen besitzen. Unabhängig davon beeinflusst die Eindringtiefe der Spülkanüle die Entfernung von *Debris* signifikant. Wird diese auf 1 mm vor Arbeitslänge in den Wurzelkanal eingebracht, ist der Anteil an entferntem Material dreimal höher als bei einer auf 5 mm vor Arbeitslänge eingebrachten Spülkanüle (Perez et al. 2017). Um die Kanüle aber bis zu dieser Länge in den Wurzelkanal einbringen zu können, muss dieser auf mindestens die gleiche Größe erweitert worden sein wie der Durchmesser der verwendeten Spülkanüle. Bereits 1977 wird beschrieben, dass eine Präparation bis zur ISO-Größe 40 nötig ist, um das apikale Drittel einwurzeliger Zähne effektiv spülen zu können (Ram 1977). Auch neuere Studien zeigen eine bessere Reinigung des apikalen Drittels, je größer der finale Aufbereitungsdurchmesser gewählt wird (Wu und Wesselink 1995; Khademi et al. 2006). Ebenso scheint eine höhere Konizität der Präparation die Erneuerung der Desinfektionslösungen zu verbessern und zusätzlich das Risiko herabzusetzen, Spülflüssigkeiten über das Foramen in das periapikale Gewebe zu pressen (Boutsioukis et al. 2010a). Abschließend verweist die Stellungnahme auf zusätzliche elektro-physikalische Maßnahmen zur Verbesserung der Desinfektion, insbesondere die der ultraschallgestützten Spülung. Bereits eine Auf- und Abbewegung der Spülkanüle im Wurzelkanal ohne Friktion bewirkt einen gesteigerten Abtransport von *Debris* (Moser und Heuer 1982). Bei einer passiven Ultraschallspülung (PUI) wird der Wurzelkanal mit Flüssigkeit gefüllt und diese mit Hilfe eines kleinen Instrumentes in Schwingung versetzt. Die dabei auftretende Strömung soll helfen, die entstandene Schmierschicht (*Smear Layer*) aufzubrechen und es der Desinfektionslösung ermöglichen, Dentintubuli und eventuell vorhandene unpräparierte Seitenkanäle zu penetrieren. Die PUI zeigt sich in mehreren Studien der manuellen Spülung in ihrer Reinigungswirkung überlegen (van der Sluis et al. 2007).

### **1.2.3 Anforderungen an Desinfektionslösungen**

Die Anforderungen an in der Endodontie verwendete Spülflüssigkeiten sind vielseitig. Diese dienen als Gleitmittel für Instrumente und zur Entfernung von *Debris* aus dem Wurzelkanal. Wird eine Präparation ohne Spülung des Wurzelkanalsystems durchgeführt, verbleiben bis zu 70 % des ursprünglich vorhandenen oder mechanisch von den Wurzelkanalwänden entfernten Gewebes im Pulpahohlraum und verstopfen diesen zusätzlich (Baker et al. 1975). Weitere Anforderungen sind ein breites antibakterielles Wirkspektrum, die Deaktivierung von Endotoxinen, die Auflösung von nekrotischem Gewebe und die Entfernung der bei der mechanischen Präparation der Wurzelkanalwand entstehenden Schmierschicht aus organischen und anorganischen Bestandteilen. Gleichzeitig soll eine hohe Biokompatibilität gewährleistet sein, um das periapikale Gewebe nicht zu schädigen und keine allergische Reaktion auszulösen (Zehnder 2006).

NaOCl hat sich als Desinfektionslösung der Wahl etabliert. Durch sein breites antibakterielles Spektrum und seine Fähigkeit, vitales und nekrotisches Gewebe aufzulösen (Haapasalo et al. 2005), erweist es sich anderen Spülflüssigkeiten überlegen. Auch die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) sowie die Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ) verweisen auf NaOCl in einer Konzentration zwischen 0,5 % und 5 % als Mittel der ersten Wahl bei der Wurzelkanalspülung (DGZMK 2006). Zu verwendende Volumina oder einzuhaltende Einwirkzeiten werden nicht angegeben. Die wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK zu Wurzelkanalbehandlungen verweist auf einen nicht näher definierten hochvolumigen Einsatz adäquater Spüllösungen (DGZMK 2005).

### **1.2.4 National und international bevorzugte Desinfektionslösungen**

Um einen besseren Überblick über durchgeführte Therapiemaßnahmen bei Wurzelkanalbehandlungen zu schaffen, werden immer wieder Umfragen unter Zahnärzt\*innen durchgeführt.

In einer in Deutschland durchgeführten Umfrage geben 92,7 % der Zahnärzt\*innen an, NaOCl als primäre Spülflüssigkeit zu nutzen. Die Konzentration der Desinfektionslösung schwankt dabei. Von über 55 % der Zahnärzt\*innen wird allerdings eine 3-prozentige Lösung bevorzugt (Willershausen et al. 2015). In Spanien desinfizieren



über 93 % der Zahnärzt\*innen mit NaOCl, unabhängig davon, ob sie keinen zahnärztlichen Schwerpunkt ausüben oder Spezialisten für Endodontie sind (Gregorio et al. 2015). In der Türkei benutzen 85 bis 95 % der Zahnärzt\*innen NaOCl, wobei dieser Wert nur bei den über 20 Jahre praktizierenden Zahnärzt\*innen unter 90 % fällt. Die verwendete Konzentration der Lösung bewegt sich hauptsächlich zwischen 2,5 und 5 % (Kaptan et al. 2012). In einer weiteren Studie geben 73 % der in der Türkei praktizierenden Zahnärzt\*innen an, mit NaOCl zu desinfizieren, 24 % nutzen eine Wechselspülung aus NaOCl und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. 32,4 % der Teilnehmer\*innen wenden zusätzlich EDTA oder andere Chelatoren an (Unal et al. 2012).

Zwei zu einem ähnlichen Zeitpunkt in Belgien durchgeführte Umfragen kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Demnach verwenden im Jahr 2002 nur 59,2 % der Zahnärzt\*innen NaOCl, hauptsächlich in einer Konzentration von 2 % (Slaus und Bottenberg 2002). In einer ein Jahr später durchgeführten Studie liegt dieser Wert wesentlich höher, 82,4 % der Zahnärzt\*innen geben an, NaOCl als Spülflüssigkeit zu nutzen. Weitere 29,6 % der Zahnärzt\*innen verwenden zusätzlich noch andere Desinfektionslösungen wie Chloramin oder CHX, 61,6 % benutzen entweder EDTA als Spüllösung oder mit EDTA versetzte Pasten (Hommez et al. 2003). Warum beide Befragungen zu unterschiedlichen Zahlen gelangen, bleibt unklar. Ein möglicher Grund könnte die in der ersten Studie knapp viermal so große Zahl der Teilnehmer\*innen sein. Eine neuere Umfrage aus dem Jahr 2014, welche sich direkt auf die von Hommez et al. (2003) bezieht, zeigt im Vergleich einen deutlichen Anstieg in der Verwendung von NaOCl: 80 % der Befragten geben an, dieses bei jeder endodontischen Behandlung zu benutzen, die am häufigsten verwendete Konzentration liegt zwischen 2 und 4 %. 42 % der Zahnärzte integrieren EDTA nie in ihr Desinfektionskonzept im Gegensatz zu 12 %, die dies immer anwenden. Des Weiteren wurde nach dem Gebrauch einer Ultraschallaktivierung gefragt. Von den Umfrageteilnehmer\*innen aktivieren 50 % die Spülflüssigkeiten nie und 12,6 % selten. In Großbritannien zeigen zwei ältere Studien, welche um die Jahrtausendwende durchgeführt wurden, dass dort 63 %, beziehungsweise 39 % der Zahnärzt\*innen während der Wurzelkanalbehandlung mit einem Lokal-Anästhetikum spülen. Nur 55 %, respektive 19 % nutzen NaOCl zur Desinfektion des Wurzelkanalsystems (Whitworth et al. 2000; Jenkins et al. 2001). Neun Prozent führen die Präparation von Wurzelkanälen ohne jegliche Spülflüssigkeiten durch (Jenkins et al. 2001).

Nach einer Studie aus 2006 verwenden 75 % der Zahnärzt\*innen NaOCl zur Desinfektion und 20,7 % davon setzen zusätzliche Spüllösungen ein. Nur 11 % gebrauchen CHX als alleinige Spülflüssigkeit (Palmer et al. 2009). Zwei in 2009 und 2012 durchgeführte Befragungen in Serbien zeigen einen deutlichen Anstieg der Popularität von NaOCl, welches H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> innerhalb dieser drei Jahre als meist genutzte Spülflüssigkeit ersetzte (Tosić et al. 2016). In Litauen ist NaOCl mit einem Anteil von 62,6 % die bevorzugte Desinfektionslösung. Weitere 7,5 % der antwortenden Zahnärzt\*innen desinfizieren sowohl mit NaOCl als auch mit CHX und 92,8 % geben an, EDTA zu verwenden (Peciuliene et al. 2010).

Zwei in den USA durchgeführte Studien kommen zu dem Ergebnis, dass NaOCl von über 90 % der dort praktizierenden Zahnärzt\*innen bei Wurzelkanalbehandlungen genutzt wird, 73 bis 77 % geben an, dass sie den entstehenden *Smear Layer* entfernen (Dutner et al. 2012; Savani et al. 2014). Über 50 % der Teilnehmer\*innen einer Umfrage berichten, eine höher als 5-prozentige konzentrierte Spülflüssigkeit zu verwenden (Dutner et al. 2012). Eine jüngere Studie gibt an, dass 93 % aller Zahnärzt\*innen, die monatlich mindestens eine Wurzelkanalbehandlung durchführen, mit NaOCl desinfizieren (Eleazer et al. 2016).

In Australien ist NaOCl bei 74,5 % der Zahnärzt\*innen die Desinfektionslösung der Wahl und bei Endodontie-Spezialist\*innen sogar bei 93,5 % (Clarkson et al. 2003). In Hongkong gaben 63 % der Zahnärzt\*innen an, das Wurzelkanalsystem mit NaOCl zu reinigen (Chan et al. 2006).

Eine 2011 in Indien durchgeführte Umfrage zeigt, dass 36 % der Zahnärzt\*innen mit NaCl spülen. 33 % nutzen NaOCl, 14 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und 13 % CHX zur Desinfektion des Wurzelkanalsystems (Gupta und Rai 2013). Zwei Jahre später favorisieren 92,8 % der Befragten NaOCl, vorrangig in einer Konzentration von 2,6 bis 4 %. Der Hauptteil der Befragten verwendet weitere Spülflüssigkeiten wie NaCl, CHX und EDTA. 68 % geben an, den *Smear Layer* gezielt beseitigen zu wollen und 47 % nutzen eine Ultraschallaktivierung. Eine überwältigende Mehrheit von 97 % der Zahnärzt\*innen bringt die Spülflüssigkeiten mit einer Spülkanüle mit 0,4 mm Durchmesser ein (Gopikrishna et al. 2013).

Sieben Prozent der Zahnärzt\*innen in Saudi-Arabien favorisieren NaOCl, davon 48 % in einer Konzentration zwischen 2,5 und 5,25 % (Natto 2014). Im Norden des Landes ist 2014 NaCl mit 55 % die am meisten genutzte Spülflüssigkeit, NaOCl

verwenden 33 %, 14 % benutzen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Iqbal et al. 2014). 2018 sind es 92 % der Zahnärzt\*innen, wobei die Konzentration der verwendeten Spülflüssigkeit abgenommen hat. 36,8 % geben an, eine 0,5 bis 1,5-prozentige Lösung zu nutzen (Al-Ali et al. 2018).

Auf welcher Basis die Zahnärzt\*innen die Wahl der Desinfektionslösung treffen und ob sie sich dabei an standardisierten Parametern wie Flüssigkeitsmenge, Reihenfolge der angewandten Spülflüssigkeiten, Eindringtiefe der Spülkanüle oder Aktivierung der verwendeten Flüssigkeiten orientieren, wird selten gefragt. In lediglich zwei der hier gelisteten Umfragen finden sich Fragestellungen zur Menge der verwendeten Spüllösung und zur Applikationstechnik (Jenkins et al. 2001; Gopikrishna et al. 2013). Nur in einer Studie wird dezidiert nach der Größe und Eindringtiefe der Kanüle gefragt sowie nach der Bedeutung der im Vorfeld getroffenen Diagnose für die Wahl der Desinfektionslösung (Al-Ali et al. 2018).

### **1.2.5 Endodontische Lehrinhalte an europäischen Universitäten**

In Zusammenarbeit mit der European Society of Endodontology (ESE) wurden bereits 1992 Eckpunkte festgehalten, welche angehende Zahnärzt\*innen im Zuge ihrer universitären Ausbildung erlernen sollen. Die Absolvent\*innen sollen nach dem Erlangen der Approbation Grundkenntnisse in der Durchführung einer qualitativ hochwertigen Wurzelkanalbehandlung besitzen. Dazu gehören das Verständnis für die Anatomie des Wurzelkanalsystems, die mechanische Präparation der Wurzelkanäle und das Fachwissen über Desinfektionslösungen zur Elimination von Mikroorganismen und Auflösung vitalen sowie avitalen organischen Gewebes. Außerdem sollen die angehenden Zahnärzt\*innen mit Methoden vertraut gemacht werden, welche die Wirksamkeit der Spülflüssigkeiten verbessern, im Speziellen die Anwendung von Ultraschall (de Moor et al. 2013). Als wissenschaftsbasierte Grundlage für die praktische Durchführung nennt diese Richtlinie für studentische Bildungsinhalte neben Vorlesungen, Seminaren und webbasierenden Inhalten die Lektüre von Lehrbüchern.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Fragestellung

Die Literatursuche sollte möglichst viele Lehrbücher erfassen, welche die Endodontie als Thema beinhalten oder ein gesondertes Kapitel zur endodontischen Behandlung aufweisen.

### 2.2 Bestimmung der Suchbegriffe und Schlagwörter

Gesucht wurde nach den Synonymen „Endodontie“ und „Endodontologie“ sowie dem Begriff der „Wurzelkanalbehandlung“. Ebenso wurde in die Recherche die englische Übersetzung dieser Schlagwörter (*endodontology*, *root canal treatment* und *root canal therapy*) miteinbezogen. Ergänzend wurde die Trunkierung *endodontic\** aufgenommen.

Die Suche wurde auf deutsch- und englischsprachige Bücher ab dem Erscheinungsjahr 1960 bis 2021 begrenzt.

### 2.3 Datenbanken

Als Recherchebasis wurde aufgrund der einfachen Zugänglichkeit und unmittelbar möglichen Nutzung die Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek in Göttingen bzw. der Göttinger Universitätskatalog (GUK) gewählt. Zusätzlich wurde auf den Gemeinsamen Verbundkatalog (GVK) zugegriffen, der die Bibliotheksbestände der Bundesländer Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein, Thüringen, Mecklenburg-Vorpommern und der Stiftung Preußischer Kulturbesitz (Berlin) umfasst.

### 2.4 Durchführung der Recherche

Die zuvor festgelegten Suchbegriffe wurden in die Schlag- und Textwortsuche des GUK eingegeben. Am 5. April 2020 ergab diese Suche eine Treffermenge von 282 Buchtiteln.

Dieselben Suchbegriffe wurden auf den GVK angewandt. Am 5. April 2020 ergab diese Suche eine Treffermenge von 194 Buchtiteln.

Abschließend wurde am 22. April 2022 eine erneute Recherche in beiden Datenbanken durchgeführt, welche keine neuen, aber aktuellere Versionen zweier in der alten Suche gefundenen Bücher ermittelte. Dabei handelte es sich um die dritte Auflage von „Essential Endodontology“ von Dag Ørstavik (2020) und die zweite Auflage von „Grundlagen der modernen Endodontie“ von Tina Rödiger et al. (2021). Diese wurden in der Dissertationsschrift ersetzt und aktualisiert.

## **2.5 Sichtung und Bewertung der gefundenen Literatur**

Um die für diese Arbeit relevanten Bücher auszuwählen, wurden zunächst doppelte Treffer entfernt, die verbleibenden Exemplare händisch gesichtet und Bücher ohne dezidiertes Kapitel zur Endodontie oder Bezug zur praktischen Durchführung einer Wurzelkanalbehandlung aussortiert. Ebenso wurde bei Ausführungen mit mehreren Auflagen auf die jeweils aktuellste Edition zugegriffen. Nach dieser weiteren Eingrenzung ergaben sich noch 42 relevante Titel im GUK. Die Ergebnisse des GVK überschneiden sich mit denen des GUK bis auf vier Bücher.

## **2.6 Ausweitung der Recherche**

Um weitere Lehrbücher zu identifizieren, die nicht durch die Schlag- und Textwortsuche des Göttinger Universitätskatalogs erfasst wurden, wurde zusätzlich eine Handsuche durchgeführt und auf einen Privatbestand zugegriffen. Falls die Handsuche eine neuere Edition eines bereits durch die Schlag- und Textwortsuche des GUK oder GVK verzeichneten Lehrbuches erfasste, wurde auf die aktuellere Version des Buches zurückgegriffen. Alle Bücher wurden anschließend händisch gesichtet und darauf überprüft, ob ein dezidiertes Kapitel zur Endodontie oder eine Thematisierung einer praktischen Durchführung einer Wurzelkanalbehandlung vorhanden ist. Insgesamt ergaben sich dadurch 71 Titel, wovon in dieser Arbeit 70 untersucht wurden (Anhang 1). Das Lehrbuch „Atlas of Endodontic Technique: A Clinical Guide“ von I. I. Abramson und J. P. Norris war in den Bibliotheken des GVK nur einmal aufgeführt, aber nicht ausleihbar.

## 2.7 Auswertungsbogen mit Erläuterung

Zur Auswertung der Literatur wurde ein standardisierter Fragebogen mit desinfektionsrelevanten Aspekten erarbeitet. Dieser Itemkatalog soll die wichtigsten Arbeitsschritte bei der Durchführung einer Wurzelkanalbehandlung erfassen.

Tab. 1: Itemkatalog mit Erläuterung

<b>Kofferdam</b>	Wird Kofferdam zur Isolierung des zu behandelnden Zahnes empfohlen?
<b>Arbeitsfeld</b>	Wird eine Desinfektion des Arbeitsfeldes vor der Trepanation des Zahnes empfohlen?
<b>Spüllösung/-en und Konzentration/-en</b>	Welche Flüssigkeiten werden zur Desinfektion empfohlen und in welchen Konzentrationen?
<b>Initiale Überschwemmung des Pulpakavums</b>	Soll nach Auffinden des Pulpakavums und vor Instrumentierung der Kanaleingänge Desinfektionsflüssigkeit in die Pulpakammer eingebracht werden?
<b>Präparationsgröße/ Konizität</b>	Welche ISO-Größe und welche Steigung werden für das zuletzt in den Wurzelkanal eingebrachte Präparationsinstrument empfohlen?
<b>Durchgängigkeit des apikalen Foramens/ <i>Apical Patency</i></b>	Verbleibt das Foramen des Wurzelkanals unpräpariert bzw. wird eine Patency-Technik empfohlen, um die apikale Konstriktion nicht durch Dentinspäne zu verstopfen?
<b>Größe/ Eigenschaften der Spülkanüle</b>	Gibt es Angaben oder Empfehlungen für die zu verwendende Spülkanüle?
<b>Applikationstechnik</b>	Wie soll die Desinfektionsflüssigkeit in den Wurzelkanal eingebracht werden?
<b>Eindringtiefe der Spülkanüle</b>	Wie tief soll die Spülkanüle im Wurzelkanal positioniert werden?
<b>Reihenfolge der angewandten Flüssigkeiten</b>	Wird eine definierte Reihenfolge der empfohlenen Desinfektionsflüssigkeiten angegeben?
<b>Häufigkeit der Desinfektionsmaßnahmen</b>	Wie häufig und nach welchen Arbeitsschritten wird das Wurzelkanalsystem mit Desinfektionsflüssigkeit gespült?
<b>Volumina der Desinfektionslösungen</b>	Gibt es eine Mengenangabe für die zu verwendende Desinfektionsflüssigkeit?
<b>Einwirkzeit der Desinfektionslösungen</b>	Wie lange soll Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem verbleiben?

<b>Temperatur der Desinfektionslösungen</b>	Wird eine bestimmte Temperatur der verwendeten Desinfektionsflüssigkeit angegeben?
<b>Abschlussspülung</b>	Unterscheidet sich der finale Spülvorgang nach dem zuletzt verwendeten Präparationsinstrument von den vorangegangenen Durchgängen?
<b>Aktivierung</b>	Wird eine Aktivierung der Desinfektionslösung empfohlen und wenn ja, wie und womit?
<b>Unterscheidung zwischen infiziertem und nicht infiziertem Endodont</b>	Unterscheiden sich die Desinfektionsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Diagnose?
<b>Unterscheidung zwischen Erst- und Revisionsbehandlung</b>	Unterscheiden sich die Desinfektionsmaßnahmen in Abhängigkeit von Erst- oder Revisionsbehandlung?
<b>Standardisiertes Spülprotokoll</b>	Ist ein standardisiertes Spülprotokoll mit definierten Parametern angegeben?

## 2.8 Überprüfung der Auswertung

Stichpunktartig wurden zehn zufällig ausgewählte Bücher von einem zweiten unabhängigen Untersucher auf die korrekte Wiedergabe der gefundenen Angaben überprüft.

### 3 Ergebnisse

Alle eingeschlossenen Bücher wurden vollständig gelesen. Wurden Aspekte des Itemkataloges explizit und mit praktischen Vorgehensweisen angesprochen, wurde dies als konkrete Empfehlung gewertet. Eine allgemeine Thematisierung wurde als unpräzise Angabe und keine Thematisierung als keine Angabe festgehalten.

#### 3.1 Lehrbuchübersicht nach Erscheinungsjahr

Insgesamt wurden 70 (Stand 22. April 2022) Lehrbücher ausgewertet. Davon waren 42 in deutscher und 28 in englischer Sprache verfasst (Abb. 1).

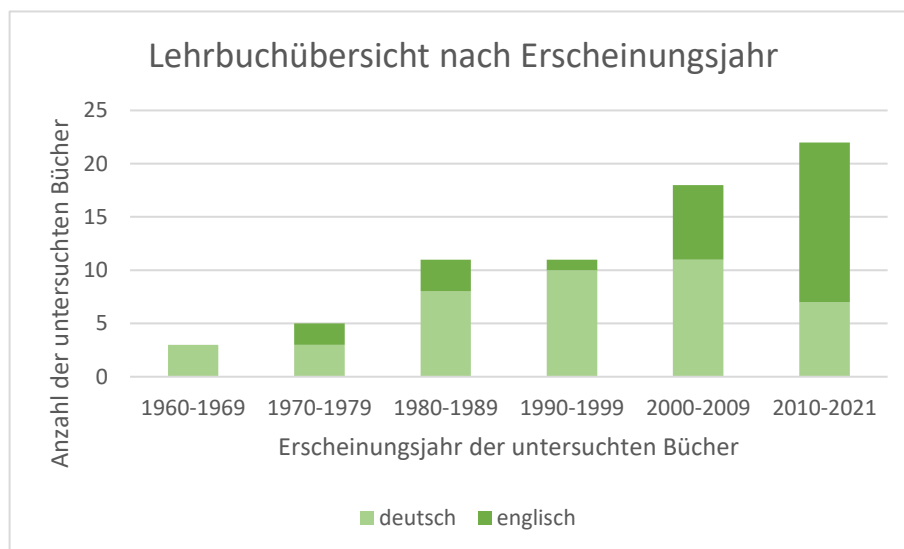


Abb. 1: Lehrbuchübersicht nach Erscheinungsjahr

#### 3.2 Verwendung von Kofferdam

67 der herangezogenen Lehrbücher sprechen sich für die Verwendung des Kofferdams als Hilfsmittel bei der Durchführung einer Wurzelkanalbehandlung aus. Keines der Bücher rät von der Benutzung ab und in drei wird der Kofferdam nicht thematisiert (Abb. 2).

Viele Lehrbücher beschreiben die Nutzung des Kofferdams als essentielle, unverzichtbare, obligatorische oder zwingend erforderliche Maßnahme bei allen endodontischen Arbeitsschritten (Glickman und Pettiette 2002; Pitt Ford et al. 2002; Chong 2007; Brady und Durack 2013; Hellwig et al. 2018), denn er sichert bei einer Wurzelkanalbehandlung die optimalen Arbeitsbedingungen (Kamann 2005).



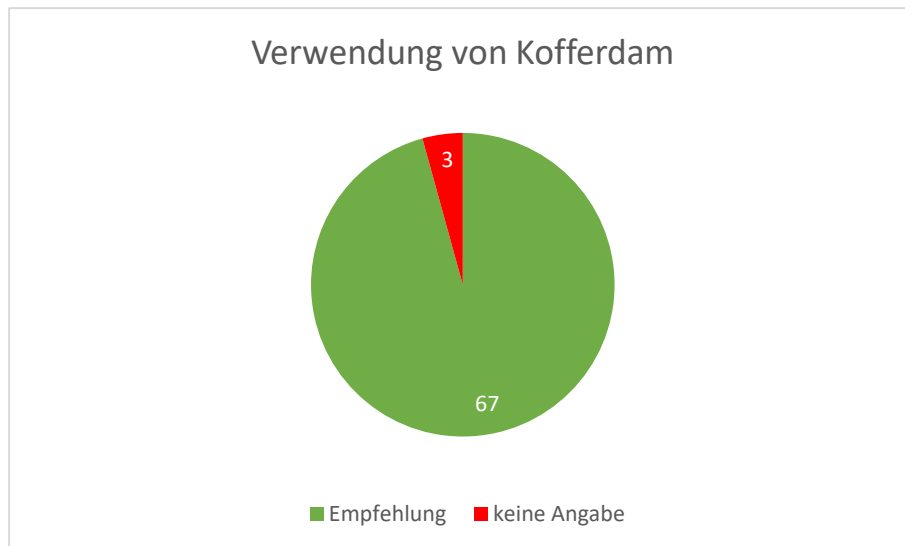


Abb. 2: Empfehlungen zur Isolierung des zu behandelnden Zahnes

Wenige Bücher empfehlen das Anlegen des Kofferdams erst nach der Trepanation (Städtler 1994; Tronstad 2003). Behring et al. (2019), Munce et al. (2019) und Koçkapan (2003b) geben an, dass das Anlegen des Spanngummis erst nach Auffinden der Pulpakammer nur in Ausnahmefällen erfolgen darf, falls zum Beispiel die Anatomie der Zahnkrone durch eine vorangegangene prothetische Versorgung verändert wurde und so eine bessere visuelle Übersicht erzielt wird. Munce et al. (2019) weisen darauf hin, dass das Anlegen des Kofferdams unmittelbar nach Auffinden der Wurzelkanäle zu erfolgen hat und ohne diesen kein endodontisches Instrument in das Wurzelkanalsystem eingebracht werden soll. Auch Bargholz (2006a) schildert, dass im Einzelfall eines rotierten oder gekippten Zahnes die Kofferdam-Applikation erst nach der Trepanation durchgeführt werden kann. Gutmann und Lovdahl (2011) vertreten dieselbe Meinung, ohne den Einzelfall näher zu beschreiben, wobei eine bakterielle Kontamination jedoch ausgeschlossen werden muss. Rödiger (2021) weist auf mögliche Kontraindikationen bei Vorliegen gesundheitlicher Einschränkungen der Patient\*innen hin, wie Asthma oder andere Atemwegserkrankungen. Hülsmann (2008) nennt zusätzlich die Latex-Allergie als Kontraindikation. In einem älteren Buch findet sich der Hinweis, dass Kofferdam als Aspirationsschutz nur bei rückwärtigen Zähnen nötig sei (Redtenbacher 1972).

Es zeigt sich, unabhängig vom Erscheinungsjahr, dass sich eine klare Mehrheit der Lehrbücher für eine Isolation des zu behandelnden Zahnes ausspricht (Abb. 3).

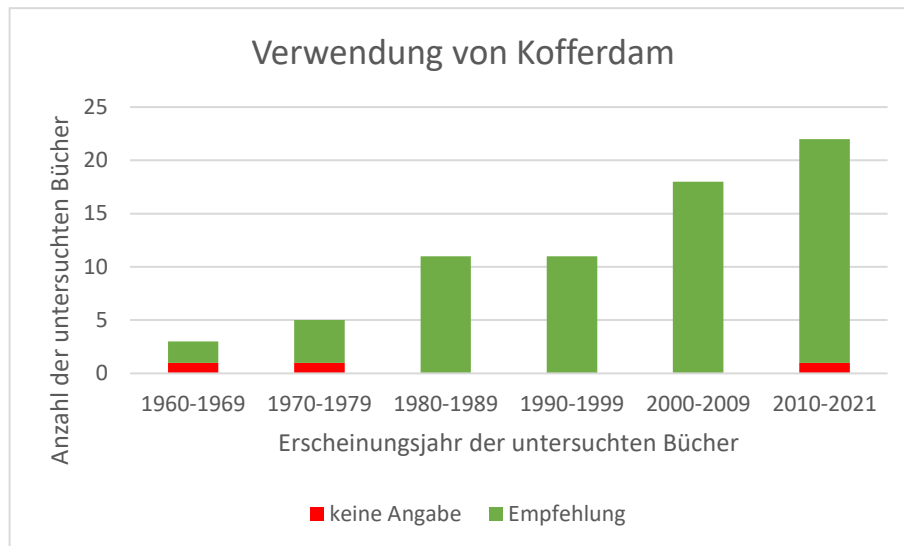


Abb. 3: Kofferdam-Empfehlungen im zeitlichen Verlauf

### 3.3 Desinfektion des Arbeitsfeldes

36 der herangezogenen Bücher beschreiben eine Desinfektion des Arbeitsfeldes vor Eröffnung der Pulpakammer, sieben davon geben allerdings keine dazu verwendeten Desinfektionsflüssigkeiten an. Ein Buch spricht sich dagegen aus und in 34 wird diese Maßnahme nicht thematisiert (Abb. 4).

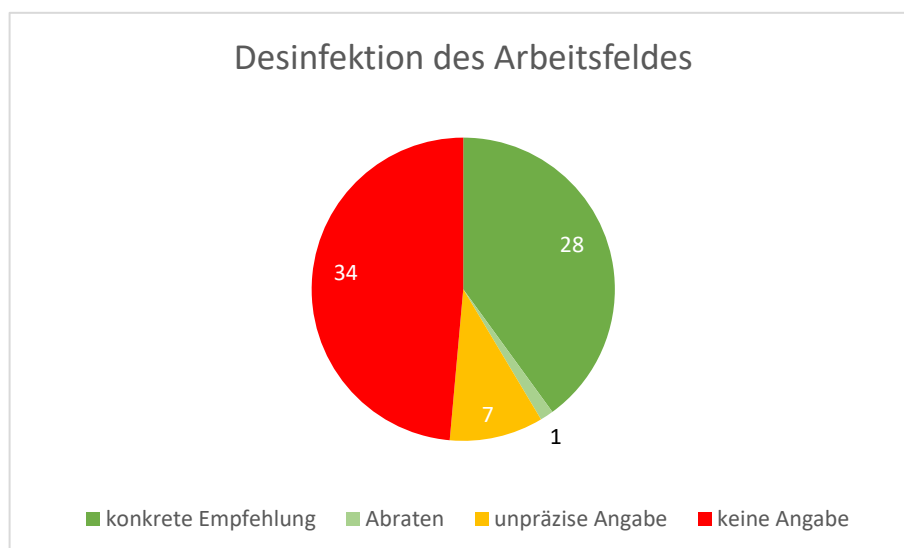


Abb. 4: Vorangehende Desinfektion des Arbeitsfeldes

Die in 28 Büchern erwähnten Desinfektionsflüssigkeiten sind CHX-, NaOCl- und Iod-Lösung, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Alkohol und Merfenlösung. Diese werden teilweise alleinig oder in Kombination angewendet. Redtenbacher (1972) spricht davon, die Trepanationsstelle vor und nach der Trepanation zuerst mit Silbernitratlösung und anschließend mit Iodtinktur zu überschwemmen.

In nur einem Buch wird die Desinfektion des Kofferdams als klinisch ineffektiver und unnötiger Aufwand beschrieben (Frank et al. 1984).

Sieben Lehrbücher sprechen von einer Desinfektion des Operationsgebietes oder von Kofferdam und Zahn, geben dabei aber keine Angaben, womit desinfiziert wird (Pilz et al. 1980; Ketterl 1984; Städtler 1994; Hülsmann 2001; Mayer 2005; Hänni 2010; Hellwig et al. 2018). Zwei Bücher empfehlen, eine Fläche von 2 bis 3 cm um den Zahn herum zu reinigen (Trope und Debelian 2005; Markvart und Sunde 2018). Nur ein Autor gibt eine Einwirkzeit an, welche für Iodtinktur 60 s betragen soll (Nicholls 1977).

Für eine Empfehlung der Desinfektion des Arbeitsfeldes lässt sich eine leicht zunehmende Tendenz erkennen. Konkrete Angaben zu Desinfektionslösungen und oder deren Einwirkzeit werden, vor allem ab dem Jahr 2000, immer öfter getroffen (Abb. 5). Dennoch wird in einem großen Teil der Lehrbücher, unabhängig vom Erscheinungsjahr, eine Vorbereitung des Arbeitsfeldes nicht thematisiert.

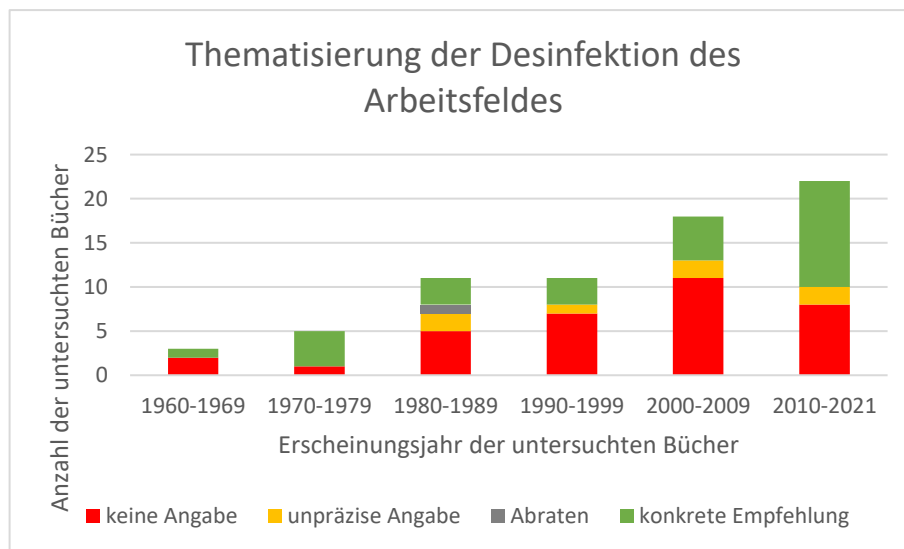


Abb. 5: Desinfektion des Arbeitsfeldes im zeitlichen Verlauf

### 3.4 Chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems

Von 70 untersuchten Büchern beschreiben 69 eine chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems, eines davon aber, ohne dafür zu nutzende Spülflüssigkeiten anzugeben. Nur in einem Buch wird eine chemische Desinfektion nicht thematisiert (Abb. 6).

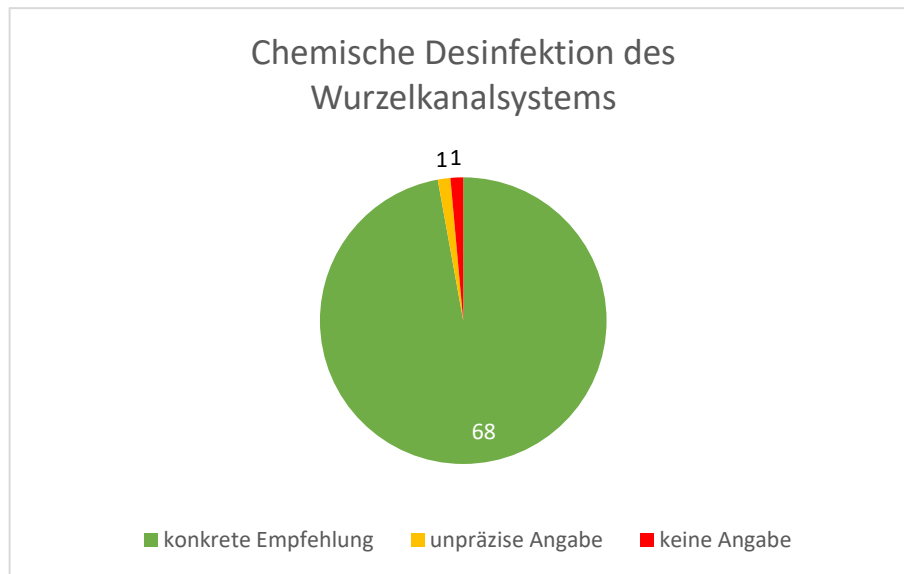


Abb. 7: Durch Spülflüssigkeiten unterstützte chemische Desinfektion

Im zeitlichen Verlauf wird nahezu immer zu einer chemischen Desinfektion des Wurzelkanals geraten. Dazu wird fast ausschließlich eine zu verwendende Desinfektionsflüssigkeit genannt (Abb. 7).

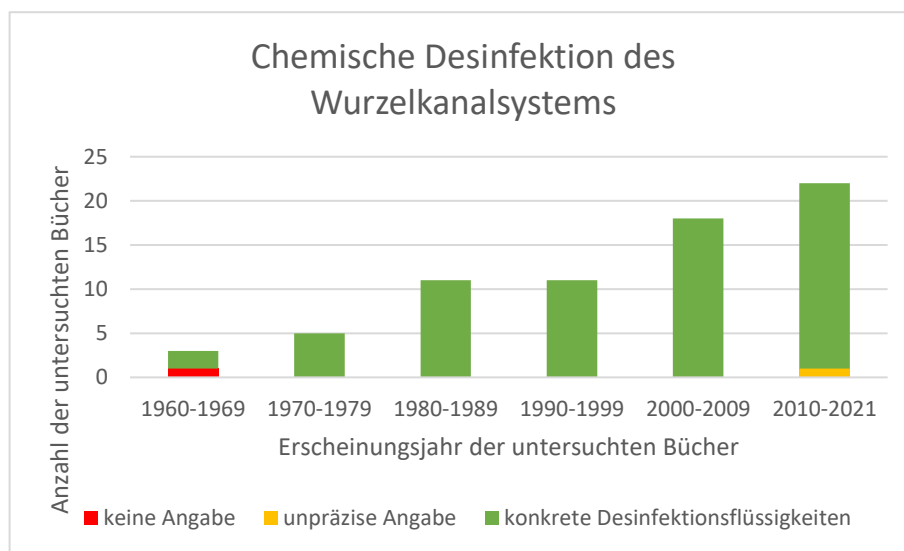


Abb. 6 Chemische Desinfektion im zeitlichen Verlauf

### 3.4.1 Empfohlene Desinfektionslösungen

#### 3.4.1.1 Natriumhypochlorit

63 der 68 Bücher, welche Spülflüssigkeiten angeben, sprechen sich für NaOCl als Mittel der Wahl zur Desinfektion des Wurzelkanalsystems aus. 42 davon schlagen ein Konzentrations-Spektrum für die zu verwendende NaOCl-Lösung vor, 18 nennen einen exakten Wert und 3 führen NaOCl als Desinfektionsflüssigkeit ohne Konzentrationsangabe auf (Abb. 8).

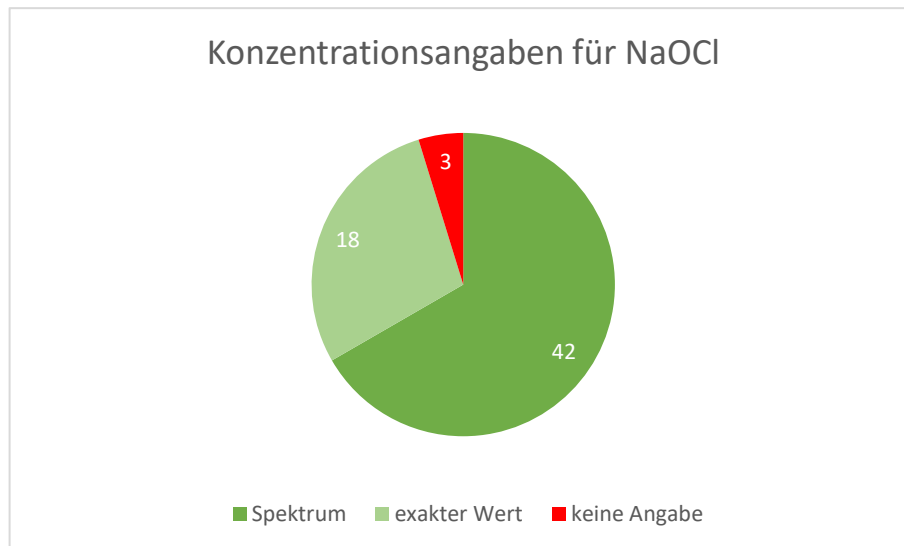


Abb. 8: Konzentrationsangaben für Natriumhypochlorit-Lösungen

Das angegebene Konzentrationsspektrum reicht insgesamt von 0,5 bis 8 %. Haapasalo et al. (2019) und Haapasalo und Shen (2018) geben die größte Bandbreite von 0,5 bis 8 % an. Auch Peters und Arias (2017) nennen für NaOCl ein Spektrum, welches 0,5 bis 6 % beträgt, erwähnen aber zusätzlich, dass das Volumen erhöht werden muss, je geringer die Konzentration der Desinfektionsflüssigkeit gewählt wird. Gängler (1995) beschreibt ein Spektrum von 0,5 bis 5 %, rät aber zu einer 2-prozentigen Lösung. Beer und Baumann (1994) nennen eine Bandbreite von 0,5 bis 2,5 %, bevorzugen jedoch 1-prozentige NaOCl-Lösung.

18 Bücher nennen eine konkrete Konzentration für die zu verwendende NaOCl-Lösung. Blicher et al. (2016) empfehlen 5,25 %, sieben Bücher 5 % (Grossman 1968; Pilz et al. 1980; Schroeder 1981; Ketterl 1984; Dietz 1986; Koçkapan 2003d; Berutti und Castellucci 2005). Stock und Gulabivala (2005) nutzen NaOCl-Lösung in einer Konzentration von 3 %, Walton und Rivera (2002) von 2,6 % und fünf Bücher von 2,5 % (Patterson und Newton 1983; Besner et al. 1994; Stock 1994; Siqueira und Lopes 2011; Zuolo et al. 2017). Zwei Bücher empfehlen 1-prozentiges NaOCl (Guldener et al. 1993; Hänni 2010). Tronstad (2003) und Morse (1974) beschreiben eine 0,5-prozentige NaOCl-Lösung.

Drei Autor\*innen nennen NaOCl als Desinfektionslösung ohne weitere Konzentrationsangabe (Pyner 1980; Frank et al. 1984; Lehmann und Hellwig 1998).

### 3.4.1.2 Chlorhexidin

29 der untersuchten Lehrbücher führen CHX als weitere Desinfektionslösung auf. In sechs davon findet sich eine Spektrums-Angabe bezüglich der Konzentration, 13 geben einen exakten Wert an und weitere zehn nennen keine Konzentration (Abb. 9).

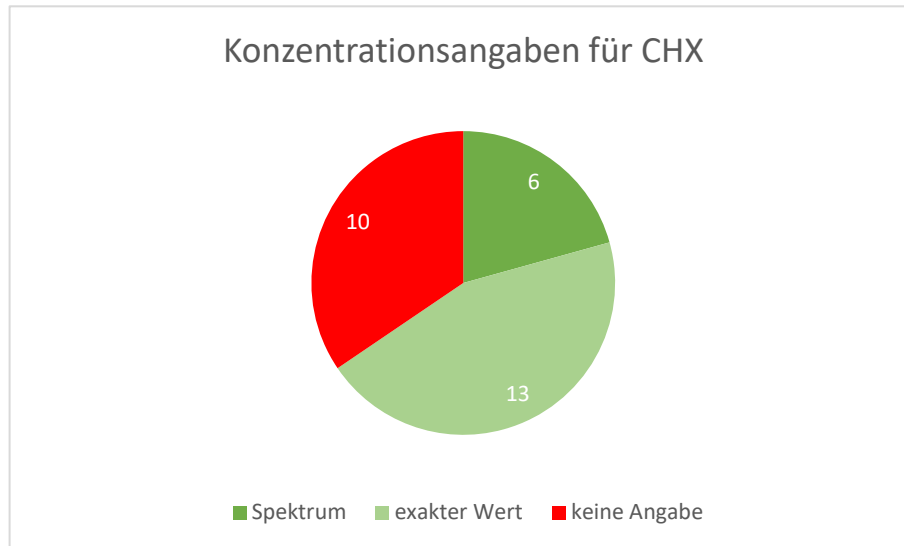


Abb. 9: Konzentrationsangaben für Chlorhexidin-Lösung

Drei Bücher nennen eine Bandbreite von 0,2 bis 2 % (Pitt Ford et al. 2002; Zirkel 2006; Hülsmann 2008). Klimm (2003) und Ørstavik (2020) beschreiben ein ähnliches Spektrum von 0,5 bis 2 %. Brady und Durack (2013) geben an, dass CHX-Lösung in einer Konzentration von 0,12 bis 0,2 % verwendet werden kann.

In 12 Büchern wird dezidiert eine 2-prozentige Lösung genannt (Trope und Debelian 2005; Hänni 2010; Hülsmann und Rödiger 2011a; Basrani und Haapasalo 2014; Chandra und Gopikrishna 2014; Basrani und Malkhassian 2015; Schäfer 2016; Zulo et al. 2017; Hellwig et al. 2018; Hülsmann und Schäfer 2019c; Wenz und Hellwig 2019; Baxter 2021). Beer und Briseño (2005) empfehlen 0,2-prozentiges CHX.

Zehn weitere Autor\*innen nennen CHX als Desinfektionsflüssigkeit ohne weitere Konzentrationsangabe (Städtler 1994; Lehmann und Hellwig 1998; Hülsmann 2001; Walton und Rivera 2002; Mayer 2005; Klimm et al. 2011; Siqueira und Lopes 2011; Blicher et al. 2016; Peters und Arias 2017; Haapasalo et al. 2019).

### 3.4.1.3 Weitere Desinfektionslösungen

Neben den am häufigsten genannten Desinfektionsflüssigkeiten NaOCl und CHX werden in verschiedenen Lehrbüchern noch weitere Spülflüssigkeiten aufgeführt.

In 22 tendenziell älteren Büchern wird als zusätzliche Spülflüssigkeit  $H_2O_2$  genannt. Zwei Bücher verweisen auf ein Konzentrationsspektrum, Hülsmann (2001) nennt 3 bis 5 %, Dietz (1986) 5 bis 30 %. In 15 wird ein exakter Prozentsatz genannt, als höchster 30 % (Redtenbacher 1972). Die Mehrheit von 14 Büchern verweist auf eine 3-prozentige Lösung (Guldener 1977; Nicholls 1977; Schroeder 1981; Pecchioni 1982; Ketterl 1984; Hülsmann 1993; Beer und Baumann 1994; Besner et al. 1994; Nolden und Sauerwein 1994; Städtler 1994; Gulabivala und Stock 1997; Lehmann und Hellwig 1998; Hülsmann 2002; Koçkapan 2003d). In fünf Büchern findet sich keine Konzentrationsangabe (Grossman 1968; Fischer 1972; Weine 1982; Sobkowiak und Wegner 1985; Mayer 2005). Hülsmann (2001) weist darauf hin, dass der gewebeauflösende Effekt von  $H_2O_2$  geringer ist als der von NaOCl. Sollte abwechselnd mit  $H_2O_2$  und NaOCl desinfiziert werden, so hat die letzte Spülung immer mit NaOCl zu erfolgen (Hülsmann 2001). Andere Autor\*innen sehen  $H_2O_2$  als überholt an (Baxter 2021) und raten von seiner Nutzung sowohl als alleinige Desinfektionslösung als auch als Wechsellösung mit anderen Flüssigkeiten ab (Beer und Baumann 1994; Gängler 1995; Walton und Rivera 2002; Hülsmann 2008).

Neun der untersuchten Lehrbücher geben Iod-Kaliumiodid-Lösung als weitere Desinfektionslösung an (Redtenbacher 1972; Städtler 1994; Hülsmann 2001; Peters und Peters 2002; Klimm et al. 2011; Brady und Durack 2013; Basrani und Haapasalo 2014; Haapasalo et al. 2019; Hülsmann und Schäfer 2019c). Diese kann zum Beispiel bei Vorliegen einer NaOCl-Unverträglichkeit zum Einsatz kommen (Hülsmann und Schäfer 2019c). Sofern eine Konzentration für diese Desinfektionsflüssigkeit empfohlen wird, liegt diese bei 2 % (Städtler 1994; Hülsmann 2001; Baxter 2021). Brady und Durack (2013) geben an, dass Iod-Kaliumiodid-Lösung als letzte im Wurzelkanalsystem genutzte Spülflüssigkeit bei Revisionsbehandlungen angewendet werden kann.

In fünf Büchern findet sich Alkohol als weitere Spülflüssigkeit, drei davon geben eine Konzentration von 95 % an (Briseño und Wichert 1990; Guldener et al. 1993; Baxter 2021), Walton und Rivera (2002) beschreiben ein Spektrum von 70 bis 90 % und ein Buch nennt keine Konzentration (Hülsmann 2001). Baxter (2021) empfiehlt, Alkohol zur Trocknung des Wurzelkanalsystems zu nutzen.

Zwei ältere Bücher nennen zusätzlich NaCl (Morse 1974; Gängler 1995). Gängler (1995) nutzt diese bei einer nicht infizierten Pulpa. Morse (1974) führt zusätzlich noch Lokal-Anästhetikum auf.

In einem Buch findet sich Kalziumhydroxidsuspension als Spülflüssigkeit (Städtler 1994).

Vier weitere, nur einmal genannte Flüssigkeiten sind 45-prozentige Schwefelsäure (Karl 1962), 50-prozentige Silbernitrat-Lösung (Redtenbacher 1972) und 40-prozentige Harnstoffperoxid-Lösung (Pecchioni 1982). Sobkowiak und Wegner (1985) führen, neben  $H_2O_2$ , 1- bis 2-prozentige Chloramin-Lösung auf. Auch Pilz et al. (1980) sprechen, neben NaOCl, von 1- bis 20-prozentiger Chloramin-Lösung und Merfen-Lösung.

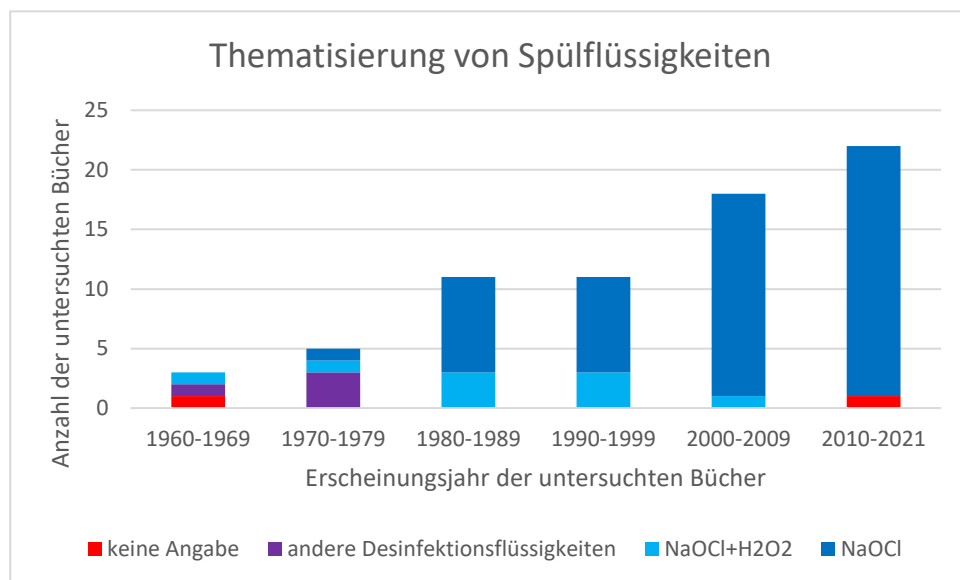


Abb. 10: Angaben zur Desinfektionsflüssigkeit im zeitlichen Verlauf

Es fällt auf, dass NaOCl als empfohlene Spülflüssigkeit andere Desinfektionsflüssigkeiten verdrängt und auch immer seltener in Kombination mit  $H_2O_2$  empfohlen wird (Abb. 10).

### 3.4.2 Komplexbildner und Auflösung des *Smear Layers*

49 der untersuchten Lehrbücher empfehlen zusätzlich Spülungen mit Komplexbildnern zur Auflösung des *Smear Layers* oder als Gleitmittel für Instrumente. Zwei Bücher stellen die Sinnhaftigkeit der Auflösung des *Smear Layers* in Frage (van Thoden Velzen et al. 1988; Städtler 1994). In 19 Lehrbüchern bleiben Komplexbildner als Spülflüssigkeit unerwähnt (Abb. 11).



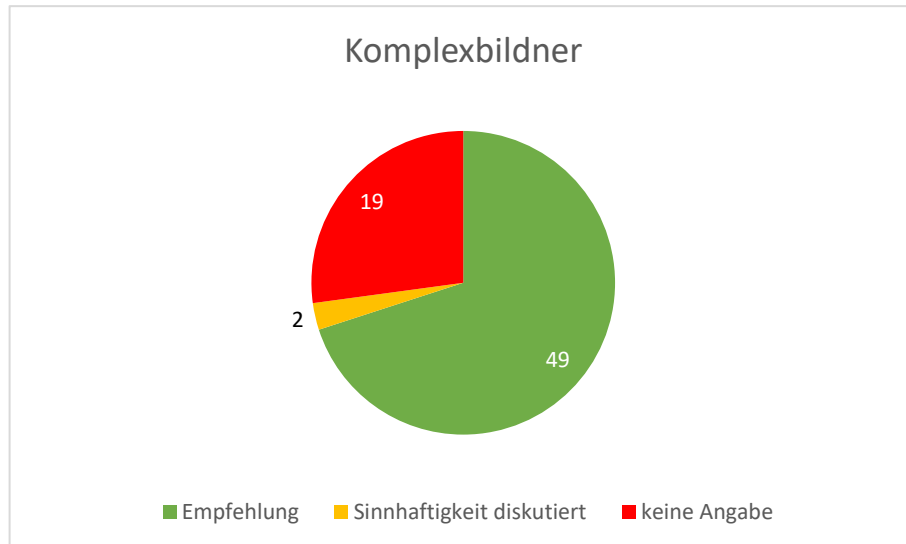


Abb. 11: Empfehlung zu Komplexbildnern

### 3.4.2.1 EDTA

48 Autor\*innen führen Ethylendiamintetraacetat-Lösung (EDTA) als Spülflüssigkeit auf. In sieben Lehrbüchern findet sich eine Spektrums-Angabe für die Konzentration der zu verwendenden EDTA-Lösung, 26 nennen einen exakten Wert und 15 erwähnen EDTA ohne Konzentrationsangabe (Abb. 12).

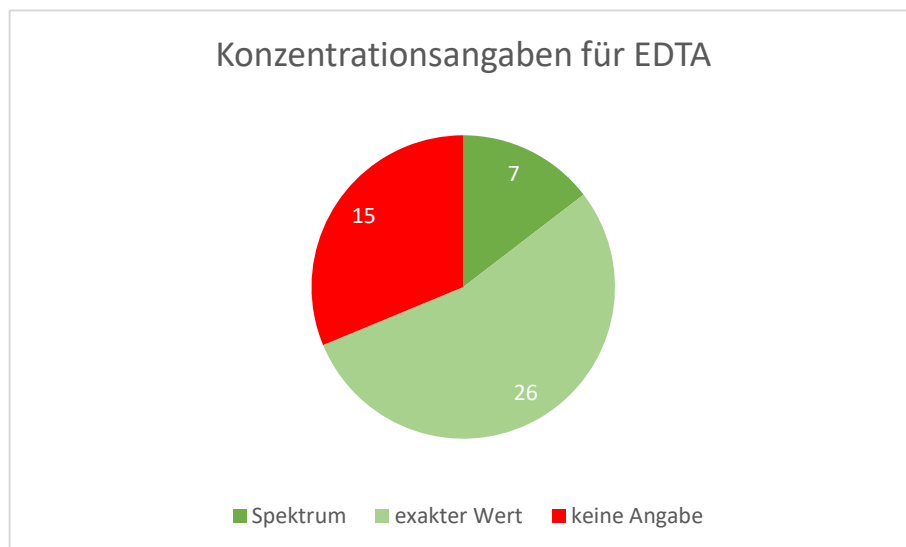


Abb. 12: Konzentrationsangaben für Ethylendiamintetraacetat-Lösung

Das von sieben Autor\*innen angegebene Spektrum der Konzentration von EDTA reicht von 8 bis 20 %. Baxter (2021) nennt eine Bandbreite von 15 bis 20 %. Drei Bücher geben ein Konzentrationsspektrum von 15 bis 17 % an (Hülsmann und Rödiger 2011a; Klimm et al. 2011; Hülsmann und Schäfer 2019c). Zirkel (2006) schlägt eine Konzentration von 8 bis 17 % vor, Beer et al. (2004) und Hülsmann (2002) sprechen von 10 bis 15 %.

In 27 Büchern findet sich eine dezidierte Konzentrationsangabe. 16 Autor\*innen empfehlen eine 17-prozentige Konzentration der EDTA-Lösung (Peters und Peters 2002; Pitt Ford et al. 2002; Dumsha und Gutmann 2005; Stock und Gulabivala 2005; Trope und Debelian 2005; Hänni 2010; Siqueira und Lopes 2011; Brady und Durack 2013; Ricucci und Siqueira 2013; Chandra und Gopikrishna 2014; Basrani und Mal-khassian 2015; Blicher et al. 2016; Schäfer 2016; Peters und Arias 2017; Zuolo et al. 2017; Haapasalo und Shen 2018; Haapasalo et al. 2019) und sieben eine 15-prozentige Konzentration (Grossman 1968; Pecchioni 1982; Briseño und Wichert 1990; Guldener et al. 1993; Klimm 2003; Koçkapan 2003d; Tronstad 2003). Berutti und Castellucci (2005) und Hülsmann (2001) nutzen eine 10-prozentige Lösung.

15 Autor\*innen nennen EDTA als Spülflüssigkeit ohne weitere Konzentrationsangabe (Morse 1974; Guldener 1977; Nicholls 1977; Patterson und Newton 1983; Ketterl 1984; Beer und Baumann 1994; Besner et al. 1994; Gulabivala und Stock 1997; Walton und Rivera 2002; Beer und Briseño 2005; Chong 2007; Hülsmann 2008; Gutmann und Lovdahl 2011; Hellwig et al. 2018; Whitworth 2020). Hellwig et al. (2018) geben bei fehlender Konzentrationsangabe eine Verweildauer von 30 bis 60 s im Wurzelkanalsystem für EDTA an.

#### 3.4.2.2 Zitronensäure

17 der 49 Autor\*innen, die EDTA als ergänzende Spülflüssigkeit nennen, geben an, dass alternativ Zitronensäure genutzt werden kann (Abb. 13).

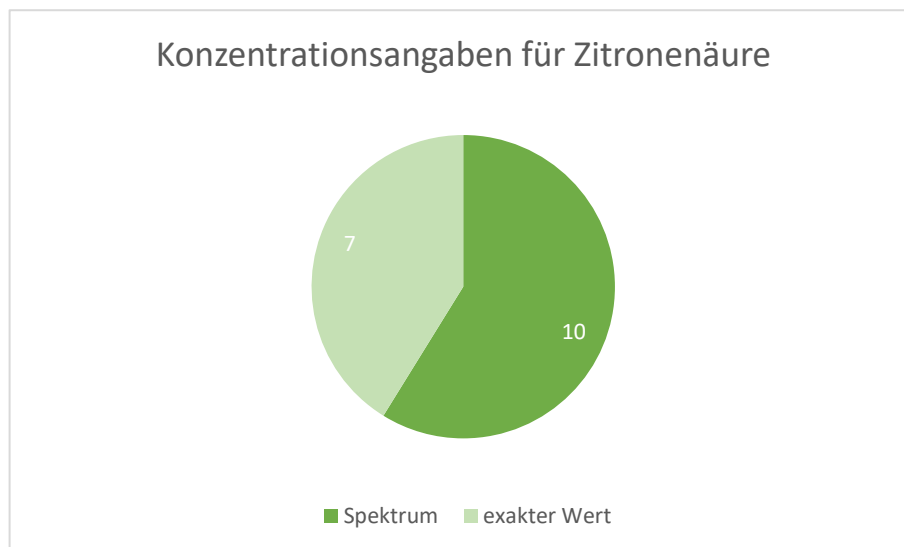


Abb. 13: Konzentrationsangaben für Zitronensäure

Das von zehn Autor\*innen angegebene Spektrum der Konzentration von Zitronensäure reicht von 1 bis 50 %. Die größte Bandbreite nennen Haapasalo und Shen

(2018) und (Haapasalo et al. 2019) mit 1 bis 50 %, gefolgt von Briseño und Wichert (1990) mit 10 bis 50 %. Hülsmann (2001, 2002, 2008) gibt ein Spektrum von 40 bis 50 % an. Zirkel (2006) spricht von 6 bis 20 %, Schäfer (2016) und Baxter (2021) von 10 bis 20 % und Hellwig et al. (2018) von 15 bis 20 %.

In sieben Büchern findet sich eine exakte Konzentrationsangabe. Koçkapan (2003d) nutzt 50-prozentige, Chong (2007) 25-prozentige und Beer et al. (2004) 15-prozentige Zitronensäure. Vier Autor\*innen empfehlen Zitronensäure in einer Konzentration von 10 % (Gutmann und Lovdahl 2011; Klimm et al. 2011; Siqueira und Lopes 2011; Hülsmann und Schäfer 2019c). Hülsmann und Schäfer (2019c) verweisen darauf, dass auch eine Konzentration von bis zu 50 % genutzt werden kann. Im zeitlichen Verlauf wird eine häufigere Empfehlung von Komplexbildnern deutlich (Abb. 14).

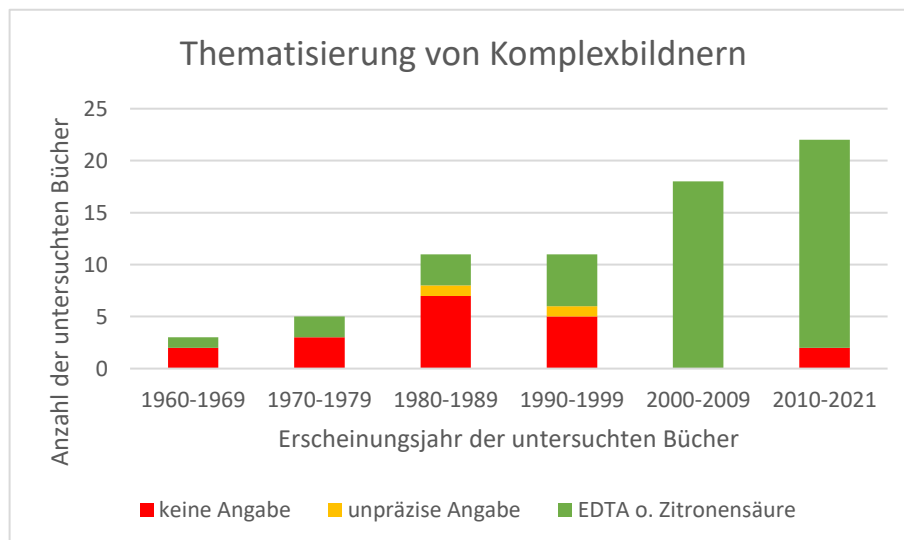


Abb. 14: Angaben zu Komplexbildnern im zeitlichen Verlauf

### 3.5 Initiale Überschwemmung des Pulpakavums

34 der untersuchten Lehrbücher geben an, nach dem Auffinden der Pulpakammer diese unmittelbar mit Desinfektionsflüssigkeit zu überfluten, bevor die Wurzelkanäle präpariert werden (Abb. 15).

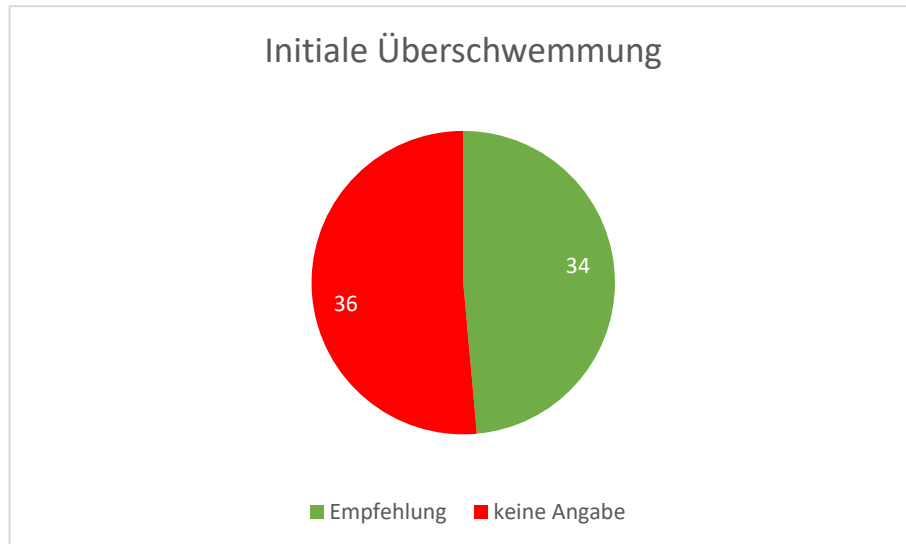


Abb. 15: Empfehlung einer initialen Überschwemmung des Wurzelkanalsystems mit Desinfektionsflüssigkeit

In allen 34 Büchern findet sich eine Angabe zur dafür verwendeten Spüllösung (Abb. 16).

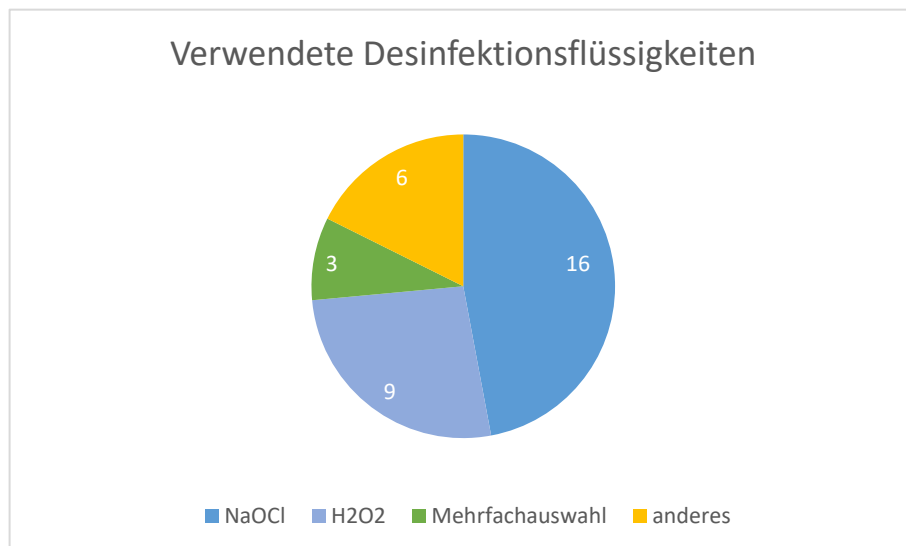


Abb. 16: Zur initialen Überschwemmung genutzte Spüllösungen

Ähnlich wie bei den präferierten Flüssigkeiten zur Desinfektion des Wurzelkanalsystems nutzt die Mehrheit von 16 Autor\*innen NaOCl zur initialen Überschwemmung des Pulpakavums (Frank et al. 1984; Dietz 1986; Besner et al. 1994; Stock 1994; Vertucci et al. 2002; Berutti und Castellucci 2005; Zirkel 2006; Hülsmann 2008; Baumann und Peters 2011; Gutmann und Lovdahl 2011; Siqueira und Rôças 2011; Chandra und Gopikrishna 2014; Schäfer 2016; Peters und Arias 2018; Hülsmann und Schäfer 2019b; Baxter 2021). Exakte Mengenangaben werden in keinem der Bücher gemacht. Wenige Autor\*innen sprechen von einer reichlichen Spülung der Pulpakammer (Stock 1994; Baumann und Peters 2011; Siqueira und Rôças 2011),

bei Baxter (2021) wird direkt nach der Trepanation ein in NaOCl getränktes Wattepellet im Pulpakavum ausgedrückt.

Neun Autor\*innen nutzen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Lösung nach dem Auffinden der Pulpakammer (Schroeder 1981; Sobkowiak und Wegner 1985; Nolden und Sauerwein 1994; Lehmann und Hellwig 1998), fünf verweisen dabei auf seine blutstillende Wirkung (Guldener 1977, 1993; Hülsmann 1993; Koçkapan 2003c; Hellwig et al. 2018). Im Falle einer nekrotischen Pulpa kann laut Koçkapan (2003c) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Lösung alternierend mit NaOCl eingesetzt werden.

In drei Büchern geben die Autor\*innen mehrere Spülflüssigkeiten zur initialen Überschwemmung der Pulpakammer zur Auswahl. Brady und Durack (2013) stellen es frei, ob das Pulpakavum mit NaOCl- oder EDTA-Lösung überflutet wird, Klimm et al. (2011) nutzen NaOCl- oder CHX-Lösung. Gängler (1995) zählt die meisten Flüssigkeiten auf und spült die Kanaleingänge mit NaCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oder NaOCl frei.

Ein Lehrbuch empfiehlt, bei Vorliegen von Dentikeln oder Reizdentin die Pulpakammer für 1 bis 2 min mit 17%-prozentgem EDTA zu durchfeuchten. Losgelöste Dentinfragmente und *Debris* werden anschließend mit NaOCl ausgeschwemmt (Pitt Ford et al. 2002).

Weitere aufgeführte Flüssigkeiten sind bei Grossman (1968) abwechselnd verwendete Wasserstoffperoxid- und Hypochlorit-Lösung, Sargenti (1968) beschreibt handelsübliches Waschmittel wie Persil, welches sich sehr gut für eine erste Säuberung eignen soll und Redtenbacher (1972) nutzt Silbernitrat-Lösung als erste in das Wurzelkanalsystem eingebrachte Flüssigkeit. Pyner (1980) verwendet Carbamidperoxid und Patterson und Newton (1983) erwähnen nicht näher beschriebene chirurgische Seife, beides wird von den jeweiligen Autoren zur Erhöhung der Gleitfähigkeit der Instrumente empfohlen.

Unabhängig vom Erscheinungsjahr geben ähnlich viele Lehrbücher Empfehlungen zur initialen Überschwemmung der Pulpakammer wie der Anteil an Büchern, der keine Angaben macht (Abb. 17).

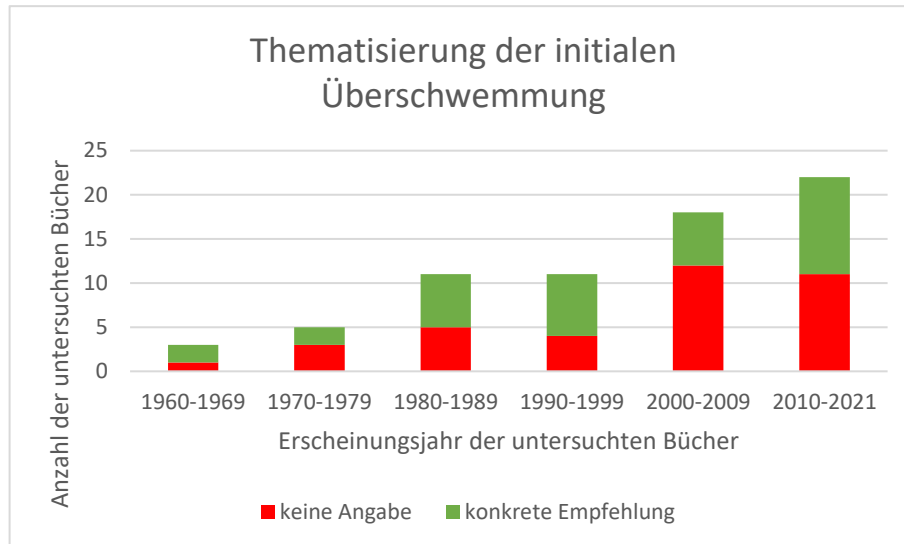


Abb. 17: Angaben zur initialen Überschwemmung im zeitlichen Verlauf

### 3.6 Präparationsgröße und -konizität

Betrachtet man die empfohlene Mindestgröße für das zuletzt zur mechanischen Präparation des Wurzelkanals genutzte Instrument, findet sich eine große Varianz und Breite an Angaben. Es lassen sich dabei hauptsächlich zwei verschiedene Herangehensweisen finden. Während 26 Bücher normierte ISO-Größen aufzählen, berufen sich sechs auf die erste im apikalen Bereich des Wurzelkanals mit Klemmwirkung eingebrachte Feile, zwölf Bücher beschreiben beide Herangehensweisen. 15 geben unpräzise Aussagen über die Präparationsgröße und in elf findet sich dazu keine Aussage oder Empfehlung (Abb. 18).

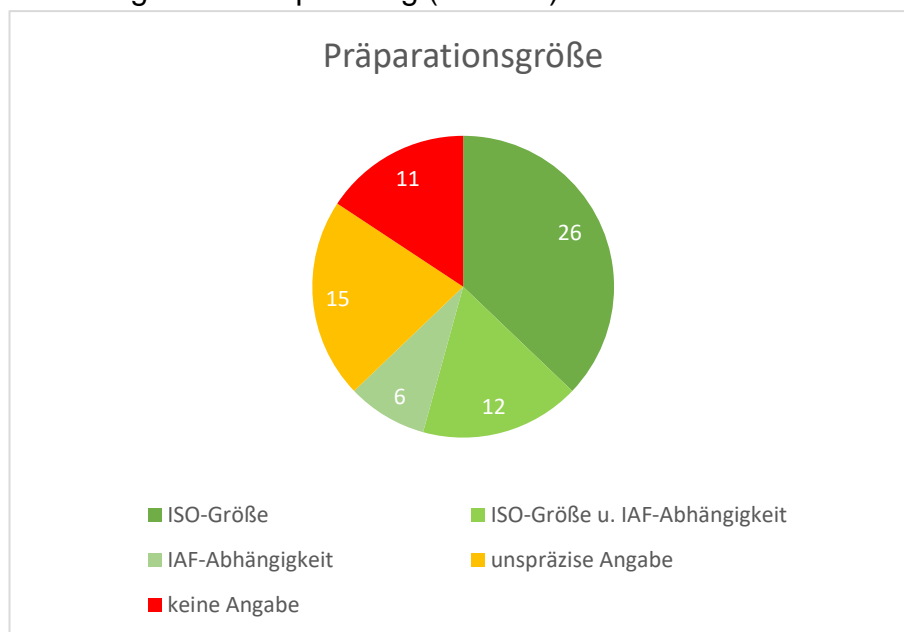


Abb. 18: Empfehlungen für die Größe der finalen Präparation

Bezogen auf die angegebenen ISO-Normierungen geben fast alle Autor\*innen ein mehrere Größen umfassendes Spektrum an, das von ISO-Größe 20 bis 70 reicht. Stock und Gulabivala (2005) beschreiben eine apikale Präparation von mindestens ISO 20. Sechs der untersuchten Lehrbücher empfehlen eine ISO-Größe von mindestens 25 (Stock 1994; Pitt Ford et al. 2002; Siqueira und Lopes 2011; Brady und Durack 2013; Chandra und Gopikrishna 2014; Peters und Arias 2017). Chandra und Gopikrishna (2014) geben allerdings für jeden Zahn eine empfohlene ISO-Größe an, welche bis zur ISO-Größe 70 reichen kann. Peters und Arias (2017) bringen anschließend größere Feilen in den Wurzelkanal ein, um zu testen, ob diese die Arbeitslänge erreichen. Ist dies der Fall, soll der Wurzelkanal ohne nähere Angaben weiter präpariert werden. Pitt Ford et al. (2002) merken an, dass unabhängig von der ISO-Größe die Wurzelkanalform eine gründliche Desinfektion zulassen muss. Zehn der untersuchten Lehrbücher empfehlen eine ISO-Größe von mindestens 30 (Guldener 1977; Patterson und Newton 1983; Ketterl 1984; Dietz 1986; Briseño und Wichert 1990; Klimm 2003; Trope und Debelian 2005; Bargholz 2006b; Boutsoukis und van der Sluis 2015; Zuolo et al. 2017). Guldener (1977) empfiehlt zwar eine Präparationsgröße von ISO 30, tendiert aber nach Möglichkeit und abhängig vom zu behandelnden Zahn zu einem größeren Präparationsspektrum von ISO 35 bis 60. Trope und Debelian (2005) merken an, dass nach Erreichen der ISO-Größe 30 der Wurzelkanal bis zu einer biologisch akzeptablen Größe präpariert werden soll. Zuolo et al. (2017) weisen darauf hin, dass größere Durchmesser möglich sind, dies aber von der Wurzelkanalanatomie abhängig sei. Klimm (2003) gibt eine Mindest-ISO-Größe von 30 bis 35 an, weist aber dann an anderer Stelle darauf hin, dass eine vollständige Wurzelkanalspülung an eine Präparation bis ISO 35 bis 40 geknüpft sei. Sechs der untersuchten Lehrbücher empfehlen eine ISO-Größe von mindestens 35 (Hülsmann 2002; Mayer 2005; Hülsmann und Rödiger 2011a; Schäfer 2016; Bergmans und Lambrechts 2018; Baxter 2021). Baxter (2021) verweist darauf, dass die Präparationsgröße davon abhängig gemacht werden sollte, welche Spülkanüle zum Einbringen der Desinfektionsflüssigkeit verwendet wird. Die Empfehlung einer ISO-Größe von 35 bis 40 gilt für konventionelle, nicht näher beschriebene Spülnadeln. Hülsmann und Rödiger (2011a) machen darauf aufmerksam, dass eine Benutzung selbst der dünnsten Spülkanüle eine Präparationsgröße von etwa ISO 35 voraussetzt. Bergmans und Lambrechts (2018) betonen, dass eine eindeutige Empfehlung nicht getroffen werden kann, da dieser Sachverhalt aktuell immer

noch wissenschaftlich untersucht und kritisch diskutiert wird. Drei der untersuchten Lehrbücher empfehlen eine ISO-Größe von mindestens 40 (Frank et al. 1984; Hülsmann und Schäfer 2019c, 2019b). Hülsmann und Schäfer (2019b) führen weiter aus, dass die Größe der finalen Präparation individuell auf jedes Wurzelkanalsystem abgestimmt werden muss. Das beste Kriterium hierfür sei, dass eine Spülkanüle mit einem Durchmesser von 0,25 mm auf die Arbeitslänge minus 1 bis 2 mm eingebracht werden kann. In geraden Wurzelkanälen soll eine ISO-Größe von 45 angestrebt werden (Hülsmann und Schäfer 2019c).

In zwölf Lehrbüchern findet sich zusätzlich zu einer definitiven ISO-Größe eine empfohlene Anzahl an zu verwendenden Instrumenten, welche sukzessive in ihrem Durchmesser zunehmen. Ausgangspunkt dafür ist die Feile mit dem größten Querschnitt, welche apikal im noch unpräparierten Wurzelkanal zum ersten Mal Friktion aufweist. Diese wird als *Initial Apical File* (IAF) bezeichnet. Die geringste finale Feilengröße beschreiben Gulabivala und Stock (1997) mit nur zwei Größen über der IAF und einer Mindest-ISO-Größe von 25. Besner et al. (1994) empfehlen bei derselben ISO-Größe alternativ bis zwei bis drei Größen über die IAF zu arbeiten. In fünf Lehrbüchern wird um drei Größen weiter präpariert als die IAF (Grossman 1968; Hülsmann 1993; Nolden und Sauerwein 1994; Koçkapan 2003a; Klimm et al. 2011). In zwei Lehrbüchern findet sich neben der IAF-Abhängigkeit eine ISO-Größen-Angabe von mindestens 25 (Grossman 1968; Koçkapan 2003a), wobei Koçkapan (2003d) in einem anderen Kapitel desselben Buches erwähnt, dass eine Spülung erst ab ISO-Größe 40 wirksam sei. Nolden und Sauerwein (1994) präparieren entweder um drei Größen größer als die IAF oder bis ISO-Größe 30. Hülsmann (1993) fordert außerdem dazu auf, den Wurzelkanal wenn möglich nicht unter ISO-Größe 35 zu präparieren. Klimm et al. (2011) geben zusätzlich eine ISO-Größe von 30 bis 40 an und machen darauf aufmerksam, dass eine vollständige Wurzelkanalspülung an eine Präparation bis zur ISO-Größe 35 bis 40 geknüpft sei. Tronstad (2003) beschreibt eine Mindest-ISO-Größe von 30 oder zwei bis vier Größen größer als die IAF. Zwei Bücher geben sowohl für die IAF-Abhängigkeit als auch die ISO-Größe dasselbe Spektrum an. Dieses beträgt drei bis vier Größen größer als die IAF und eine ISO-Größe von mindestens 30 bis 35 (Hülsmann 2001, 2008). Hellwig et al. (2018) geben bei einer ISO-Größen-Empfehlung von 25 bis 30 mit drei bis fünf Feilen das höchste Spektrum und Beer et al. (2004) mit vier Feilen und ISO-Größe 30 den höchsten Einzelwert an.



In sechs Büchern wird die Orientierung der Präparationsgröße in Abhängigkeit von der IAF empfohlen. Zwei Autoren erweitern den Wurzelkanal um drei weitere Instrumentengrößen (Weine 1982; Lehmann und Hellwig 1998). In einem Buch findet sich eine Präparationsempfehlung um drei bis vier (Nicholls 1977) und in einem anderen um drei bis fünf Feilen größer als die IAF (Guldener et al. 1993). Guldener et al. (1993) empfehlen bei nekrotischer Pulpa den Wurzelkanal um zusätzliche ein bis zwei ISO-Größen zu präparieren. Zwei Bücher präparieren um vier Größen weiter als die IAF (Beer und Baumann 1994; Beer und Briseño 2005).

In 15 Büchern wird eine unpräzise Aussage über die finale Präparationsgröße getroffen (Redtenbacher 1972; Morse 1974; Pilz et al. 1980; Pecchioni 1982; van Thoden Velzen et al. 1988; Peters und Peters 2002; Walton und Rivera 2002; Berutti und Castellucci 2005; Hänni 2010; Gutmann und Lovdahl 2011; Ricucci und Siqueira 2013; Peters und Paqué 2014; Baerg und Herbranson 2015; Blicher et al. 2016; Whitworth 2020). Redtenbacher (1972) präpariert so weit wie möglich. Morse (1974) schreibt, dass sich keine definitive Aussage machen lässt, wie viele Feilen zur Präparation genutzt werden sollen. Pilz et al. (1980) beschreiben die Präparation als abhängig vom ursprünglichen Kanaldurchmesser und vom Grad der Durchseuchung. Pecchioni (1982) präpariert so lange, bis organisches Gewebe und erweichtes Dentin entfernt sind bzw. weiße Dentin-Späne sichtbar werden. Van Thoden Velzen et al. (1988) geben an, dass der ursprüngliche Kanaldurchmesser und die gewünschte Füllmethode für die Größe der Präparation ausschlaggebend sind. Peters und Peters (2002) weisen darauf hin, dass der Wurzelkanal weit genug präpariert werden muss, um Platz für eine geeignete Spülkanüle zu schaffen. Walton und Rivera (2002) präparieren so lange, bis eine adäquate Reinigung erzielt werden kann, ohne die Zahnwurzel unnötig zu schwächen. Bei Berutti und Castellucci (2005) wird so lange erweitert, bis mindestens ein Guttapercha-Füllstift mit einer Konizität von 8 % oder 10 % in den Wurzelkanal eingebracht werden kann. Wenn dies der Fall ist, sei auch genügend Platz für eine effektive Menge an Spülflüssigkeit vorhanden. Hänni (2010) sagt aus, dass die Wirksamkeit des Desinfektionsmittels vom Durchmesser der Präparation abhängig ist, ohne eine definitive Empfehlung abzugeben. Gutmann und Lovdahl (2011) definieren die finale Präparation in Abhängigkeit von der Größe, Form und Krümmung der Zahnwurzel. Ricucci und Siqueira (2013) sprechen von einer bestimmten Menge an aufeinander folgenden, im Durchmesser zunehmenden Feilen, nennen aber keine definitive Zahl. Peters und

Paqué (2014) bezeichnen eine absolute Empfehlung als unangemessen, da es keine Möglichkeit gäbe, allen anatomischen Variationen gerecht zu werden. Dennoch betonen sie, dass die Präparation des Wurzelkanals an die Wahl der Spülmethode und der verwendeten Instrumente angepasst werden muss. Baerg und Herbranson (2015) entfernen maximal ein Drittel des Wurzelkanal-Dentins. Blicher et al. (2016) empfinden eine definitive Empfehlung als ungeeignet. Whitworth (2020) verweist darauf, die apikale Region so weit zu präparieren, wie es erforderlich ist.

Betrachtet man die Angaben zur Mindestgröße, bis zu der ein zu behandelnder Wurzelkanal präpariert werden soll, lässt sich erkennen, dass immer mehr Bücher die finale Präparationsgröße thematisieren und Empfehlungen dazu abgeben. Dabei nehmen die Angaben in Abhängigkeit von der Größe der IAF ab und definitive Empfehlungen einer bestimmten Mindest-ISO-Größe zu (Abb. 19). Jedoch werden in jüngster Zeit auch mehr unpräzise Aussagen getroffen.

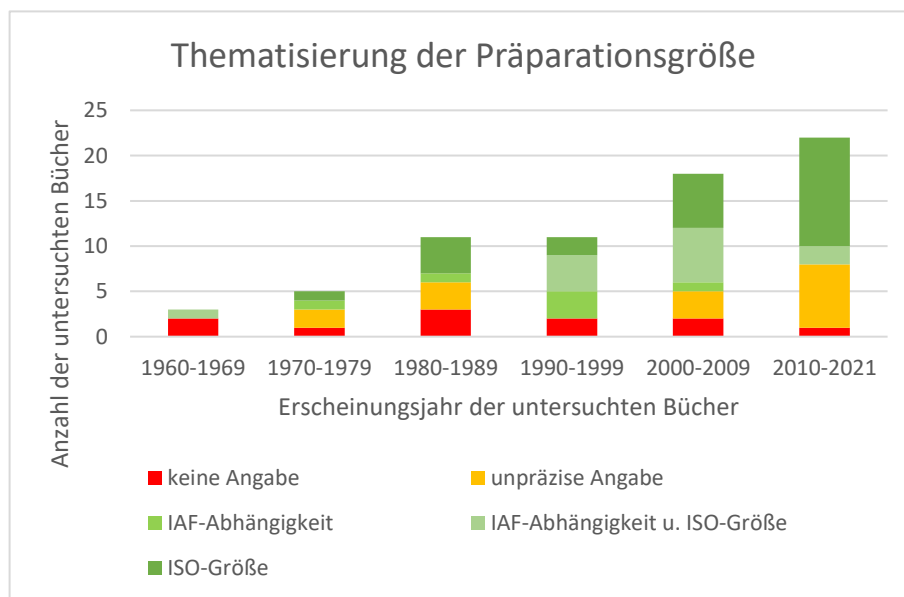


Abb. 19: Angaben zur Mindestgröße der Präparation im zeitlichen Verlauf

In Bezug auf die Konizität (*Taper*) des zuletzt in den Wurzelkanal eingebrachten Instruments finden sich nur wenige Aussagen. 16 Lehrbücher geben eine konkrete Angabe, 21 liefern eine unpräzise und 33 keine Angabe (Abb. 20).

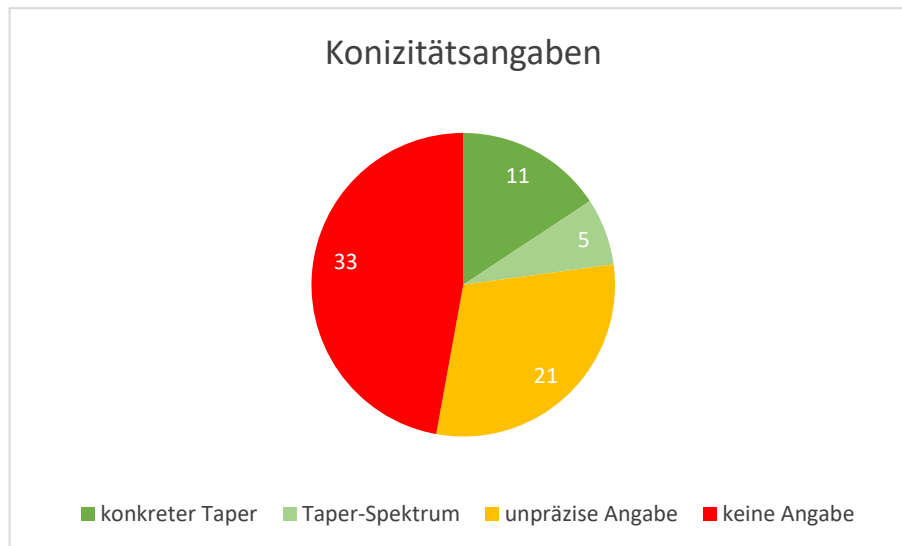


Abb. 20: Empfehlung für die Konizität der finalen Präparation

In den 16 Lehrbüchern, welche eine konkrete Konizitäts-Empfehlung liefern, findet sich eine Bandbreite von 2 bis 12 %. Elf geben einen konkreten Wert und fünf ein Spektrum an. Tronstad (2003) und Zuolo et al. (2017) empfehlen einen *Taper* von 2 % bei einer ISO-Größe von 30, Schäfer (2016) und Baxter (2021) raten zur selben Konizität bei einer ISO-Größe von 35 bis 40. Baxter (2021) erwähnt zusätzlich, dass bei größeren *Tapern* eine apikale Präparation bis zur Größe ISO 25 ausreichend sein kann. Bargholz (2006b) beschreibt ein Konizitäts-Spektrum von 2 % bis 5 % bei ISO-Größe 30. Auch Walsch (2011) spricht von einem Konizitäts-Spektrum von 2 % bis 6 % bei einer ISO-Größe von mindestens 20. Die Wahl der anzustrebenden Konizität überlasst er den Zahnärzt\*innen, verweist aber darauf, dass jede Information über die Wurzelanatomie berücksichtigt werden muss und für stark gekrümmte Wurzelkanäle ein eher kleinerer *Taper* verwendet werden soll. Zwei Bücher empfehlen eine Konizität von 4 %, wobei ein Autorenteam zu einer ISO-Größe von 25 bis 30 rät (Hellwig et al. 2018) und ein weiteres zu einer ISO-Größe von 40 (Hülsmann und Schäfer 2019b). In vier Büchern findet sich eine Konizitäts-Empfehlung von 6 %. Peters und Arias (2017) nennen diesen *Taper* zusammen mit der ISO-Größe 25, Boutsoukis und van der Sluis (2015) mit der ISO-Größe 30. Klimm et al. (2011) präparieren bis zu einem *Taper* von etwa 6 % bei einer ISO-Größe von 30 bis 40. Baerg und Herbranson (2015) verzichten bei einem *Taper* von 6 % auf die Nennung einer ISO-Größe, weisen aber darauf hin, dass nicht mehr als ein Drittel des Wurzeldentins abgetragen werden soll. Pitt Ford et al. (2002) nennen das größte Spektrum, beginnend bei 6 % bis hin zu 12 % bei einer ISO-Größe von 25. Siqueira und Lopes (2011) raten in geraden Wurzelkanälen zu einem *Taper* von

6 %, in moderat gekrümmten zu einem von 4 % und in stark gekrümmten Wurzelkanälen zu einem *Taper* von 2 %. Chandra und Gopikrishna (2014) geben die ausführlichste Konizitäts-Beschreibung. Sie empfehlen bei einer ISO-Größe von 25 einen *Taper* von 8 %, bei ISO 30 einen *Taper* von 6 % und bei der ISO-Größe 40 einen *Taper* von 4 %. Berutti und Castellucci (2005) sprechen von einem *Taper* von 6 bis 10 %.

19 der 2 Lehrbücher, welche eine unpräzise Aussage zur finalen Präparationsform des Wurzelkanals treffen, sprechen davon, dass der gesamte Verlauf des Wurzelkanals konisch präpariert werden soll (Schilder 1983; Frank et al. 1984; Dietz 1986; van Thoden Velzen et al. 1988; Briseño und Wichert 1990; Guldener et al. 1993; Besner et al. 1994; Stock 1994; Klimm 2003; Koçkapan 2003a; Tronstad 2003; Mayer 2005; Stock und Gulabivala 2005; Chong 2007; Hülsmann 2008; Brady und Durack 2013; Ricucci und Siqueira 2013; Bergmans und Lambrechts 2018; Whitworth 2020). Zwei Bücher setzen die Konizität in Beziehung zur Füllmethode des Wurzelkanals. Walton und Rivera (2002) weisen darauf hin, dass die Konizität so gewählt werden sollte, dass Spreader und Plugger tief genug in den Wurzelkanal eingebracht werden können, um diesen suffizient zu obturieren. Nach Berutti und Castellucci (2005) soll der Wurzelkanal soweit präpariert werden, dass mindestens ein Guttapercha-Stift mit einer Konizität von 8 bis 10 % zum Verschluss verwendet werden kann. Hülsmann (2008) weist darauf hin, dass der *Taper* abhängig von der Präparations- und Fülltechnik sei. Whitworth (2020) gibt zu bedenken, dass der *Taper* ausreichend für eine effektive Desinfektion sein sollte, ohne unnötig viel Gewebe dafür zu opfern.

Es ist eine Zunahme der Thematisierung der Konizität in den Lehrbüchern mit mehr konkreten Angaben über den *Taper* zu erkennen (Abb. 21).

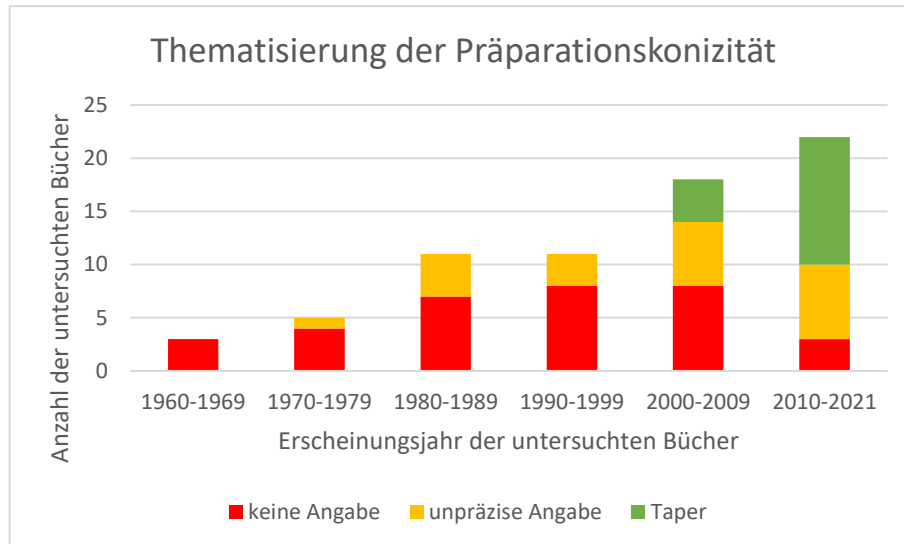


Abb. 21: Angaben zur Konizität der Präparation im zeitlichen Verlauf

### 3.7 Durchgängigkeit des apikalen Foramens

Während 18 Lehrbücher klar für eine Durchgängigkeit des apikalen Foramens (*Apical Patency*) plädieren, streben sechs dessen Verblockung mit Dentinspänen an. Neun Bücher sprechen beides an, ohne sich abschließend festzulegen. 21 Lehrbücher treffen unpräzise und nicht eindeutige Aussagen und in 16 Büchern findet sich keine Angabe zur apikalen Konstriktion (Abb. 22).

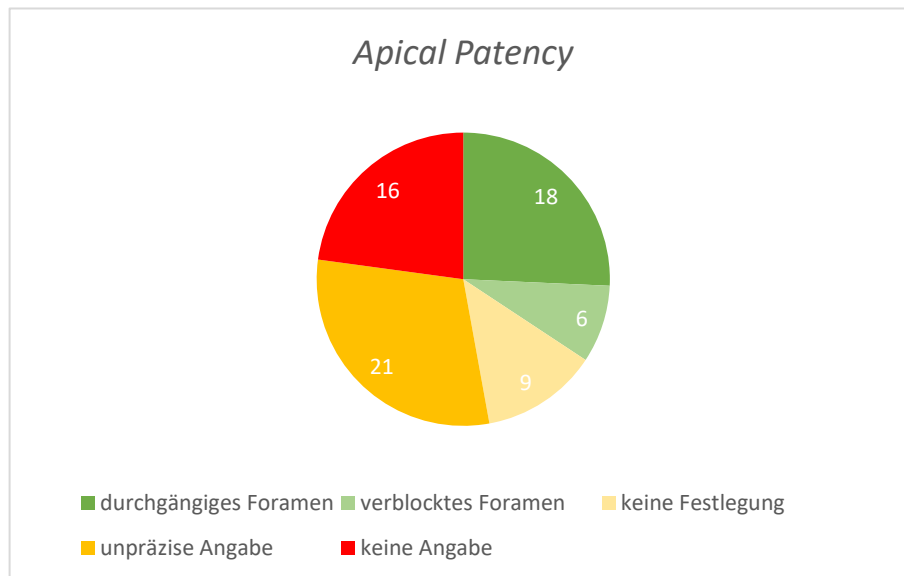


Abb. 22: Angaben zur Durchgängigkeit des apikalen Foramens

18 der untersuchten Lehrbücher empfehlen, die apikale Konstriktion während der Präparation des Wurzelkanals durchgängig zu halten und nicht durch Dentinspäne zu verstopfen (Dietz 1986; Beer und Baumann 1994; Besner et al. 1994; Pitt Ford et al. 2002; Walton und Rivera 2002; Castellucci 2005; Bargholz 2006b; Hülsmann 2008; Suter 2010; Siqueira und Lopes 2011; Walsch 2011; Brady und Durack 2013;

Chandra und Gopikrishna 2014; Peters und Paqué 2014; Schäfer 2016; Peters und Arias 2017; Zuolo et al. 2017; Hülsmann und Schäfer 2019a). Zwölf Autor\*innen nutzen zur Gewährleistung dessen eine kleine Feile ohne nähere Größenangabe (Walton und Rivera 2002; Bargholz 2006b) oder mit der ISO-Größe 08 oder 10 (Suter 2010; Brady und Durack 2013; Chandra und Gopikrishna 2014; Peters und Arias 2017; Hülsmann und Schäfer 2019a) bzw. 10 oder 15 (Besner et al. 1994; Siqueira und Lopes 2011; Zuolo et al. 2017), welche passiv 0,5 bis 1 mm über das *Foramen physiologicum* hinausgeschoben wird, ohne es zu erweitern. Damit sollen mögliche Blockaden durch verdichteten *Debris* gelockert werden. Zwei Autoren räumen dabei allerdings ein, dass es keine wissenschaftlichen Daten gibt, die diese Vorgehensweise und einen Zusammenhang mit einem klinischem Erfolg untermauern (Schäfer 2016; Hülsmann und Schäfer 2019a). Hülsmann und Schäfer (2019a) weisen des Weiteren darauf hin, dass bei Vorerkrankungen des Patienten, wie einer Blutgerinnungsstörung oder Einnahme von Immunsuppressiva oder Bisphosphonat-Medikamenten auf diese *Patency*-Technik verzichtet werden soll.

In sechs tendenziell älteren Büchern wird eine Verblockung der apikalen Konstriktion angestrebt (Pilz et al. 1980; Schroeder 1981; Patterson und Newton 1983), wobei zwei Bücher darauf hinweisen, dass dies nur durch nicht infizierte Dentin-Späne geschehen darf (Ketterl 1984; van Thoden Velzen et al. 1988). Auch Tronstad (2003) propagiert eine 0,5 bis 1 mm dicke apikale Barriere aus Dentinspänen, solange es sich um eine Behandlung eines zuvor vitalen Zahnes handelt. Im Falle eines nicht vitalen Zahnes wird lediglich darauf hingewiesen, eine Überinstrumentation zu vermeiden.

Neun Lehrbücher geben keine abschließende Empfehlung, da ein Vorteil des Offenhaltens des apikalen Foramens nicht geklärt sei (Frank et al. 1984) bzw. es Argumente für und gegen diese Präparationstechnik gäbe (Blicher et al. 2016) oder keine ausreichenden Studien vorhanden seien (Peters und Peters 2002; Dumsha und Gutmann 2005; Gutmann und Lovdahl 2011; Vera 2015; Hülsmann und Schäfer 2019b). Peters und Peters (2002) merken allerdings abschließend an, dass dies eine Technik mit relativ geringem Risiko sei und wohl kleine Vorteile bringe, so lange kleine Feilen zum Einsatz kämen und diese vorsichtig genutzt würden. Bergmans und Lambrechts (2018) schreiben, dass eine *Apical Patency* verbreitet sei und von vielen Zahnärzten praktiziert wird. Whitworth (2020) empfiehlt eine Durchgängigkeit

des apikalen Foramens in nekrotischen Zähnen, wohingegen bei vitalen Zähnen ein wiederholtes Überinstrumentieren aber möglicherweise unvorteilhaft sei.

In 21 Lehrbüchern finden sich unpräzise Aussagen in Bezug auf das apikale Foramen. Zehn Autor\*innen empfehlen, eine Instrumentation über den Apex hinaus zu vermeiden (Grossman 1968; Redtenbacher 1972; Pecchioni 1982; Briseño und Wichter 1990; Guldener et al. 1993; Hülsmann 1993; Mayer 2005; Chong 2007; Ricucci und Siqueira 2013; Wenz und Hellwig 2019). In vier Lehrbüchern findet sich der Hinweis, den Wurzelkanal frei von apikalen Blockaden zu halten (Hülsmann 2001; Klimm 2003; Koçkapan 2003a; Klimm et al. 2011), ein weiteres Buch spricht nur davon, den Wurzelkanal nicht mit Dentin-Spänen zu verblocken (Trobe und Debelian 2005). Zwei Bücher beschreiben den Erhalt der apikalen Konstriktion (Hellwig et al. 2018; Rödiger 2021), eines spricht davon, die apikale Konstriktion nicht zu erweitern (Städtler 1994). Guldener (1977) schlägt vor, das *Foramen physiologicum* nur unwesentlich zu erweitern. Nicholls (1977) möchte das Risiko minimal halten, nekrotisches Material über das Foramen hinauszubefördern. Baerg und Herbranson (2015) wollen die natürliche Anatomie des Wurzelkanals erhalten und apikale Erweiterungen möglichst vermeiden.

Es lässt sich eine leichte Zunahme der Thematisierung der *Apical Patency* erkennen (Abb. 23). Eine Verblockung des Foramens wird nicht mehr empfohlen.

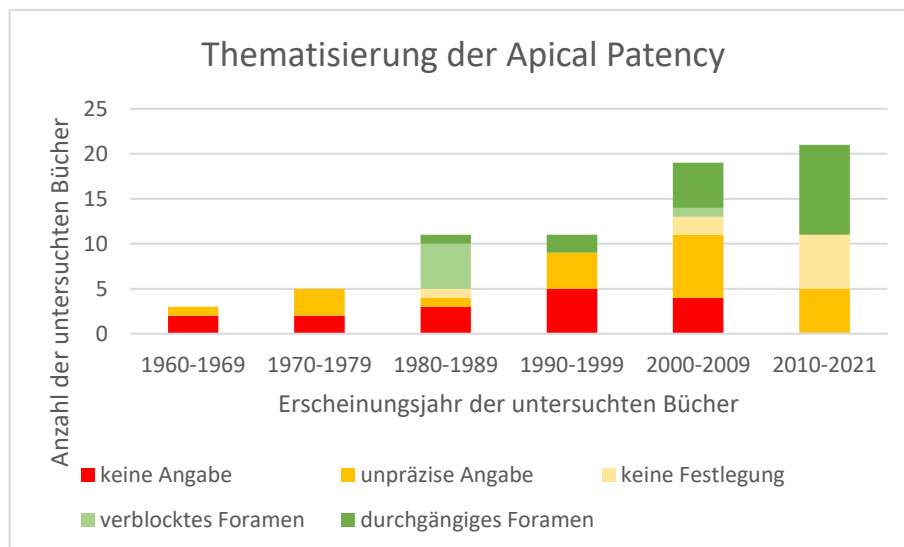


Abb. 23: Angaben zur *Apical Patency* im zeitlichen Verlauf

### 3.8 Größe und Eigenschaften der Spülkanüle

Aussagen zum Durchmesser der Spülkanüle finden sich in 41 der untersuchten Bücher, 23 liefern einen exakten Wert, elf geben eine Bandbreite für den Durchmesser an und in sieben findet sich eine unpräzise Beschreibung der zu verwendenden Spülkanüle. In 29 Lehrbüchern findet sich keine Angabe zum Diameter der Spülkanüle (Abb. 24).

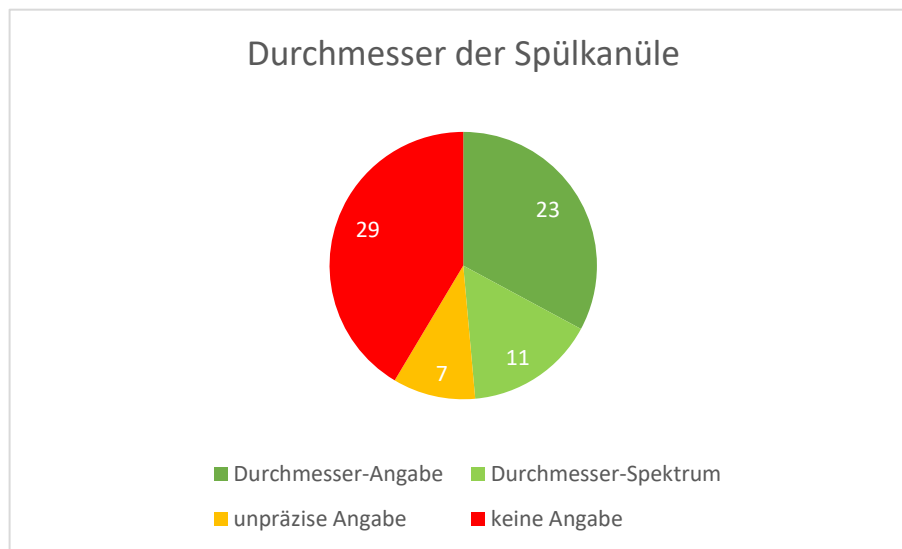


Abb. 24: Empfehlungen zum Durchmesser der Spülkanüle

Zur einfacheren Vergleichbarkeit wurden Gauge-Angaben in Millimeter umgerechnet und auf zwei Dezimalstellen gerundet.

Die in den 23 Lehrbüchern genannten exakten Durchmesser-Angaben bewegen sich zwischen 0,25 mm (Grossman 1968) und 0,64 mm (Pyner 1980). Acht Bücher empfehlen einen Durchmesser von 0,26 mm (Stock und Gulabivala 2005; Hänni 2010; Klimm et al. 2011; Siqueira und Lopes 2011; Boutsioukis und van der Sluis 2015; Haapasalo und Shen 2018; Haapasalo et al. 2019; Whitworth 2020), fünf einen von 0,3 mm (Schroeder 1981; Stock 1994; Ricucci und Siqueira 2013; Hellwig et al. 2018; Baxter 2021), eines einen von 0,32 mm (Peters und Arias 2017), ein anderes einen von 0,35 mm (Beer et al. 2004), zwei einen von 0,36 mm (Gulabivala und Stock 1997; Pitt Ford et al. 2002) und drei andere einen von 0,4 mm (Hülsmann 2001, 2002; Klimm 2003). Peters und Arias (2017) und Haapasalo und Shen (2018) betonen zusätzlich, dass für eine effektive Spülung die Größe der Kanüle mit der Größe des Wurzelkanalsystems korrelieren müsse. Weine (1982) benutzt eine Kanüle mit einem Durchmesser von 0,46 mm.

Betrachtet man die elf Lehrbücher mit einer Bandbreiten-Angabe, so findet sich dort insgesamt ein Spektrum von 0,23 bis 0,46 mm. Das Kleinste beträgt dabei 0,23 bis



0,3 mm (Guldener et al. 1993). In drei Büchern findet sich das Spektrum 0,26 bis 0,3 mm (Chandra und Gopikrishna 2014; Schäfer 2016; Zuolo et al. 2017), in zwei weiteren eines von 0,3 bis 0,35 mm (Briseño und Wichert 1990; Hülsmann und Schäfer 2019c). Drei Lehrbücher empfehlen eine Bandbreite von 0,3 bis 0,4 mm (Hülsmann 1993; Zirkel 2006; Hülsmann 2008). Ein Buch gibt ein Spektrum von 0,32 bis 0,36 mm an (Walton und Rivera 2002), ein weiteres eines von 0,32 bis 0,46 mm (Berutti und Castellucci 2005).

In den sieben Lehrbüchern mit unpräziser Angabe spricht ein Autor von einer relativ weiten Kanüle (Fischer 1972), Peters und Peters (2002) empfehlen eine geeignete Spülkanüle. In fünf Büchern findet sich lediglich die Empfehlung, eine dünne oder feine Nadel zu nutzen (Redtenbacher 1972; Pecchioni 1982; Städtler 1994; Gregorio et al. 2014; Wenz und Hellwig 2019).

Es ist eine deutliche Zunahme der Empfehlung eines konkreten Durchmessers der zu verwendenden Spülkanüle im zeitlichen Verlauf zu erkennen (Abb. 25).

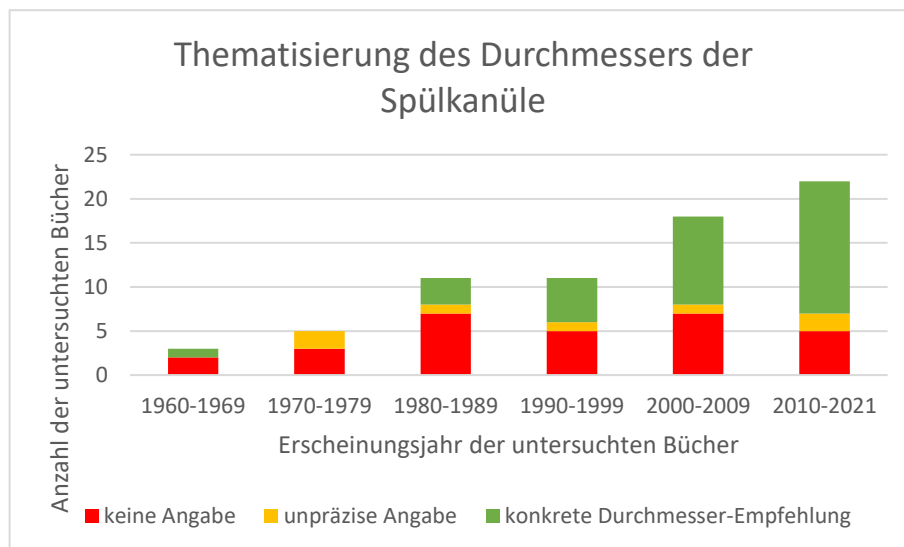


Abb. 25: Angaben zum Durchmesser der Spülkanüle im zeitlichen Verlauf

Empfehlungen zum Spülkanülen-Design finden sich in 27 Büchern, in 43 gibt es dazu keine Angaben (Abb. 26).

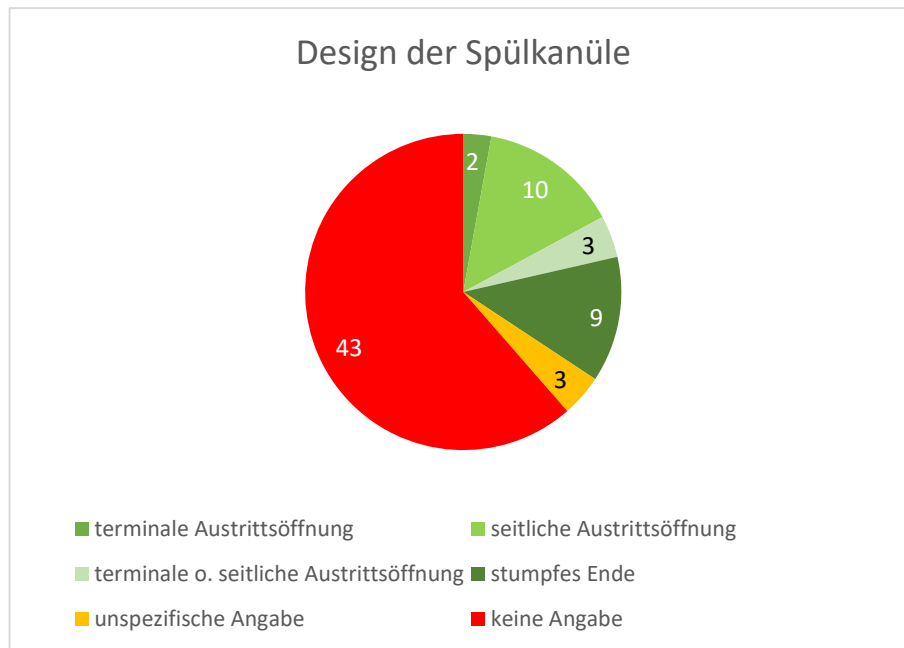


Abb. 26: Empfehlung zur Beschaffenheit der Spülkanüle

Zwei Autoren raten zu einer Spülkanüle mit terminaler Austrittsöffnung (Boutsioukis und van der Sluis 2015; Schäfer 2016) und zehn zu einer seitlichen Austrittsöffnung (Chong 2007; Hänni 2010; Gutmann und Lovdahl 2011; Brady und Durack 2013; Chandra und Gopikrishna 2014; Gregorio et al. 2014; Peters und Arias 2017; Haapasalo und Shen 2018; Haapasalo et al. 2019; Whitworth 2020). In drei Büchern findet sich die Aussage, dass beide Anordnungen der Austrittsöffnung verwendet werden können (Klimm 2003; Zirkel 2006; Klimm et al. 2011).

Neun Bücher beschreiben nur, dass eine Spülkanüle mit stumpfem Ende zur Anwendung kommen soll (Grossman 1968; Nicholls 1977; Pyner 1980; Schroeder 1981; Weine 1982; van Thoden Velzen et al. 1988; Guldener et al. 1993; Pitt Ford et al. 2002; Dumsha und Gutmann 2005).

Drei Bücher geben keine abschließende Empfehlung zum Spülkanülen-Design. Peters und Peters (2002) sprechen von einer geeigneten Spülkanüle. Hülsmann und Schäfer (2019c) und Baxter (2021) informieren darüber, dass eine seitliche Austrittsöffnung sicherer sei, aber eine verminderte Reinigungswirkung produziere. Vor allem in jüngster Vergangenheit lässt sich eine Zunahme an Empfehlungen für ein spezifisches Spülkanülen-Design erkennen (Abb. 27).

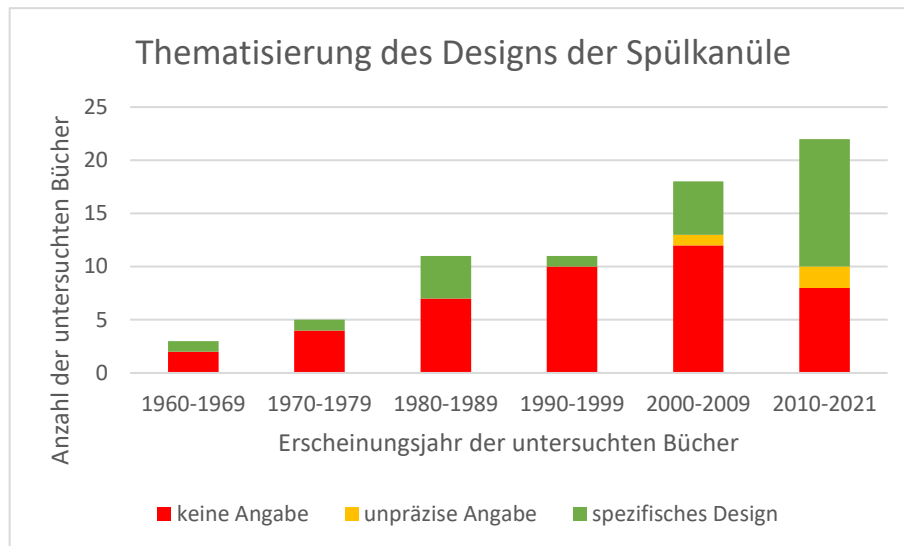


Abb. 27: Angaben zum Design der Spülkanüle im zeitlichen Verlauf

### 3.9 Applikationstechnik der Desinfektionslösungen

Zwei der untersuchten Lehrbücher liefern konkrete Fließgeschwindigkeiten, mit der die Desinfektionsflüssigkeit in das Wurzelkanalsystem appliziert werden sollte, 44 machen eine unpräzise und 24 keine Angabe (Abb. 28).

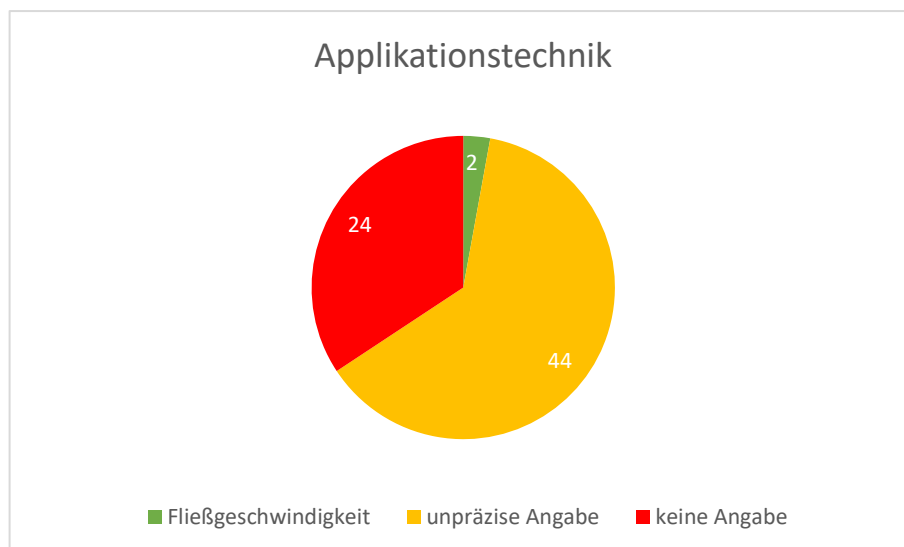


Abb. 28: Empfehlungen für das Einbringen der Spülflüssigkeit

Die beiden aufgeführten Fließgeschwindigkeiten betragen 0,20 bis 0,25 ml/s (Boutsioukis und van der Sluis 2015) und 4 bis 6 ml/min (Haapasalo et al. 2019).

Die in den 44 Lehrbüchern gefundenen unpräzisen Angaben unterscheiden sich nur wenig. Die Desinfektionsflüssigkeit soll mit Hilfe der Spülkanüle langsam (Nicholls 1977; Weine 1982; Hülsmann 2001, 2002; Koçkapan 2003d; Chong 2007; Hülsmann 2008; Gutmann und Lovdahl 2011; Klimm et al. 2011; Siqueira und Lopes

2011; Hülsmann und Schäfer 2019c; Baxter 2021) oder vorsichtig (van Thoden Velzen et al. 1988; Berutti und Castellucci 2005; Schäfer 2016), drucklos (Grossman 1968; Fischer 1972; Pyner 1980; Weine 1982; Frank et al. 1984; Ketterl 1984; Briseño und Wichert 1990; Hülsmann 2001, 2002; Peters und Peters 2002; Klimm 2003; Koçkapan 2003d; Hülsmann 2008; Hänni 2010; Gutmann und Lovdahl 2011; Klimm et al. 2011; Chandra und Gopikrishna 2014; Gregorio et al. 2014; Schäfer 2016; Zuolo et al. 2017; Haapasalo und Shen 2018; Hülsmann und Schäfer 2019c; Wenz und Hellwig 2019; Baxter 2021) oder mit dosiertem (Hellwig et al. 2018) beziehungsweise geringem (Guldener et al. 1993; Hülsmann 1993; Brady und Durack 2013; Ricucci und Siqueira 2013) oder minimalem Druck (Zirkel 2006) und ohne Klemmwirkung (Grossman 1968; Nicholls 1977; Pecchioni 1982; Weine 1982; Frank et al. 1984; van Thoden Velzen et al. 1988; Guldener et al. 1993; Stock 1994; Hülsmann 2002; Peters und Peters 2002; Walton und Rivera 2002; Koçkapan 2003d; Berutti und Castellucci 2005; Dumsha und Gutmann 2005; Trope und Debelian 2005; Chong 2007; Hänni 2010; Gutmann und Lovdahl 2011; Hülsmann und Rödiger 2011a; Siqueira und Lopes 2011; Ricucci und Siqueira 2013; Chandra und Gopikrishna 2014; Gregorio et al. 2014; Schäfer 2016; Peters und Arias 2017; Haapasalo und Shen 2018; Whitworth 2020; Baxter 2021) in den Wurzelkanal appliziert werden. Hierzu wird in sieben Büchern das Einbringen der Kanüle bis zum Punkt des Klemmens und anschließendes Zurückziehen um 1 bis 2 mm empfohlen (Hülsmann 1993, 2001, 2002; Koçkapan 2003d; Schäfer 2016; Hülsmann und Schäfer 2019c; Baxter 2021). In sieben weiteren Büchern wird zusätzlich eine leicht pumpende Auf- und Abbewegung der Spülkanüle empfohlen (Peters und Peters 2002; Walton und Rivera 2002; Zirkel 2006; Siqueira und Lopes 2011; Gregorio et al. 2014; Peters und Arias 2017; Zuolo et al. 2017).

Die Thematisierung der Applikationstechnik der Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem nimmt über die Jahre erkennbar zu. Die Applikation wird zwar häufig angesprochen, die Angaben dazu bleiben allerdings größtenteils unpräzise. Lediglich zwei Bücher jüngeren Erscheinungsdatums geben konkrete Fließgeschwindigkeiten für die Spülflüssigkeit an (Abb. 29).

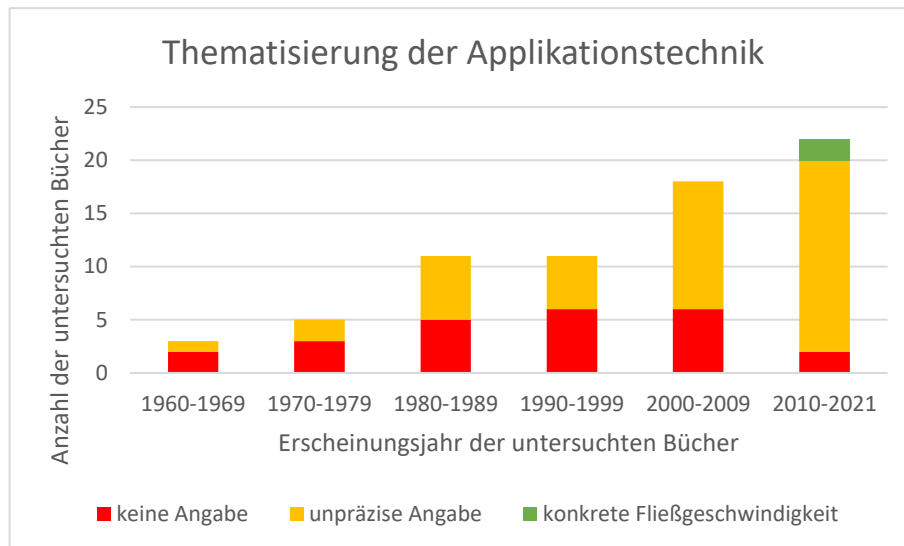


Abb. 29: Angaben zur Applikation im zeitlichen Verlauf

### 3.10 Eindringtiefe der Spülkanüle

18 der untersuchten Lehrbücher liefern eine konkrete Millimeter-Angabe, wie tief die Spülkanüle und somit die Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanal appliziert werden soll. 20 machen eine unpräzise und 32 keine Angabe (Abb. 30). Meist wird sich auf die Arbeitslänge bezogen. Diese beschreibt die Eindringtiefe der Präparationsinstrumente in den Wurzelkanal in Millimetern.

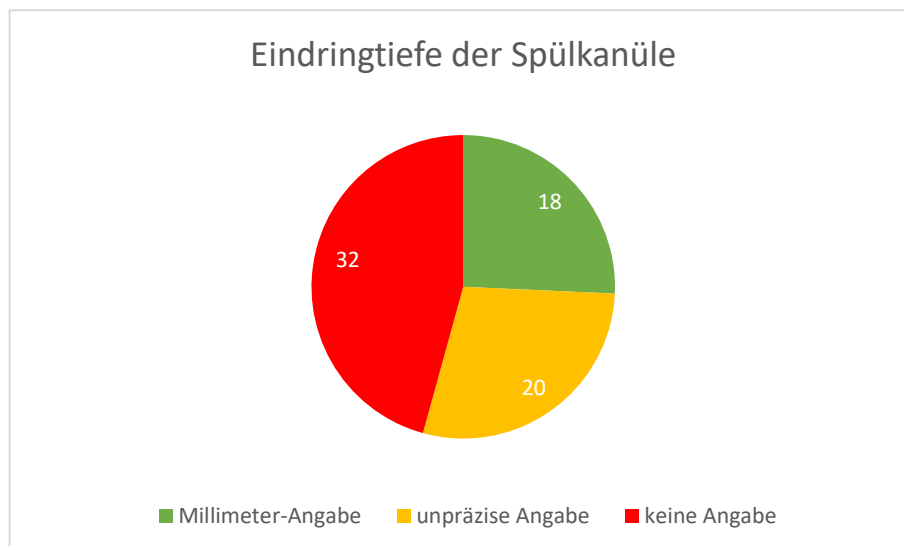


Abb. 30: Empfehlungen zur Eindringtiefe der Spülkanüle

Nur in einem Buch wird eine Eindringtiefe in Abhängigkeit von der verwendeten Spülkanüle genannt. Boutsoukis und van der Sluis (2015) empfehlen eine Insertion bis zur Arbeitslänge oder 1 mm kürzer, wenn eine Spülkanüle mit seitlicher Austrittsöffnung verwendet wird. Handelt es sich um eine Spülkanüle mit terminaler Austrittsöffnung, raten sie zu einer Eindringtiefe von 2 bis 3 mm vor Arbeitslänge.

Bei Berutti und Castellucci (2005) wird die Spülkanüle idealerweise ungehindert bis zur Arbeitslänge eingeführt. In einem Buch wird die Spülkanüle auf Arbeitslänge minus 1 mm eingebracht (Zuolo et al. 2017). Drei Bücher beschreiben eine Eindringtiefe von 1 bis 2 mm weniger als die zuvor bestimmte Arbeitslänge als geeignet (Hülsmann 2008; Peters und Arias 2017; Hülsmann und Schäfer 2019c). Drei Lehrbücher bringen die Spülkanüle auf 1 bis 3 mm (Gregorio et al. 2014; Haapasalo et al. 2019; Baxter 2021), zwei weitere Bücher auf 2 mm (Stock 1994) beziehungsweise wenigstens 2 mm (Brady und Durack 2013) und zwei Autorentams auf 2 bis 3 mm vor Arbeitslänge ein (Hülsmann und Rödiger 2011a; Chandra und Gopikrishna 2014). Ein Buch empfiehlt 3 mm (Haapasalo und Shen 2018), eines eine Bandbreite von 3 bis 4 mm (Hülsmann 1993) und zwei eine von 3 bis 5 mm vor Arbeitslänge (Siqueira und Lopes 2011; Ricucci und Siqueira 2013). Allerdings betonen Siqueira und Lopes (2011), dass der Spülprozess und die Desinfektion des Wurzelkanalsystems umso effektiver sind, je tiefer die Spülkanüle in den Wurzelkanal eingebracht wird. Hellwig et al. (2018) geben mit 4 mm vor Arbeitslänge die größte Distanz an. Grossman (1968) weist darauf hin, die Spülkanüle nicht zu tief einzubringen und dass es in engen Wurzelkanälen genüge, die Spitze in der Wurzelkanalöffnung oder in der Nähe davon zu platzieren. In zwei Büchern wird die Spülkanüle bis zum Anschlag in den Wurzelkanal geschoben (Redtenbacher 1972), wobei Weine (1982) anschließend die Kanüle um wenige Millimeter zurück zieht. Bei Molaren wird die Desinfektionsflüssigkeit nur in die Pulpakammer eingebracht, da die Präparationsinstrumente diese in die Wurzelkanäle hinein befördern (Weine 1982). Ketterl (1984) führt die Spülkanüle um einen Zentimeter in den Wurzelkanal ein. Guldener et al. (1993) möchten ohne nähere Angaben die Desinfektionsflüssigkeit möglichst bis zum Aktionsgebiet bringen. Vier Bücher beschreiben ein tiefes Eindringen der Spülkanüle (van Thoden Velzen et al. 1988; Städtler 1994; Gulabivala und Stock 1997; Beer et al. 2004). In sechs Lehrbüchern findet sich die Angabe, die Spülkanüle im apikalen Drittel des Wurzelkanals zu applizieren (Hülsmann 2001, 2002; Klimm 2003; Koçkapan 2003d; Klimm et al. 2011; Schäfer 2016). Zwei Bücher empfehlen, die Spülkanüle so tief wie möglich in das apikale Wurzelkanaldrittel hineinzuschieben, um sie dann wenige (Klimm 2003) bzw. 1 bis 2 mm zurückzuziehen (Klimm et al. 2011). Auch Schäfer (2016) führt die Kanüle bis zum Punkt des Klemmens ein, um sie danach leicht zurück zu ziehen. Drei weitere Lehrbücher sprechen vom apikalen Bereich (Stock und Gulabivala 2005; Zirkel 2006), beziehungsweise von

Apex-Nähe (Schroeder 1981). Whitworth (2020) bringt die Spülkanüle so nahe an die apikale Konstriktion wie möglich, Hänni (2010) möglichst nahe an die ermittelte Arbeitslänge.

Es lässt sich eine Zunahme an Empfehlungen einer konkreten Eindringtiefe der Spülkanüle im Wurzelkanal erkennen (Abb. 31).

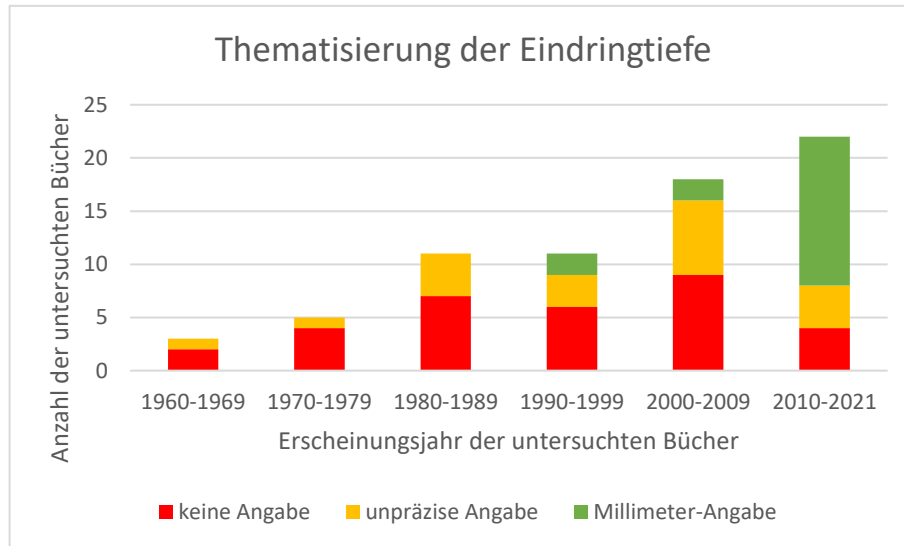


Abb. 31: Angaben zur Eindringtiefe der Spülkanüle im zeitlichen Verlauf

### 3.11 Reihenfolge der Desinfektionsmaßnahmen

Angaben bezüglich der Reihenfolge der verwendeten Desinfektionsflüssigkeiten während der Präparation werden nur selten getätigt, da oft nur mit einer Spüllösung gearbeitet wird. Ob vor Beginn oder am Ende der Präparation unterschiedliche Spüllösungen genutzt werden, wird an anderer Stelle behandelt (s. Kapitel 5.4 und 5.16). Siebzehn Lehrbücher liefern eine Angabe zur Reihenfolge der verwendeten Spüllösungen während der Wurzelkanalpräparation, 53 treffen dazu keine Aussage (Abb. 32).

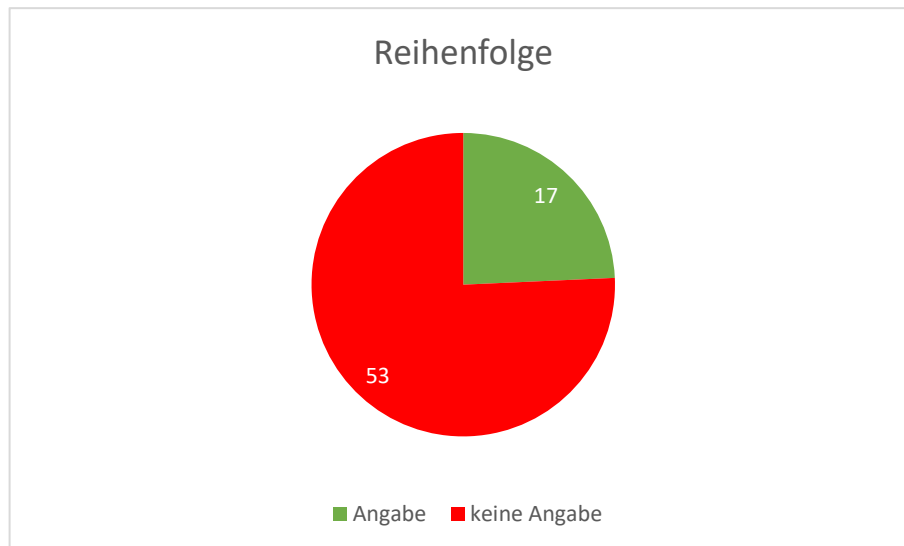


Abb. 32: Reihenfolge der Spülflüssigkeiten während der Präparation

Drei Autoren nutzen während der Präparation NaOCl und EDTA. Berutti und Castellucci (2005) ersetzen nach einem Instrumentenwechsel NaOCl durch EDTA, welches nach dem nächsten Instrumentenwechsel wieder durch NaOCl ausgetauscht wird. Zirkel (2006) spricht von einer Zwischenspülung mit EDTA, welche mindestens für 1 min im Wurzelkanal einwirken soll, ohne näher auf den genauen Zeitpunkt dieser Spülung einzugehen. Auch Zuolo et al. (2017) erwähnen die intermittierende Verwendung von NaOCl und EDTA während der Präparation.

Zwölf Bücher beschreiben eine Wechselspülung von NaOCl und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Grossman 1968; Guldener 1977; Nicholls 1977; Pecchioni 1982; Ketterl 1984; Dietz 1986; Hülsmann 1993; Besner et al. 1994; Nolden und Sauerwein 1994; Hülsmann 2001; Klimm 2003; Koçkapan 2003d). Dietz (1986) beschreibt eine Spülsequenz von NaOCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und NaCl nach jedem Instrumentenwechsel. Grossman (1968) überlässt es den Zahnärzt\*innen, ob sie NaOCl alleinig oder mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> alternierend nutzen möchten, weist aber darauf hin, dass bei einer Wechselspülung zuletzt NaOCl verwendet werden sollte. Auch Guldener (1977), Nicholls (1977), Hülsmann (2001), Klimm (2003) und Koçkapan (2003d) vertreten diese Ansicht.

Karl (1962) überflutet den Wurzelkanal während der Präparation immer wieder mit Wasser, während als Desinfektionsflüssigkeit Schwefelsäure zum Einsatz kommt. Auch Briseño und Wichert (1990) empfehlen eine zwischenzeitliche, neutrale Reinigungsspülung mit destilliertem Wasser oder NaCl.

Die meisten Lehrbücher treffen keine Aussage, in welcher Reihenfolge die empfohlenen Spülflüssigkeiten während der Präparation zur Anwendung kommen. Jedoch



wird eine leichte Abnahme der Empfehlung einer Wechsspülung von  $H_2O_2$  und NaOCl erkennbar, welche in neueren Büchern nicht mehr empfohlen wird (Abb. 33).

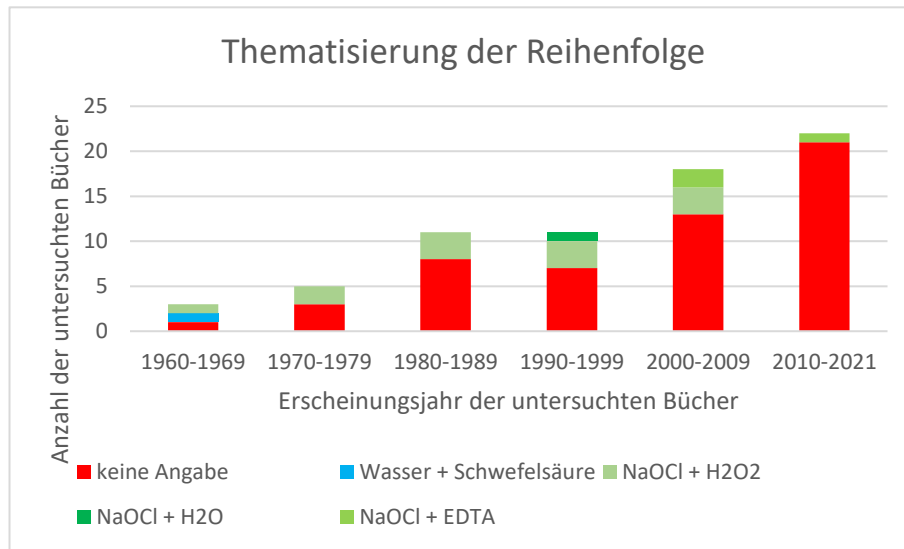


Abb. 33: Angaben zur Reihenfolge im zeitlichen Verlauf

### 3.12 Häufigkeit der Desinfektionsmaßnahmen

Betrachtet man die Angaben, wie oft die Desinfektionslösung während der Präparation ausgetauscht werden soll, werden zwei Herangehensweisen deutlich. 27 Lehrbücher machen einen Austausch der Desinfektionsflüssigkeit abhängig von den verschiedenen im Wurzelkanal verwendeten Instrumenten, während 31 diese Entscheidungsfindung den Zahnarzt\*innen überlassen, aber darauf hinweisen, dass eine regelmäßige Erneuerung der Spüllösung stattfinden muss. In zwölf Büchern findet sich keine Angabe zur Häufigkeit der Desinfektionsmaßnahmen (Abb. 34).

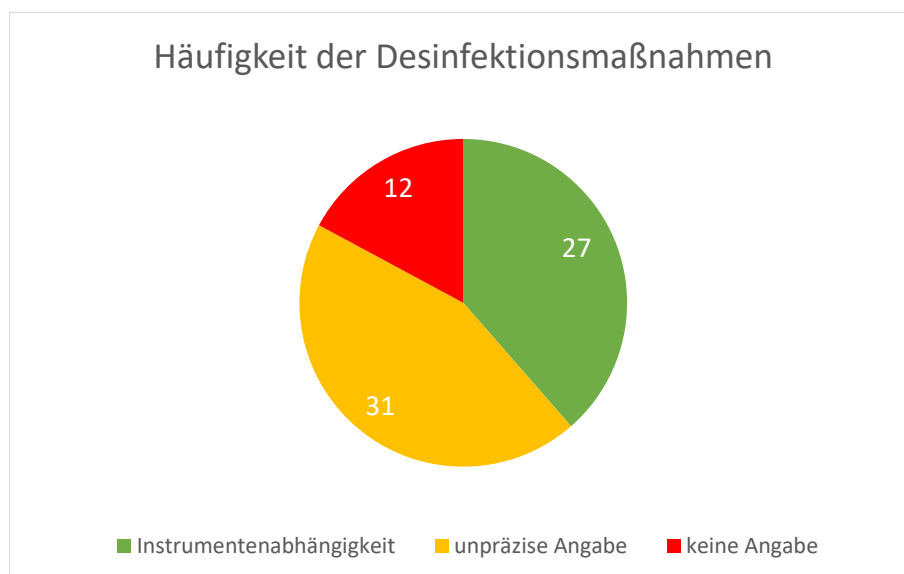


Abb. 34: Häufigkeit der Erneuerung der Desinfektionsflüssigkeit

23 Bücher empfehlen, die Erneuerung der Desinfektionslösung nach jedem Instrumentenwechsel durchzuführen (Redtenbacher 1972; Morse 1974; Pecchioni 1982; Dietz 1986; Hülsmann 1993; Beer und Baumann 1994; Besner et al. 1994; Nolden und Sauerwein 1994; Stock 1994; Hülsmann 2002; Walton und Rivera 2002; Beer et al. 2004; Beer und Briseño 2005; Trope und Debelian 2005; Hülsmann 2008; Hänni 2010; Klimm et al. 2011; Siqueira und Rôças 2011; Brady und Durack 2013; Chandra und Gopikrishna 2014; Schäfer 2016; Zuolo et al. 2017; Baxter 2021).

Lehmann und Hellwig (1998) empfehlen, die Flüssigkeit nach jedem Arbeitsgang zu erneuern, gehen dabei allerdings nicht näher darauf ein, was als Arbeitsgang definiert wird. Hülsmann (2001) und Klimm (2003) geben an, dass ein Austausch der Flüssigkeit angeraten ist, wenn sich die ISO-Größe des Präparationsinstrumentes ändert. Berutti und Castellucci (2005) weisen darauf hin, dass die Lösung kontinuierlich ausgetauscht werden sollte. Dies soll nach zwei bis drei genutzten Handinstrumenten oder nach jedem oder spätestens jedem zweiten rotierenden Präparationsinstrument geschehen.

In 31 Lehrbüchern finden sich unkonkrete Aussagen zum Austausch der Flüssigkeit. Die Autor\*innen sind sich zwar alle einig, dass eine Erneuerung der Desinfektionslösung während der Präparation durchgeführt werden muss. Wann genau dies stattfinden soll, ist jedoch nicht näher beschrieben. Stattdessen wird darauf hingewiesen, dass häufig (Guldener 1977; Frank et al. 1984; van Thoden Velzen et al. 1988; Peters und Peters 2002; Pitt Ford et al. 2002; Koçkapan 2003d; Ricucci und Siqueira 2013; Basrani und Haapasalo 2014; Peters und Arias 2017; Bergmans und Lambrechts 2018; Wenz und Hellwig 2019; Whitworth 2020) oder regelmäßig (Nicholls 1977; Briseño und Wichert 1990; Guldener et al. 1993; Tronstad 2003; Hellwig et al. 2018; Hülsmann und Schäfer 2019c) gespült werden soll. Hellwig et al. (2018) und Bergmans und Lambrechts (2018) empfehlen zusätzlich, dass die Präparation des Wurzelkanalsystems immer im feuchten Milieu zu erfolgen hat. Gängler (1995) gibt an, die Desinfektionsflüssigkeit intermittierend auszutauschen. Vier Autor\*innen wechseln die Spülflüssigkeit ständig (Zirkel 2006; Hülsmann und Rödig 2011a; Boutsoukis und van der Sluis 2015; Haapasalo et al. 2019), zwei mehrmals (Pilz et al. 1980; Stock und Gulabivala 2005), ein anderer spült immer wieder (Städtler 1994). Ein Autor erneuert die Spülflüssigkeit nach der Hälfte der Behandlung (Ketterl 1984), ein weiterer drei bis vier Mal während der gesamten

Behandlung (Grossman 1968). Ein Autor spricht von einer zwischenzeitlichen Spülung (Schroeder 1981). In einem Buch findet sich die Angabe, die Säure zu wechseln, bis sie farb- und geruchlos ist, jedoch nicht, wie häufig dies geschieht (Karl 1962).

Es lässt sich zunächst eine zunehmende Häufigkeit konkreter Empfehlungen erkennen, wenn eine Erneuerung der Desinfektionsflüssigkeit erfolgen soll. Diese wird in Abhängigkeit von den verwendeten Präparationsinstrumenten gesetzt. In jüngster Zeit werden wieder häufiger unpräzise Aussagen getroffen (Abb. 35).

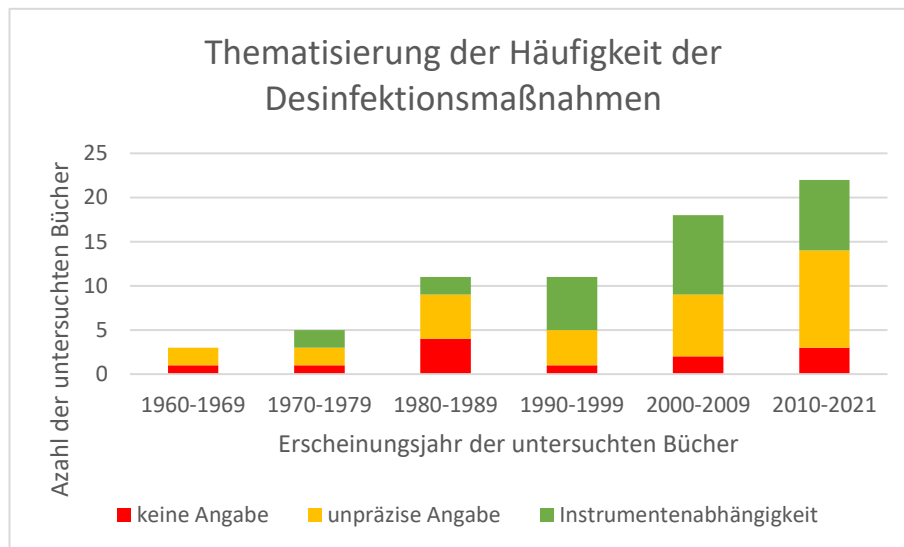


Abb. 36: Angaben zur Häufigkeit der Erneuerung der Desinfektionsflüssigkeit im zeitlichen Verlauf

### 3.13 Volumina der Desinfektionslösungen

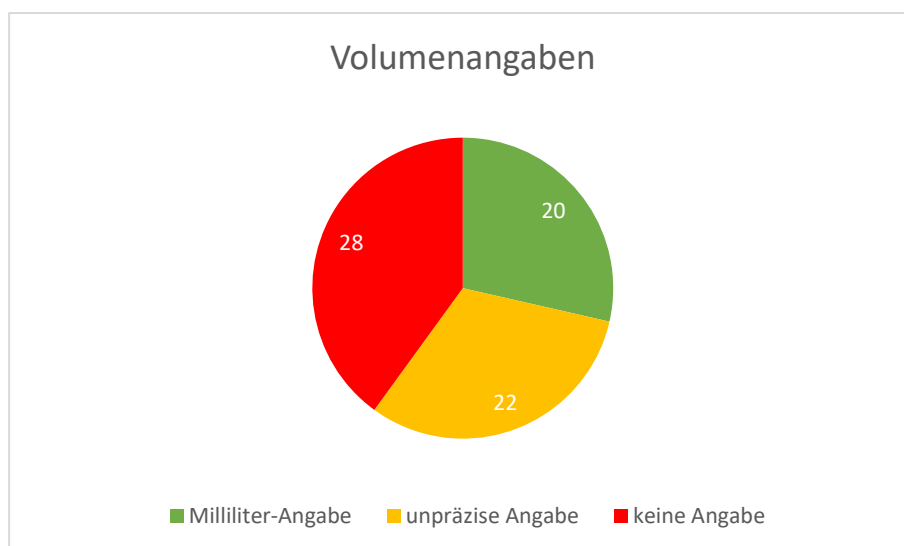


Abb. 35: Zu verwendendes Volumen der Desinfektionslösungen

Auch bei der Angabe über die zu verwendende Menge an Desinfektionslösung lassen sich zwei unterschiedliche Ansätze finden. Ein Teil der Autor\*innen liefert eine

konkrete Milliliter-Angabe, während der andere Teil unpräzise Angaben macht. In 28 Büchern findet sich hierzu keine Angabe (Abb. 36).

Neun Bücher geben an, die Desinfektions-Flüssigkeit nach jedem Instrumentenwechsel auszutauschen. Ein Autorenteam nutzt hierfür 1 bis 2 ml (Berutti und Castellucci 2005), sechs empfehlen 2 ml (Beer und Baumann 1994; Walton und Rivera 2002; Hänni 2010; Siqueira und Rôças 2011; Chandra und Gopikrishna 2014; Baxter 2021), wobei Hänni (2010) darauf hinweist, dass insgesamt mindestens 10 ml verwendet werden sollen. Ein Autor gibt ein Spektrum von 2 bis 5 ml (Schäfer 2016), ein weiterer von 5 bis 10 ml an (Zuolo et al. 2017).

Betrachtet man die elf Angaben pro Wurzelkanal, so geben Beer et al. (2004) mit 20 ml pro Wurzelkanal das größte zu verwendende Volumen an, Hülsmann und Schäfer (2019c) und Hülsmann und Rödiger (2011a) bewegen sich zwischen 10 und 20 ml pro Wurzelkanal. Zirkel (2006) spricht von mindestens 10 ml pro Wurzelkanal und Tronstad (2003) von 10 ml pro Wurzelkanal. In fünf Büchern findet sich die Mengenangabe 2 bis 5 ml pro Wurzelkanal (Hülsmann 2001, 2002; Koçkapan 2003d; Hülsmann 2008; Klimm et al. 2011). Hülsmann (2002) gibt zusätzlich an, dass so lange gespült werden soll, bis die ablaufende Flüssigkeit nicht mehr trüb erscheint. Ein Autor verwendet im Anschluss an die Präparation 5 ml NaOCl und 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> drei bis vier Mal im Wechsel, bis der Wurzelkanal sauber ist (Grossman 1968).

In 22 Büchern findet sich eine nicht genau definierte Angabe zur zu verwendenden Flüssigkeitsmenge. Hülsmann (1993) spricht von mehreren Millilitern nach jeder Instrumentengröße, genauso wie Pitt Ford et al. (2002). Weitere Bücher treffen Aussagen wie reichliche (Patterson und Newton 1983; Trope und Debelian 2005; Ricucci und Siqueira 2013; Basrani und Haapasalo 2014; Whitworth 2020), großvolumige (Weine 1982; Peters und Peters 2002; Gutmann und Lovdahl 2011; Brady und Durack 2013; Wenz und Hellwig 2019) oder ausreichende (Gängler 1995; Stock und Gulabivala 2005; Chong 2007; Haapasalo et al. 2019) Spülung. Ein Autorenteam nutzt durchgängig während der Präparation Desinfektionsflüssigkeit (Basrani und Malkhassian 2015).

Zwei Bücher schreiben ohne Volumenangabe, dass die Desinfektion umso effektiver sei, je mehr Flüssigkeit verwendet wird (Mayer 2005) und das verwendete Volumen wichtiger sei als die Konzentration der verwendeten Desinfektionslösung

(Whitworth 2020). Drei weitere weisen darauf hin, dass der Wurzelkanal stets feucht zu halten ist (Grossman 1968; Pecchioni 1982) und nie im trockenen Wurzelkanal präpariert werden darf (Frank et al. 1984). In einem Buch wird ein Tropfen Desinfektionsflüssigkeit in den Wurzelkanal gegeben, sobald eine Instrumenten-Sequenz komplett genutzt wurde (Ketterl 1984).

Auf das Volumen der Desinfektionsflüssigkeiten wird zunehmend eingegangen. Dabei ist eine zunehmende Häufigkeit definitiver Milliliter-Angabe zu erkennen. In jüngster Zeit werden ähnlich häufig präzise wie unpräzise Aussagen getroffen (Abb. 37).

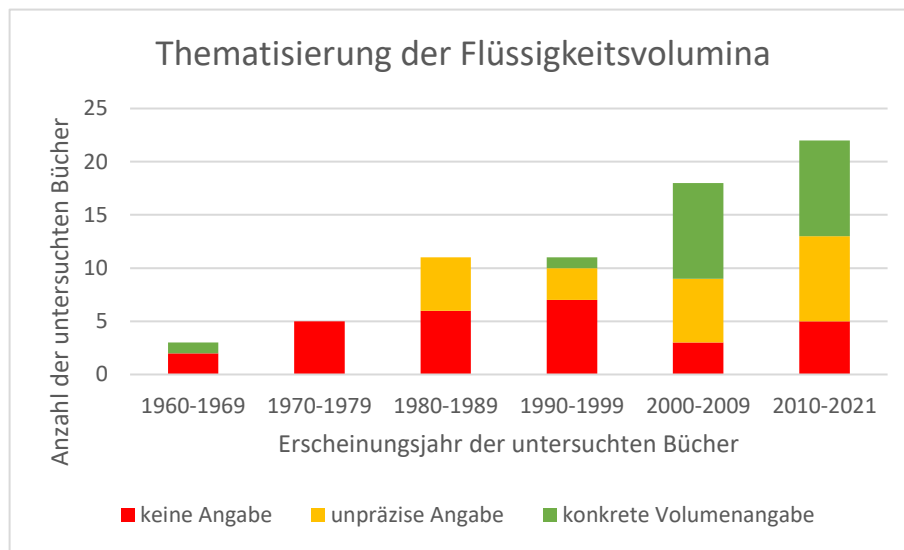


Abb. 37: Angaben zu Flüssigkeitsvolumina im zeitlichen Verlauf

### 3.14 Einwirkzeit der Desinfektionslösungen

Eine Empfehlung, wie lange die Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem verbleiben soll, lässt sich nur in wenigen Büchern finden. Einige wenige Autor\*innen geben eine Minutenanzahl an, andere weisen ohne konkrete Zeitangabe auf die Bedeutsamkeit der Verweildauer hin. Die Mehrheit von 51 Lehrbüchern gibt keine Angabe zur Einwirkzeit der Desinfektionsflüssigkeit (Abb. 38).

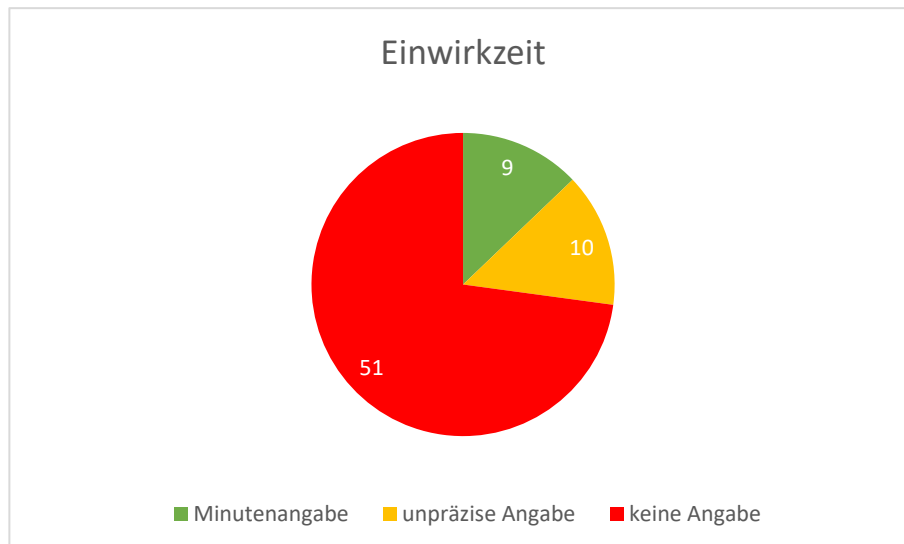


Abb. 38: Empfehlungen zur Verweildauer der Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem

In neun Büchern findet sich eine konkrete Zeitangabe zur Verweildauer der Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem. Ein Buch nennt einen Zeitraum von 5 bis 30 min (Gutmann und Lovdahl 2011), fünf Bücher beschreiben eine Kontaktzeit der Desinfektionsflüssigkeit mit dem Wurzelkanalsystem von mindestens 30 min (Berutti und Castellucci 2005; Zirkel 2006; Hänni 2010; Hülsmann und Rödiger 2011a; Hülsmann und Schäfer 2019c). In zwei Lehrbüchern findet sich die Empfehlung, dass das Wurzelkanalsystem für 30 bis 60 min mit Desinfektionslösung gefüllt sein soll (Hülsmann 2008; Baxter 2021). Peters und Arias (2017) geben an, dass in Studien eine Kontaktzeit von mindestens 40 min diskutiert wird.

In zehn Büchern finden sich Aussagen über die Relevanz der Verweildauer der Desinfektionslösung im Wurzelkanalsystem ohne eine abschließende Empfehlung. Peters und Peters (2002) sprechen von einer suffizienten, Hellwig et al. (2018) von einer angemessenen Einwirkzeit. Basrani und Haapasalo (2014) und Basrani und Malkhassian (2015) weisen darauf hin, dass die Einwirkzeit immer noch Gegenstand aktueller Forschung ist, wobei beide Autorentams anmerken, dass NaOCl instabil ist und somit schnell inaktiv wird. Zwei Lehrbücher betonen die generelle Relevanz der Einwirkzeit (Beer et al. 2004; Mayer 2005). Guldener et al. (1993) geben an, dass die Konzentration der verwendeten Desinfektionsflüssigkeit unerheblich ist, sobald diese eine Einwirkzeit von 10 min übersteigt. Haapasalo et al. (2019) und Ørstavik (2020) beschreiben Studien mit Einwirkzeiten von 10 bis 30 min, ohne eine praktische Empfehlung abzugeben. Auch Chandra und

Gopikrishna (2014) beschreiben, dass die Effektivität der Desinfektion von der Verweildauer und der Kontaktzeit mit der Wurzelkanalwand abhängig ist, geben aber weiterführend keine praxisbezogenen Empfehlungen.

Die Einwirkzeit wird selten angesprochen. Es lässt sich eine leichte Zunahme der Thematisierung der Verweildauer der Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem erkennen. Es werden ähnlich häufig präzise Angaben in Minuten wie unpräzise Aussagen gemacht (Abb. 39).

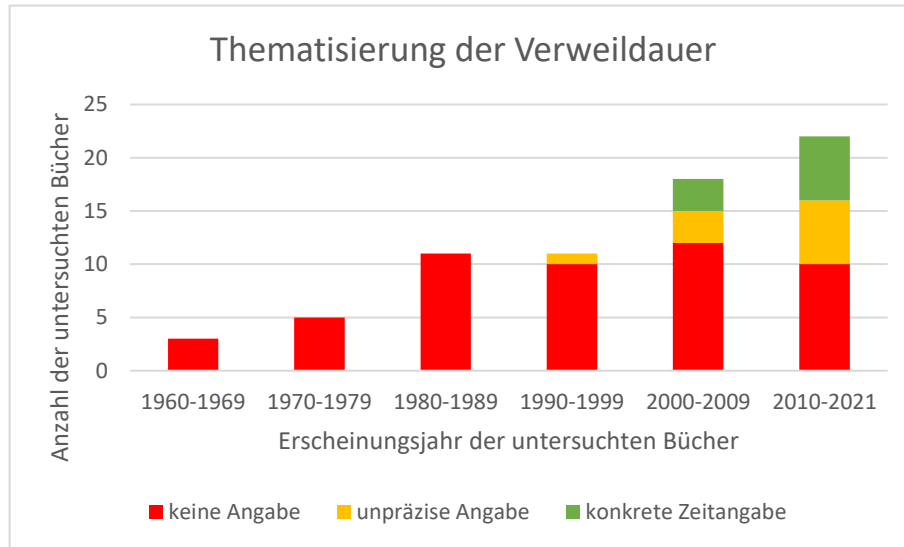


Abb. 39: Angaben zur Verweildauer der Desinfektionsflüssigkeit im Wurzelkanalsystem im zeitlichen Verlauf

### 3.15 Temperatur der Desinfektionslösungen

In 14 Lehrbüchern findet sich eine konkrete Temperatur-Angabe, zehn liefern eine unpräzise Aussage über die Temperatur der Desinfektionsflüssigkeit und 46 machen keine Angabe dazu (Abb. 40). Sofern nicht anders beschrieben, beziehen sich die Angaben dabei immer auf NaOCl.

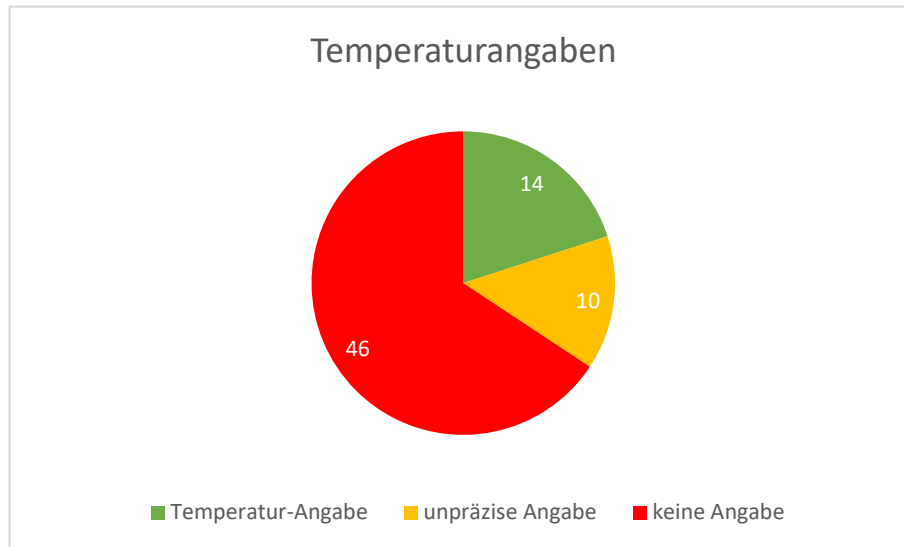


Abb. 40: Angaben zur Temperatur der Desinfektionsflüssigkeiten

Die in den 14 Lehrbüchern angegebene Temperatur bewegt sich zwischen 37° und 60° Celsius. Zwei Bücher schreiben, dass eine Erhöhung der Flüssigkeitstemperatur auf Körperwärme deren Wirksamkeit steigere (Hülsmann 2002; Basrani und Haapasalo 2014). Basrani und Haapasalo (2014) weisen zusätzlich darauf hin, die Flüssigkeit auf nur wenige Grad Celsius über Körpertemperatur zu erwärmen, um das parodontale Ligament nicht zu schädigen. Vier Bücher geben ein Temperatur-Spektrum von 40° bis 60° (Zirkel 2006) und von 45° bis 60° Celsius an (Hänni 2010; Hülsmann und Rödiger 2011a; Haapasalo et al. 2019). Ein Buch empfiehlt eine Erwärmung auf 45° Celsius (Hellwig et al. 2018), eines auf 50° Celsius (Berutti und Castellucci 2005) und vier sprechen sich für eine Temperatur von 60° Celsius aus (Koçkapan 2003d; Hülsmann und Schäfer 2019c; Wenz und Hellwig 2019; Baxter 2021). Hülsmann (2008) gibt an, dass eine Erhöhung der Temperatur, egal ob auf 60° oder 37° Celsius, immer in einer schnelleren Keimreduktion und Steigerung der gewebeauflösenden Wirkung resultiert. Pilz et al. (1980) empfehlen 60° Celsius für Chloramin-Lösung.

Betrachtet man die zehn unpräzisen Angaben zur Temperatur der Desinfektionslösung so beschreiben sechs Bücher ohne konkrete Temperatur-Angabe, dass die Erhöhung der Temperatur die Wirksamkeit der Desinfektionsflüssigkeiten steigert



(Guldener et al. 1993; Hülsmann 1993; Peters und Peters 2002; Klimm et al. 2011; Chandra und Gopikrishna 2014). In einem Lehrbuch wird erwähnt, dass der Temperaturanstieg, der durch eine Aktivierung der Flüssigkeit mit Ultraschall erzielt wird, ausreichend sei (Hülsmann 2001). Haapasalo und Shen (2018) beschreiben ebenso eine Erwärmung der Flüssigkeit durch Aktivierung.

Gutmann und Lovdahl (2011) beschreiben eine Verdopplung der antibakteriellen Wirksamkeit für jeden Temperaturanstieg um 5° Celsius im Bereich von 5 bis 60° Celsius. Es gäbe allerdings keine Studien, die dies mit einer Verbesserung des klinischen Ergebnisses belegen würden. Basrani und Malkhassian (2015) und Whitworth (2020) weisen darauf hin, dass eine Erhöhung der Temperatur von NaOCl dessen gewebeauflösende Eigenschaft steigere, es aktuell aber keine Studien gebe, die das befürworten würden.

Die Temperatur der Desinfektionsflüssigkeit wird selten angesprochen. Allerdings lässt sich eine häufigere Thematisierung der Temperatur der Desinfektionsflüssigkeiten erkennen und es werden immer häufiger konkrete Angaben in Grad Celsius gemacht (Abb. 41).

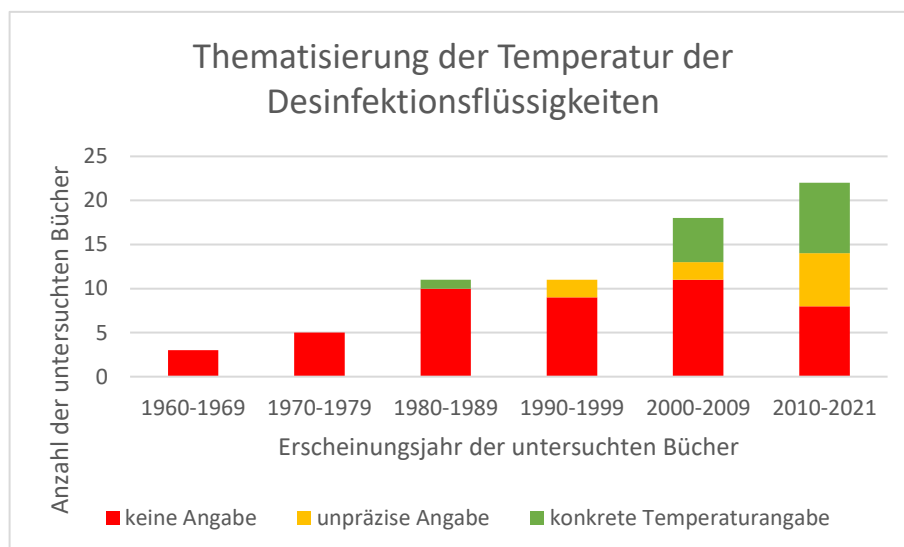


Abb. 41: Angaben zur Temperatur der Lösungen im zeitlichen Verlauf

### 3.16 Gesonderte Abschlusspflung

Eine speziell angesprochene finale Desinfektion nach Abschluss der Präparation, die sich in Volumen, Einwirkzeit oder in der verwendeten Desinfektionsflüssigkeit von den vorherigen Desinfektionsmaßnahmen unterscheidet, findet sich in 50 Lehrbüchern. 47 davon beschreiben Unterschiede in den Desinfektionsflüssigkeiten, ein anderes Volumen oder eine spezielle Einwirkzeit. 20 Lehrbücher führen keine gesonderte Abschlusspflung auf (Abb. 42).

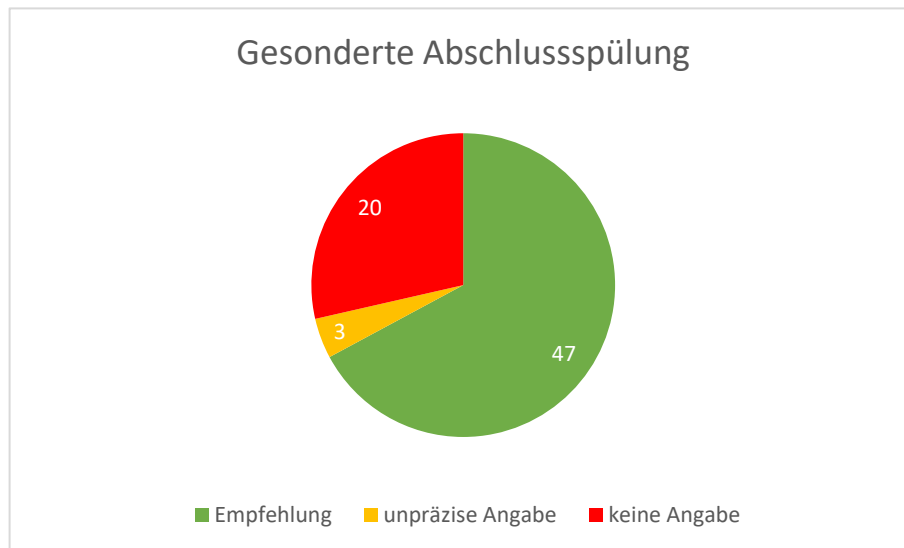


Abb. 42: Empfehlung für eine gesonderte finale Desinfektion

Es lässt sich eine häufigere Empfehlung einer gesonderten finalen Spflung des Wurzelkanalsystems erkennen (Abb. 43).

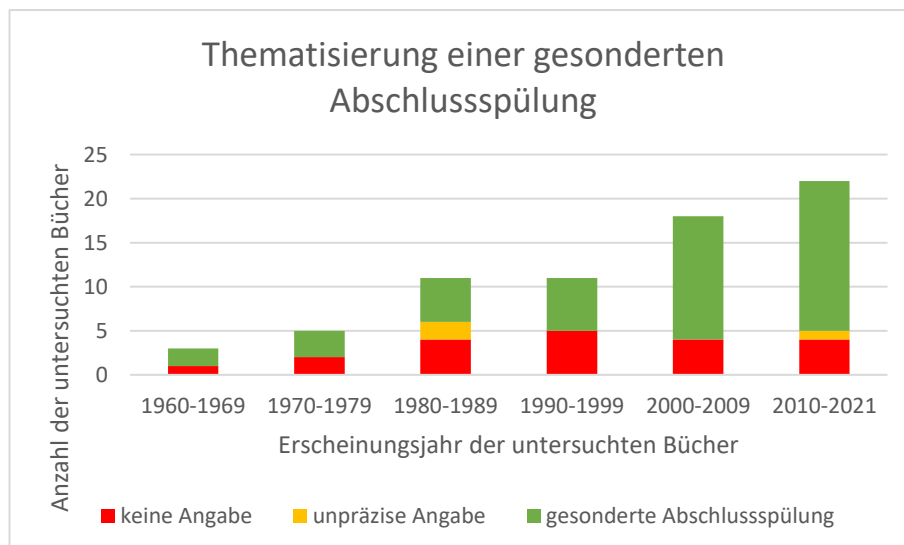


Abb. 43: Angaben einer gesonderten Abschlusspflung im zeitlichen Verlauf

Betrachtet man die von den Autor\*innen für den abschließenden Spülvorgang vorgeschlagenen Flüssigkeiten und deren Anwendung, finden sich große Unterschiede in der Herangehensweise und den zum Einsatz kommenden Spülflüssigkeiten (Abb. 44).

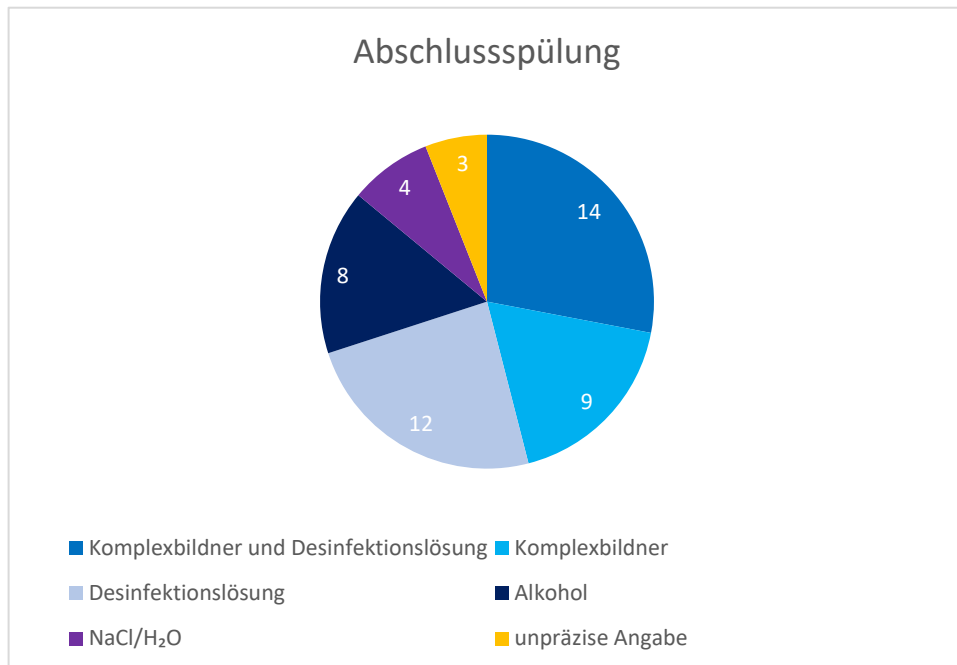


Abb. 44: Für die Abschlusspülung empfohlene Desinfektionsflüssigkeiten

14 der Autor\*innen, die eine Abschlusspülung gesondert aufführen, nutzen zuerst einen Komplexbildner wie EDTA oder Zitronensäure, um die entstandene Schmier-schicht aufzulösen. Im Anschluss daran wird noch einmal eine Flüssigkeit mit des-infizierender Eigenschaft angewandt. In fünf Lehrbüchern finden sich eine empfo-hlene Verweildauer und eine Volumenangabe des Komplexbildners oder der Desin-fektionslösung. Pitt Ford et al. (2002) geben 5 bis 10 ml EDTA und eine Verweil-dauer von mindestens 5 min an, welches ebenfalls noch einmal durch eine nicht näher definierte Menge an NaOCl ersetzt wird. Hänni (2010) verwendet mindestens 1 ml EDTA für 1 min und im Anschluss 10 ml NaOCl-Lösung pro Wurzelkanal. Siqueira und Lopes (2011) und Ricucci und Siqueira (2013) nutzen abschließend 5 bis 10 ml EDTA für 1 bis 3 min gefolgt von 5 bis 10 ml NaOCl, welches ebenso für 1 bis 3 min im Wurzelkanal verweilen soll. Hülsmann und Schäfer (2019c) empfeh-len 5 ml EDTA pro Wurzelkanal für 30 bis 60 s und eine anschließende hochvolu-mige NaOCl-Spülung. In drei Büchern findet sich eine Verweildauer des Komplexbildners EDTA von 1 min und eine abschließende NaOCl-Spülung, welche bei Basrani und Haapasalo (2014) 30 s in Anspruch nehmen soll (Dumsha und Gut-mann 2005; Basrani und Haapasalo 2014; Peters und Arias 2017). Klimm et al.

(2011) verwenden 5 ml EDTA pro Wurzelkanal, gefolgt von 5 ml NaOCl oder 5 ml CHX oder sogar beides in Kombination. Whitworth (2020) nutzt ebenfalls EDTA, allerdings ohne Zeit- und Volumenangabe, welches dann durch CHX ersetzt wird. Dieses soll für mindestens 1 und bis zu 5 min im Wurzelkanalsystem verbleiben. Baxter (2021) nutzt zuerst 5 ml EDTA und anschließend 5 ml NaOCl pro Wurzelkanal.

Chandra und Gopikrishna (2014) belassen EDTA für 1 min im final präparierten Wurzelkanal, welches danach durch NaOCl ohne Volumenangabe ersetzt wird. In zwei Lehrbüchern werden als vorletzte Spülflüssigkeiten EDTA und anschließend NaOCl verwendet, ohne weiter auf die Verweildauer oder das Volumen einzugehen (Peters und Peters 2002; Berutti und Castellucci 2005).

In neun Büchern werden EDTA oder Zitronensäure als Komplexbildner als finale Spülflüssigkeit ohne darauffolgende Desinfektionsflüssigkeit genutzt (Hülsmann 2001, 2002; Tronstad 2003; Beer et al. 2004; Trope und Debelian 2005; Hülsmann und Rödiger 2011a; Basrani und Malkhassian 2015; Haapasalo und Shen 2018; Haapasalo et al. 2019).

In zwei Büchern findet sich eine Mengenangabe von 10 ml EDTA pro Wurzelkanal nachdem zuvor mit 10 ml NaOCl-Lösung desinfiziert wurde (Hülsmann 2001, 2002). Beer et al. (2004) empfehlen eine Abschlussspülung mit einem Komplexbildner nur, wenn anschließend Kalziumhydroxid als medikamentöse Zwischeneinlage bis zur nächsten Behandlungssitzung eingebracht wird. Trope und Debelian (2005) spülen zuletzt mit EDTA ohne Mengenangabe und geben zusätzlich eine anschließende, optionale Verwendung von CHX an. Basrani und Malkhassian (2015) empfehlen eine Verweildauer des Komplexbildners von 1 min. Eine anschließende Verwendung von nochmalig NaOCl, CHX, Alkohol oder bloßes Trocknen der Wurzelkanäle mit Papierspitzen wird als optional angegeben. Sollte nach der Entfernung des Smear Layers doch noch einmal NaOCl zum Einsatz kommen, so Haapasalo und Shen (2018) und Haapasalo et al. (2019), dann für weniger als 30 s, um die Struktur des Dentins nicht zu sehr zu schwächen.

In zwölf Büchern kommt als abschließende Spüllösung nur eine Desinfektionsflüssigkeit ohne Komplexbildner zur Anwendung. Hülsmann (2008) nutzt hierfür 10 ml NaOCl pro Wurzelkanal, Schäfer (2016) 5 bis 10 ml NaOCl pro Wurzelkanal, optional gefolgt von 2 bis 5 ml CHX pro Wurzelkanal. Beer und Baumann (1994) und

Hellwig et al. (2018) empfehlen 5 ml NaOCl pro Wurzelkanal. Zwei Bücher nutzen NaOCl als letzte Desinfektionsflüssigkeit ohne Zeit- oder Volumenangabe (Nolden und Sauerwein 1994; Klimm 2003). In drei Büchern wird eine finale Spülung alternierend mit NaOCl- und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Lösung propagiert. In einem Lehrbuch wird diese Wechselspülung so lange durchgeführt, bis kein Aufschäumen mehr auftritt. Im Anschluss wird erst eine Silbernitrat- und dann eine Iod-Lösung eingefüllt. Das soll die Wurzelkanalwand mit einem Iod-Silber-Belag auskleiden (Redtenbacher 1972). In einem anderen Buch werden 5 ml jeder Flüssigkeit im Wechsel angewendet, bis der Wurzelkanal sauber ist (Grossman 1968), während ein Autor dazu weder Volumen noch Einwirkzeit nennt (Koçkapan 2003d). In drei weiteren Büchern wird nur H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als letzte Spülflüssigkeit genutzt (Schroeder 1981; Ketterl 1984; Sobkowiak und Wegner 1985).

In sechs Lehrbüchern wird Alkohol ohne Zeit- oder Volumenangabe als finale Spülflüssigkeit angegeben (Guldener 1977; Briseño und Wichert 1990; Guldener et al. 1993; Gängler 1995; Zirkel 2006), wobei Hülsmann (1993) die Verwendung von Alkohol als optional angibt. Walton und Rivera (2002) spülen mit 1 bis 2 ml. Patterson und Newton (1983) empfehlen 2 bis 3 ml und eine Verweildauer von 2 bis 3 min.

Ein Buch empfiehlt 10 bis 20 ml NaCl pro Wurzelkanal (Zuolo et al. 2017), ein weiteres NaCl ohne Mengenangabe (Dietz 1986) und zwei nutzen steriles Wasser (Karl 1962; Nicholls 1977).

Zwei Bücher sprechen sich gegen die Verwendung von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als finale Spülflüssigkeit aus, wegen des freigesetzten Sauerstoffes und des damit verbundenen Druckanstiegs (Pecchioni 1982; Weine 1982), nennen allerdings keine Alternative. In einem Buch findet sich der Hinweis, dass NaOCl nicht als letzte Desinfektionsflüssigkeit zur Anwendung kommen soll, wenn der Wurzelkanal mit einem auf Kunstharz basierten Füllmaterial verschlossen wird, da die Klebefähigkeit von Füllmaterial an Dentin verändert werden könnte. Alternativen dazu seien EDTA- oder CHX-Lösung (Gutmann und Lovdahl 2011).

Betrachtet man die zur finalen Spülung angegebenen Flüssigkeiten lässt sich eine Abnahme einer Empfehlung von Wasser, Kochsalz und Alkohol erkennen. Die Empfehlung, einen Komplexbildner zu verwenden, nimmt zu. In jüngster Zeit wird häufig eine anschließende, wiederholte Spülung des Wurzelkanals mit einer Desinfektionsflüssigkeit propagiert (Abb. 45).

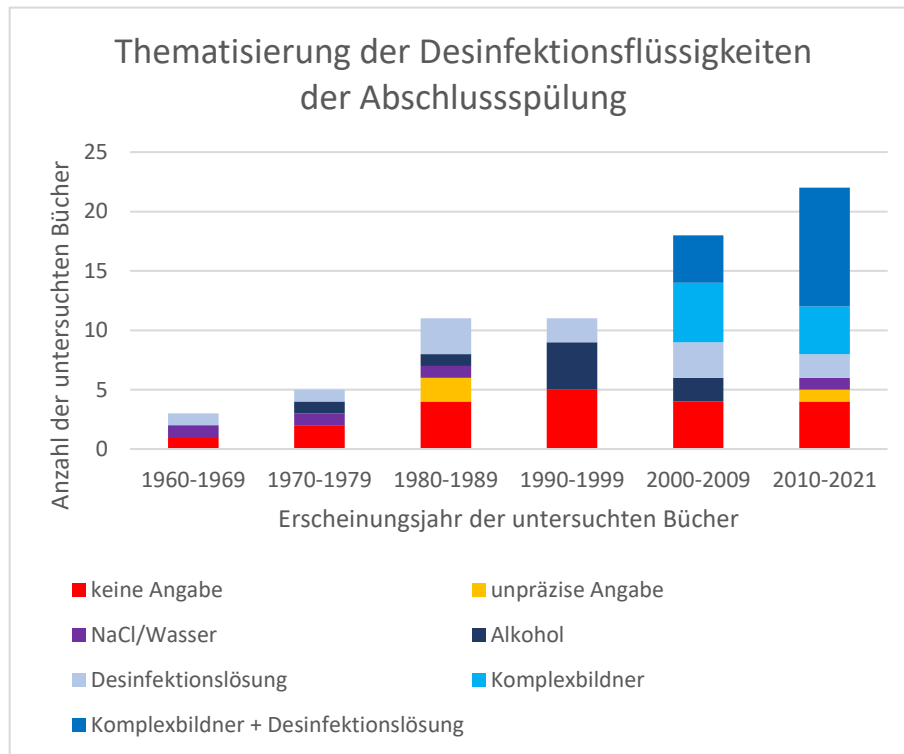


Abb. 45: Angaben zur Abschlussspülung im zeitlichen Verlauf

### 3.17 Aktivierung der Desinfektionslösungen

38 der untersuchten Lehrbücher sprechen sich für eine Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeit aus, um deren Reinigungswirkung zu intensivieren. Zwölf geben dazu konkrete Empfehlungen, allerdings in der Regel nur zur passiven Ultraschall-Aktivierung (PUI). Dabei wird eine kleine Feile der ISO-Größe 08 bis 15 passiv und ohne Wandkontakt in den Wurzelkanal eingebracht und in Schwingung versetzt. Ein Buch thematisiert eine Aktivierung ohne abschließende Empfehlung und 31 machen keine Angabe (Abb. 46).

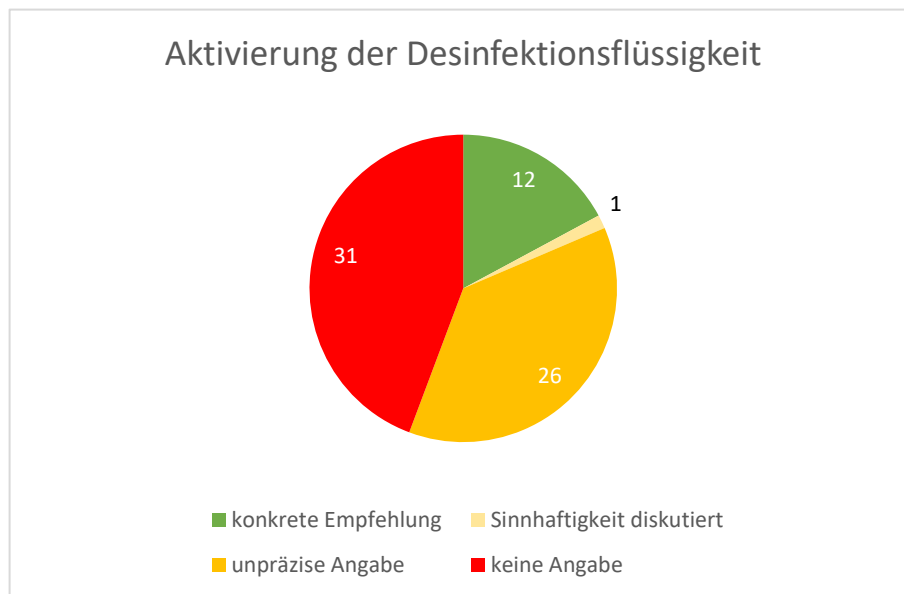


Abb. 46: Empfehlung einer Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeiten

Bei Berutti und Castellucci (2005) findet sich die detaillierteste Beschreibung. Ein Instrument der ISO-Größe 15 wird auf Arbeitslänge minus 2 mm eingebracht und EDTA für 1 min bei 20 bis 25 % der Leistungsintensität in Schwingung gebracht. Danach wird die Spüllösung durch auf 50° Celsius erwärmtes NaOCl ersetzt und auf die gleiche Art wie das EDTA für 3 min ultraschall-aktiviert. Dumsha und Gutmann (2005) bringen das zur Aktivierung genutzte Instrument auf Arbeitslänge ein und versetzen die Desinfektionslösung für 60 bis 120 s in Schwingung. Hülsmann und Rödiger (2011b) aktivieren die Desinfektionsflüssigkeit mit der PUI für 20 bis 30 s pro Wurzelkanal. Bei Klimm et al. (2011) wird die Spüllösung ebenso für 1 min in drei Zyklen von 20 s aktiviert. Es findet sich hier die Ergänzung, dass nach jedem Zyklus der Wurzelkanal mit 2 ml NaOCl gespült werden soll und sich immer 3 ml Flüssigkeit im Wurzelkanal befinden sollen. Auch Whitworth (2020) und Baxter (2021) aktivieren NaOCl dreimal für 20 s und erneuern nach jedem Zyklus die Spüllösung. Basrani und Haapasalo (2014) aktivieren mit Ultraschall für 30 s

pro Wurzelkanal mit frischer NaOCl-Lösung, nennen aber auch die Möglichkeit der photodynamischen Aktivierung. Chandra und Gopikrishna (2014) nutzen Ultraschall ohne nähere Angaben, besprechen aber eine manuelle Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeit (MDA). Hierzu verwenden sie einen gut angepassten Guttapercha-Stift, der mit einer Frequenz von 100 Bewegungen pro 30 s im flüssigkeitsgefüllten Wurzelkanal 2 bis 3 mm auf und ab bewegt werden soll. Basrani und Malkhassian (2015) aktivieren frisch eingebrachtes NaOCl mit Ultraschall, Schall oder Laser für 30 s pro Wurzelkanal, sobald die mechanische Wurzelkanalpräparation abgeschlossen ist. Schäfer (2016) empfiehlt, NaOCl mit einer kleinen Feile in drei Sequenzen zu aktivieren, wovon eine jeweils 20 s dauern soll. Zuolo et al. (2017) nutzen Ultraschall für 1 bis 3 min pro Wurzelkanal mit einer Ultraschallfeile der ISO-Größe 10 bis 15, welche etwas kürzer als die Arbeitslänge in den Wurzelkanal eingeführt wird. Hülsmann und Schäfer (2019c) sprechen von einer Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeit im unteren Schwingungsspektrum von 10 s bis zu 3 min ohne Wandkontakt. Dabei kann die Temperatur der Flüssigkeit auf bis zu 55° Celsius ansteigen. Alternativ kann auch eine photodynamische Aktivierung mit Hilfe eines Lasers erfolgen.

Ein Buch verweist darauf, dass eine Aktivierung von NaOCl mit Hilfe von Schall oder Ultraschall zwar befürwortet werde, die Effizienz dieser Kombination allerdings unterschiedlich beurteilt wird (Gutmann und Lovdahl 2011).

26 Bücher empfehlen eine Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeit durch Ultraschall- oder Schallunterstützung (van Thoden Velzen et al. 1988; Briseño und Wichert 1990; Guldener et al. 1993; Hülsmann 1993; Städtler 1994; Hülsmann 2001, 2002; Peters und Peters 2002; Pitt Ford et al. 2002; Klimm 2003; Koçkapan 2003d; Beer et al. 2004; Beer und Briseño 2005; Zirkel 2006; Hülsmann 2008; Siqueira und Rôças 2011; Hellwig et al. 2018; Wenz und Hellwig 2019). Sechs davon verweisen alternativ zur PUI auf die Möglichkeit, die Desinfektionslösung mit Hilfe eines Lasers photodynamisch zu aktivieren (Beer und Baumann 1994; Walton und Rivera 2002; Blicher et al. 2016; Peters und Arias 2017; Haapasalo und Shen 2018; Haapasalo et al. 2019). Zwei weitere Bücher geben neben der PUI an, dass die Desinfektionsflüssigkeit auch mit Hilfe der MDA erfolgen kann (Hänni 2010; Brady und Durack 2013).



Eine Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeiten wird zunehmend empfohlen (Abb. 47). Je neuer die Bücher, desto häufiger werden zusätzlich konkrete, praktische Handlungsempfehlungen der Aktivierung angeben.

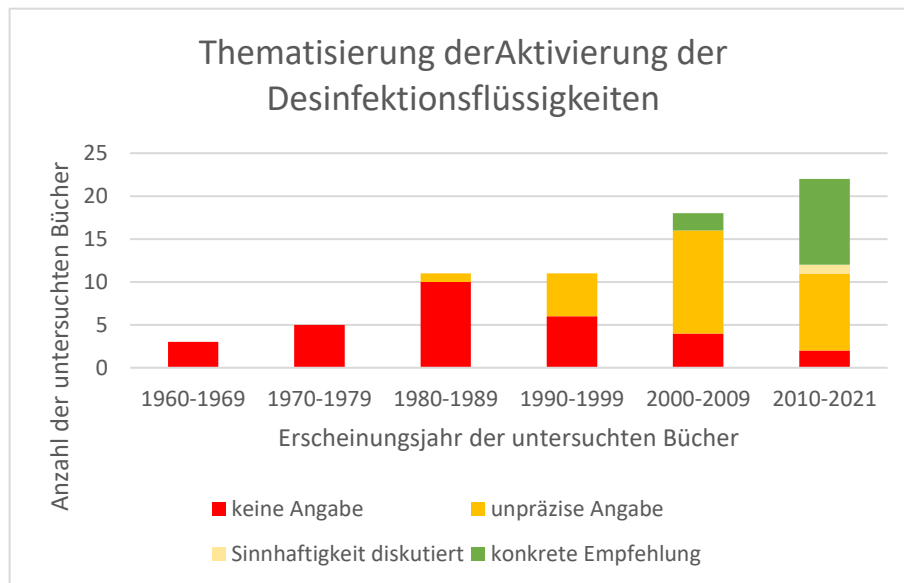


Abb. 47: Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeiten im zeitlichen Verlauf

### 3.18 Unterscheidung zwischen infiziertem und nicht infiziertem Endodont

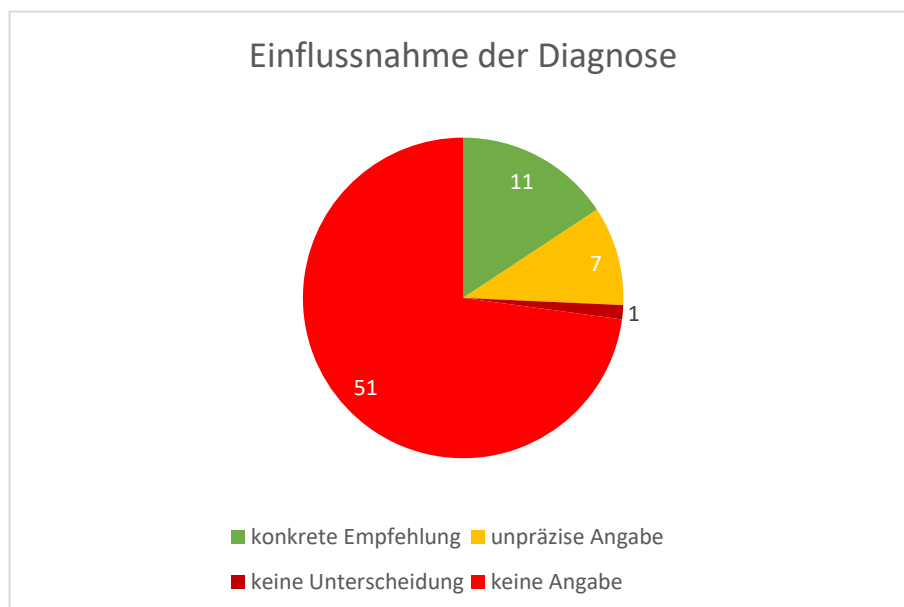


Abb. 48: Berücksichtigung der Diagnose für die Desinfektionsmaßnahmen

Die Diagnose des Endodonts hat bei nur wenigen Lehrbüchern Einfluss auf die Desinfektionsmaßnahmen. 18 Bücher schildern mehr oder weniger ausführlich eine Dif-

ferenzierung ihrer Desinfektionsmaßnahmen, 51 Bücher machen hierzu keine Angabe (Abb. 48). Ein Buch empfiehlt explizit, bei Wurzelkanalbehandlungen immer einheitlich vorzugehen (Klimm 2003).

Elf Bücher geben konkrete Verfahrensanweisungen in Abhängigkeit von der Diagnose an. Zwei Lehrbücher nutzen bei nicht infizierter Pulpa nur NaCl (Patterson und Newton 1983; Gängler 1995), zwei nur NaCl oder H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Pecchioni 1982; Dietz 1986). Pilz et al. (1980) verzichten sogar komplett auf eine chemische Desinfektion und präparieren den Wurzelkanal nur mechanisch. Drei Autorenteamen raten zu einer möglichst einzeitigen Behandlung (Siqueira und Lopes 2011; Ricucci und Siqueira 2013; Siqueira und Rôças 2016). Zwei Lehrbücher verändern ihre Präparationsgröße im Fall einer Infektion. Guldener (1977) empfiehlt eine Mindestpräparationsgröße von ISO 40 bis 45 anstatt von ISO 30 bei nicht infiziertem Endodont, Klimm et al. (2011) präparieren um mindestens vier anstatt drei ISO-Größen größer als die IAF. Hülsmann und Schäfer (2019c) raten davon ab, bei nicht infiziertem Endodont CHX als Desinfektionsflüssigkeit zu nutzen.

Bezogen auf die sieben Bücher mit unpräzisen Aussagen weisen zwei davon ohne nähere Angaben darauf hin, dass die Präparation und die Desinfektion des Wurzelkanalsystems vom Infektionsstatus des Wurzelkanals abhängig sind (Mayer 2005; Chandra und Gopikrishna 2014). Hülsmann (2008) spült umso häufiger und intensiver, je stärker der Wurzelkanal vermutlich infiziert ist. Whitworth (2020) betont die Wichtigkeit der Asepsis bei Vorliegen einer vitalen Pulpa, da die Wurzelkanalwände nicht infiziert sind. Baxter (2021) rät, im Falle eines infizierten Endodonts Einwirkzeit und Volumen von NaOCl zu erhöhen. Hülsmann und Rödiger (2011a) überlassen die Entscheidungsfindung über die Desinfektionsflüssigkeit den Zahnärzt\*innen, weisen aber darauf hin, dass im Falle einer nicht infizierten Pulpa lediglich Weichgewebe, aber keine Bakterien entfernt werden müssen. Wenz und Hellwig (2019) nutzen CHX bei persistierenden Schmerzen.

Es wird nur selten unterschieden, ob es sich um ein infiziertes oder nicht infiziertes Endodont handelt, jedoch scheint dies in letzter Zeit vermehrt thematisiert zu werden (Abb. 49).

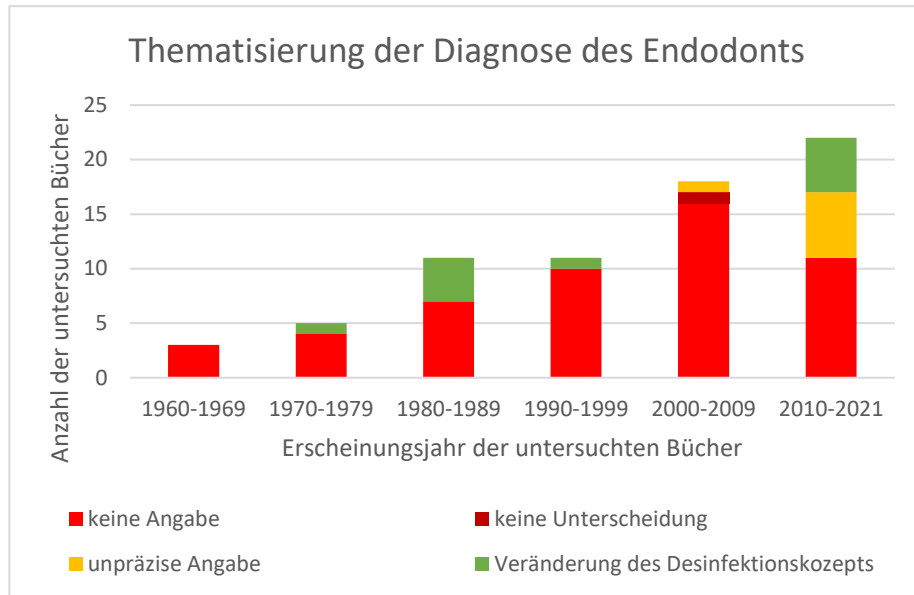


Abb. 49: Berücksichtigung der Diagnose im zeitlichen Verlauf

### 3.19 Unterscheidung zwischen Erst- und Revisionsbehandlung

Sieben Lehrbücher unterscheiden eine Revisionsbehandlung von einer normalen Wurzelkanalbehandlung und verändern dabei ihr Desinfektionskonzept, 16 machen allgemeine Angaben dazu und in 47 wird nicht auf eine Revisionsbehandlung eingegangen (Abb. 50).

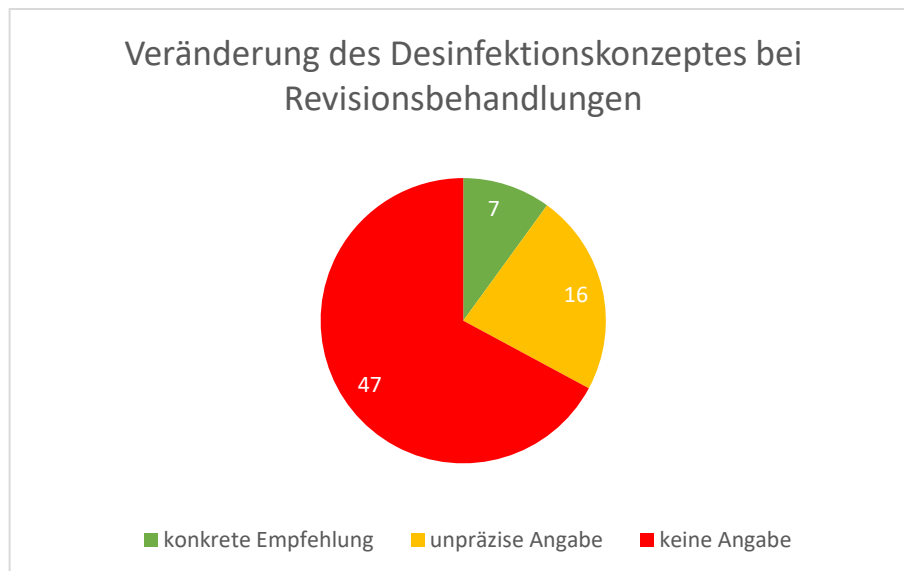


Abb. 50: Berücksichtigung einer Revisionsbehandlung

Sieben Bücher verändern das abschließende Desinfektionsprotokoll mit konkreten Vorgehensangaben, wenn es sich um eine Revisionsbehandlung handelt. Hülsmann (2001) empfiehlt bei Revisionsbehandlungen, um zwei bis drei ISO-Grö-

ßen weiter zu präparieren als bei der initialen Wurzelkanalbehandlung und eine abschließende Desinfektion mit zuerst 0,2 bis 1-prozentigem CHX, gefolgt von 2,5-prozentigem NaOCl. Beer und Briseño (2005) desinfizieren bei einer Revisionsbehandlung abwechselnd mit NaOCl und CHX. Bei Zirkel (2006) wird nach der Präparation das Wurzelkanalsystem zuerst mit Alkohol gespült und danach für mindestens 2 min mit CHX. Hülsmann (2008) verwendet bei seiner Abschlusspülung im Fall einer Revisionsbehandlung zuerst 5 ml EDTA, dann 5 ml CHX, gefolgt von wiederum 5 ml EDTA oder NaCl pro Wurzelkanal. Abschließend wird jeder Wurzelkanal mit 5 ml NaOCl desinfiziert. Hänni (2010) stellt es während der Präparation frei, mit CHX anstatt mit NaOCl zu desinfizieren. Nach abgeschlossener Präparation und Entfernung des *Smear Layers* wird mit 10 ml CHX pro Wurzelkanal gespült. Klimm et al. (2011) nutzen explizit 6-prozentiges NaOCl bei einer Revisionsbehandlung und spülen nach Entfernung des *Smear-Layers* mit 10 statt 5 ml EDTA und anschließend mit reichlich CHX. Hülsmann und Schäfer (2019c) desinfizieren nach der Präparation und Entfernung des *Smear Layers* mit 5 ml CHX. Dieses wird dann aus dem Wurzelkanal entfernt und dieser noch einmal hochvolumig mit NaOCl gespült.

In 16 Lehrbüchern wird eine Revisionsbehandlung nur allgemein angesprochen. Fünf Autorenteam empfehlen ohne weitere Angaben zusätzlich CHX als Desinfektionsflüssigkeit (Beer et al. 2004; Hülsmann und Rödiger 2011a; Sanches Cunha und Da Silveira Bueno 2015; Kvist und van der Sluis 2018; Wenz und Hellwig 2019). Kvist und van der Sluis (2018) empfehlen des Weiteren eine Präparationsgröße bis ISO 35 bis 40. Sechs Bücher beschreiben allgemein, dass eine Revisionsbehandlung eine nochmalige, gründliche Desinfektion des Wurzelkanalsystems umfassen muss (Roda und Gettleman 2002; Tronstad 2003; Dumsha und Gutmann 2005; Mayer 2005; Chong 2007; Ørstavik 2020). Bei Brady und Durack (2013) kann auch eine Iod-Kalium-Iodid-Lösung als letzte Desinfektionslösung zum Einsatz kommen. Zwei Bücher weisen darauf hin, dass eine Revisionsbehandlung zwei oder mehr Behandlungssitzungen umfassen sollte (Siqueira und Lopes 2011; Siqueira und Rôças 2016). Siqueira und Rôças (2016) und Pitt Ford et al. (2002) empfehlen ohne Angaben von Alternativen, andere Präparate als Kalziumhydroxid zwischen den Behandlungen zu nutzen, da bestimmte Bakterien gegen dieses resistent sein können. Zuolo et al. (2017) empfehlen bei Revisionsbehandlungen bei der Präparation ISO-Größen von 40 bis 80.

Es lässt sich eine Zunahme der Thematisierung einer Veränderung des Desinfektionskonzeptes bei Revisionsbehandlungen erkennen (Abb. 51).

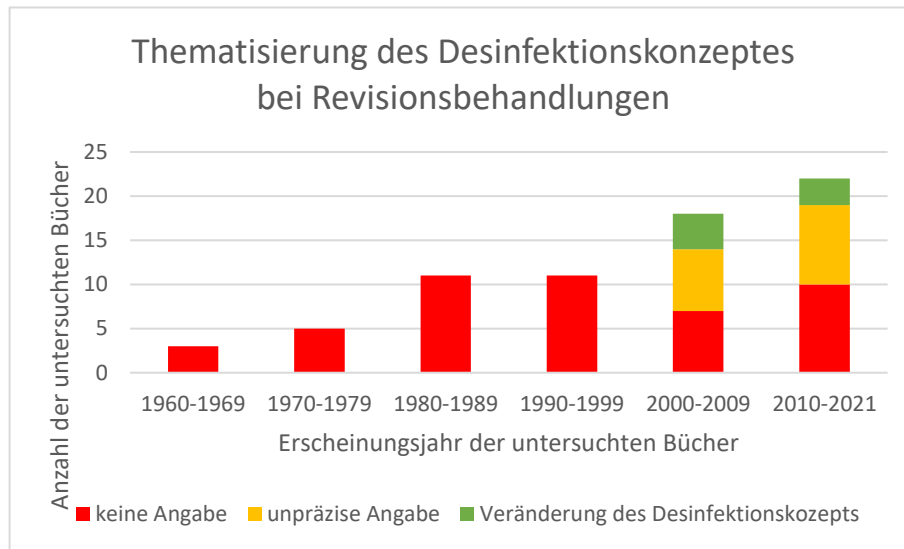


Abb. 51: Angaben zur Desinfektion bei Revisionen im zeitlichen Verlauf

### 3.20 Standardisiertes Spülprotokoll

Nur in zwölf Lehrbüchern finden sich durchgängige Spülprotokolle, 58 der Lehrbücher beschreiben kein standardisiertes Desinfektionsprotokoll (Abb. 52).

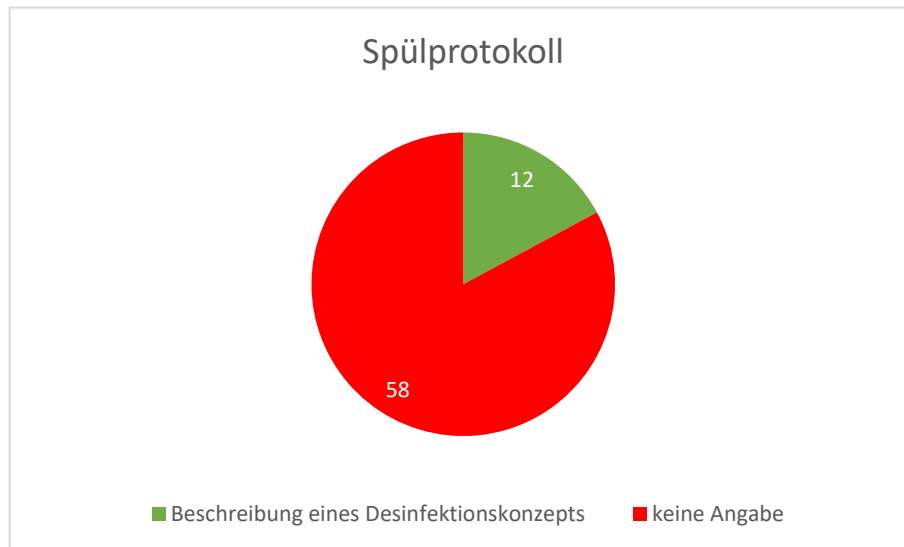


Abb. 52: Beschreibung eines standardisierten Spülprotokolls

Die Desinfektionskonzepte werden im Folgenden chronologisch aufgeführt und schematisch dargestellt. Die Diagramme hierzu wurden selbst erstellt.

Hülsmann (2001) nutzt während der Präparation 2 bis 5 ml NaOCl pro Wurzelkanal. Abschließend wird mit 10 ml NaOCl gespült, gefolgt von derselben Menge EDTA. Optional kann das Wurzelkanalsystem mit 95-prozentigen Alkohol getrocknet werden (Abb. 53).

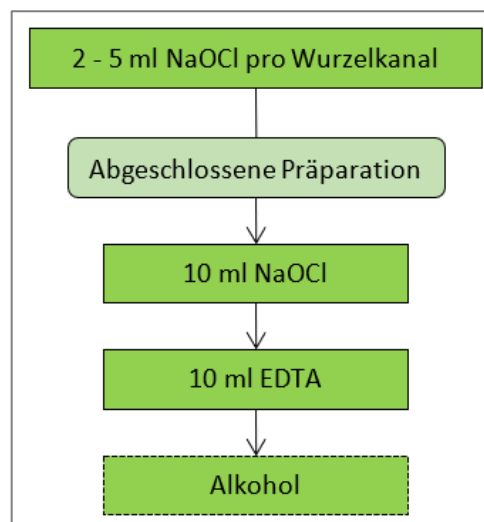


Abb. 53: Desinfektionskonzept nach Hülsmann

Berutti und Castellucci (2005) spülen während der Präparation mit 1 bis 2 ml NaOCl und derselben Menge EDTA, welches alternierend nach ein bis zwei verwendeten

Instrumenten ausgetauscht wird. Als Abschlussspülung wird EDTA für 1 min ohne Volumenangabe angewandt, gefolgt von NaOCl für 3 min. Beides kann mit Ultraschall aktiviert werden (Abb. 54).

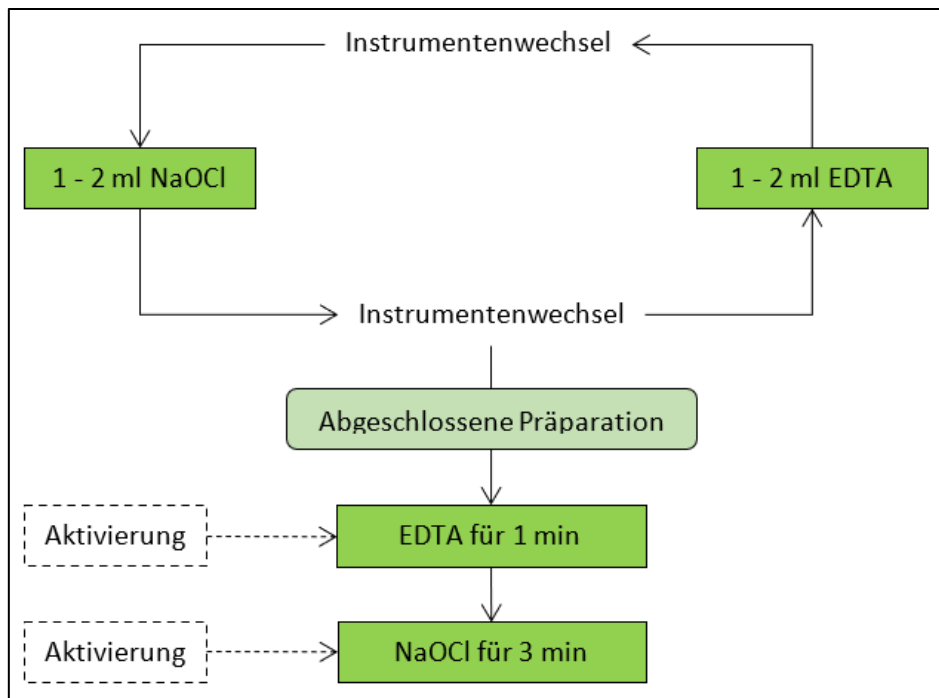


Abb. 54: Desinfektionskonzept nach Berutti und Castellucci

Zirkel (2006) bringt nach der Trepanation NaOCl in das Pulpakavum ein. Während der Präparation sollen mindestens 10 ml NaOCl pro Wurzelkanal genutzt werden.

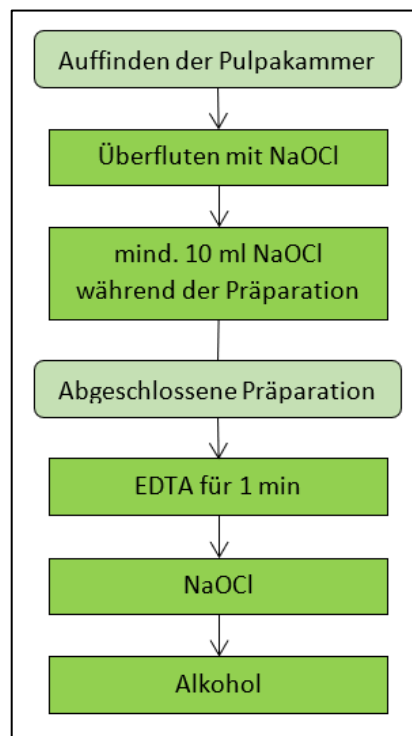


Abb. 55: Desinfektionskonzept nach Zirkel

Als letzte Desinfektionsmaßnahme kommt eine nicht näher definierte Menge EDTA für 1 min zum Einsatz, welches dann wieder durch NaOCl ersetzt wird. Danach wird der Wurzelkanal noch einmal mit einem nicht näher beschriebenen Volumen an Alkohol gespült (Abb. 55).

Bei Hülsmann (2008) wird die Pulpakammer nach der Eröffnung mit NaOCl überschwemmt und mit 2 ml der gleichen Desinfektionsflüssigkeit pro Wurzelkanal und nach jedem Instrumentenwechsel gespült. Als finaler Schritt wird mit 5 ml EDTA gefolgt von weiteren 5 ml NaOCl pro Wurzelkanal desinfiziert. Sowohl EDTA als auch NaOCl werden aktiviert. Im Falle einer Revisionsbehandlung wird jeder Wurzelkanal nach der Spülung mit EDTA mit 5 ml CHX desinfiziert. Danach schließen sich 5 ml NaCl oder EDTA an das CHX an, gefolgt von 5 ml NaOCl pro Wurzelkanal (Abb. 56).

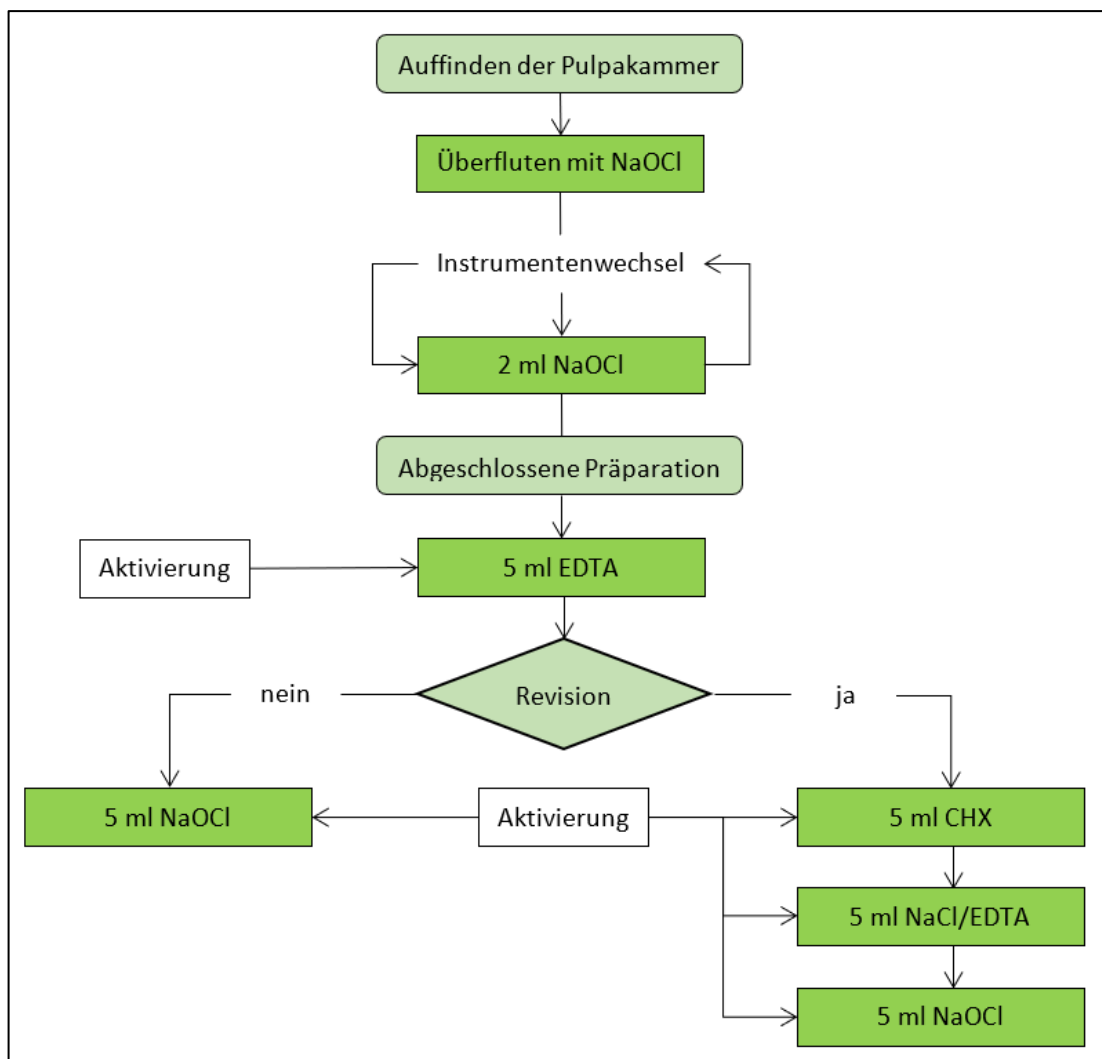


Abb. 56: Desinfektionskonzept nach Hülsmann



Hänni (2010) desinfiziert während der Präparation mit mindestens 10 ml NaOCl pro Wurzelkanal. Zusätzlich wird eine Einwirkzeit von mindestens 30 min angegeben. Handelt es sich um eine Revisionsbehandlung kann mit CHX gespült werden, für welches die gleichen Mengen- und Zeitangaben gelten. Die Desinfektionsflüssigkeit kann während des Präparationsvorgangs wahlweise mit Ultraschall aktiviert werden. Nachdem dieser abgeschlossen ist, wird mit mindestens 1 ml EDTA für mindestens 1 min gespült. Als letztes kommen noch einmal mindestens 10 ml NaOCl, im Falle einer Revisionsbehandlung 10 ml CHX zum Einsatz. Die als letztes im Wurzelkanal verwendete Desinfektionslösung kann wahlweise mit Hilfe von Ultraschall aktiviert werden (Abb. 57).

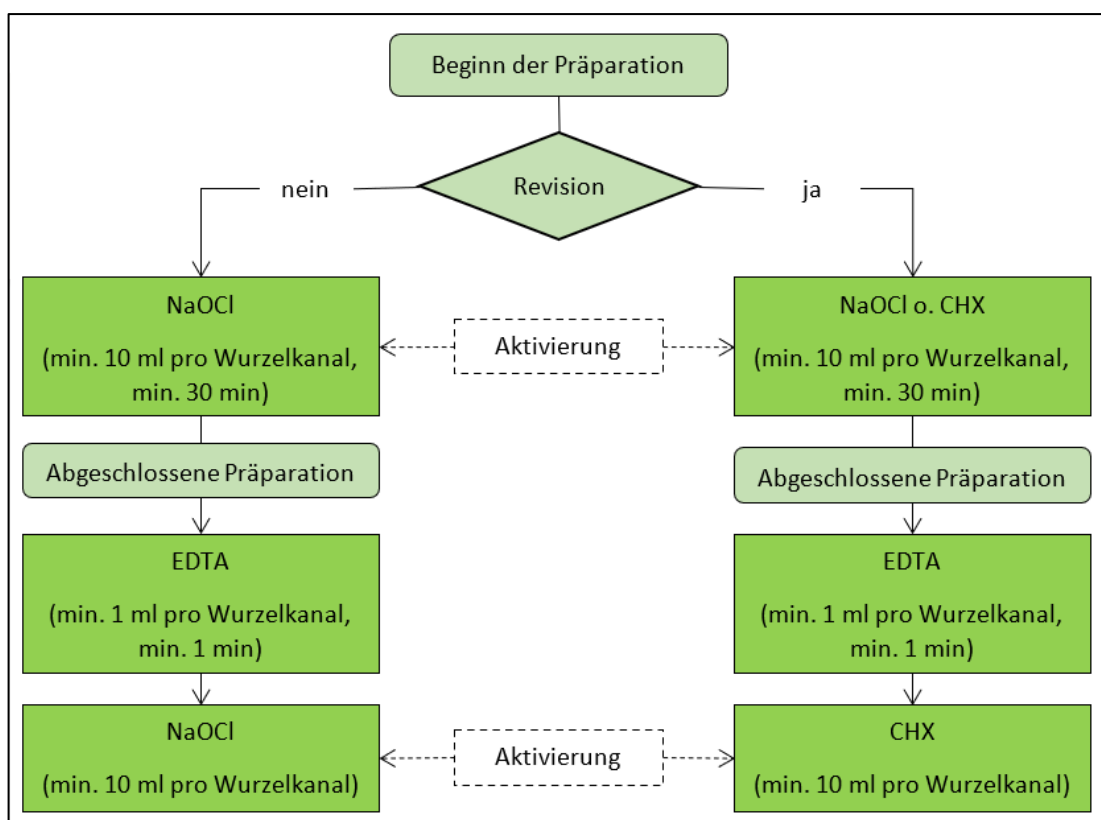


Abb. 57: Desinfektionskonzept nach Hänni

Klimm et al. (2011) nutzen während der Präparation 2 bis 5 ml NaOCl pro Wurzelkanal. Sobald dieser final präpariert ist, wird mit 5 bis 10 ml EDTA für maximal 1 min gespült. Im Anschluss an den Komplexbildner wird noch einmal eine nicht näher beschriebene Menge an NaOCl in den Wurzelkanal eingebracht. Handelt es sich um eine Revisionsbehandlung wird CHX als letzte Desinfektionsflüssigkeit empfohlen (Abb. 58). Um eine Ausfällung von Parachloranilin zu vermeiden, kann entweder mit reichlich CHX gespült oder der Kanal zuvor mit Papierspitzen getrocknet werden (Klimm et al. 2011).

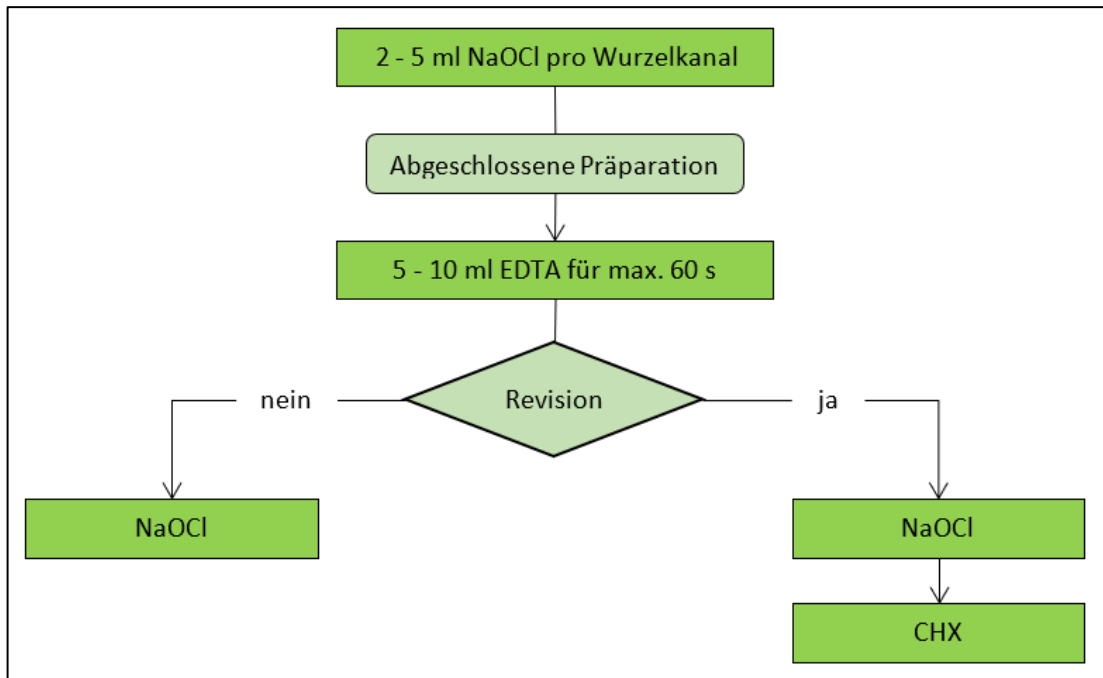


Abb. 58: Desinfektionskonzept nach Klimm

Siqueira und Lopes (2011) überfluten nach der Trepanation das Pulpakavum großzügig mit NaOCl und spülen den Wurzelkanal mit 2 ml NaOCl nach jedem verwendeten Instrument. Als Abschlussspülung kommen 5 bis 10 ml EDTA oder Zitronen-

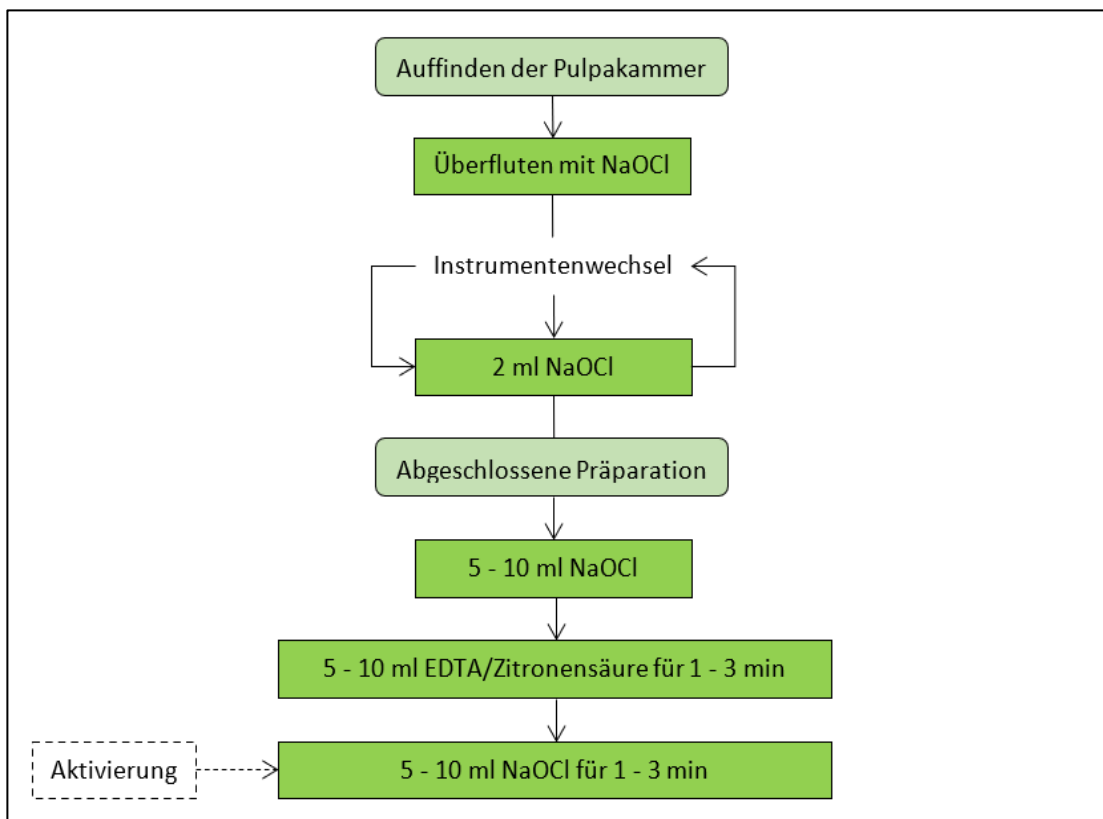


Abb. 59: Desinfektionskonzept nach Siqueira und Lopes

säure pro Wurzelkanal zur Anwendung, gefolgt von derselben Menge NaOCl, welches wahlweise aktiviert werden kann (Siqueira und Rôças 2011). Beide Flüssigkeiten sollen für 1 bis 3 min im apikalen Drittel des Wurzelkanals verbleiben (Abb. 59).

Chandra und Gopikrishna (2014) überfluten nach Auffinden der Pulpakammer diese mit NaOCl. Während der Präparation wird empfohlen, den Wurzelkanal nach jedem benutzten Instrument mit 2 ml NaOCl zu spülen. Nach abgeschlossener Präparation kann die Spülflüssigkeit aktiviert werden. Zur Auflösung des Smear Layers wird für 1 min mit EDTA gespült, danach folgt eine erneute Desinfektion mit NaOCl ohne Volumen- oder Zeitangabe (Abb. 60).

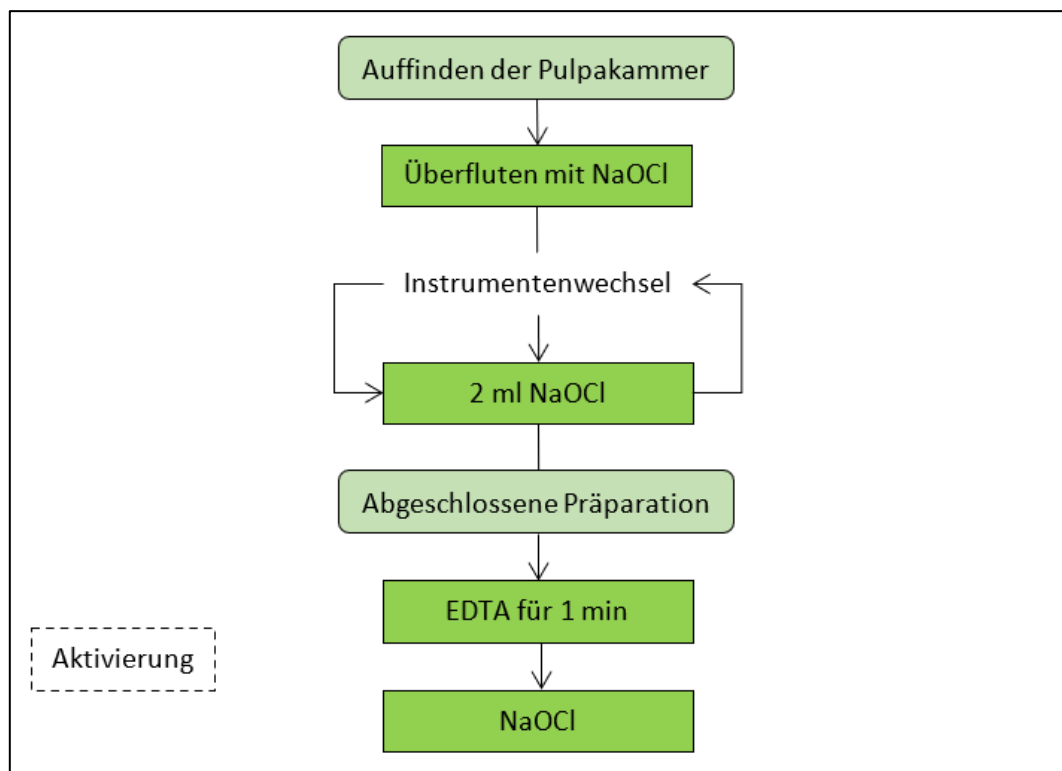


Abb. 60: Desinfektionskonzept nach Chandra und Gopikrishna

Schäfer (2016) empfiehlt, die Pulpakammer mit NaOCl zu überschwemmen. Nach jedem Instrumentenwechsel wird der Wurzelkanal mit 2 bis 5 ml NaOCl und nach Abschluss der mechanischen Präparation mit 5 bis 10 ml NaOCl gespült. Darauf folgen 2 bis 5 ml EDTA oder Zitronensäure pro Wurzelkanal und eine finale Desinfektion mit 2 bis 5 ml NaOCl. Es wird freigestellt, das NaOCl an dieser Stelle zu aktivieren. Des Weiteren wird vorgeschlagen, NaOCl im Anschluss durch zu Hilfe-nahme von NaCl oder Zitronensäure zu entfernen, um danach zusätzlich mit 2 bis 5 ml CHX zu desinfizieren. Dieser Arbeitsschritt ist optional (Abb. 61).

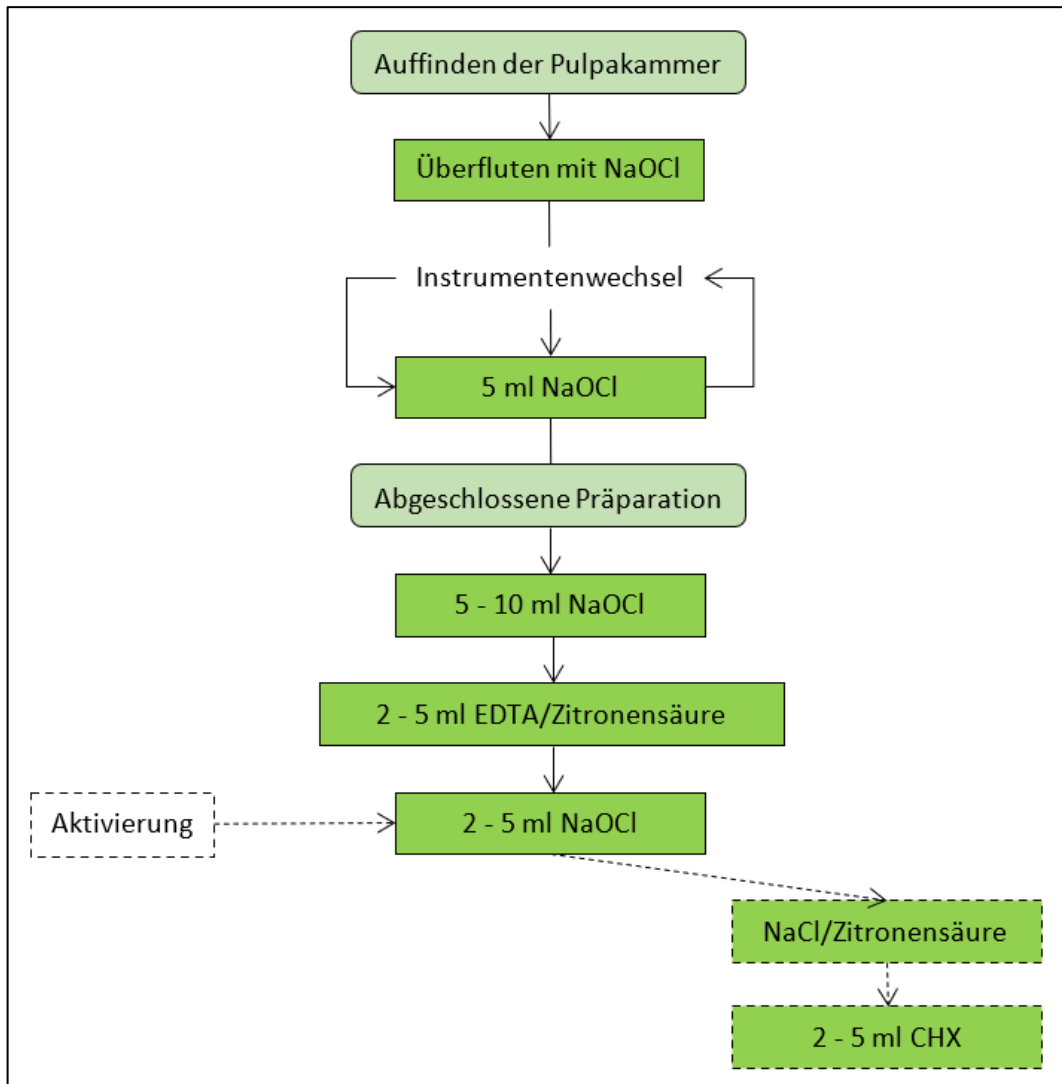


Abb. 61: Desinfektionskonzept nach Schäfer

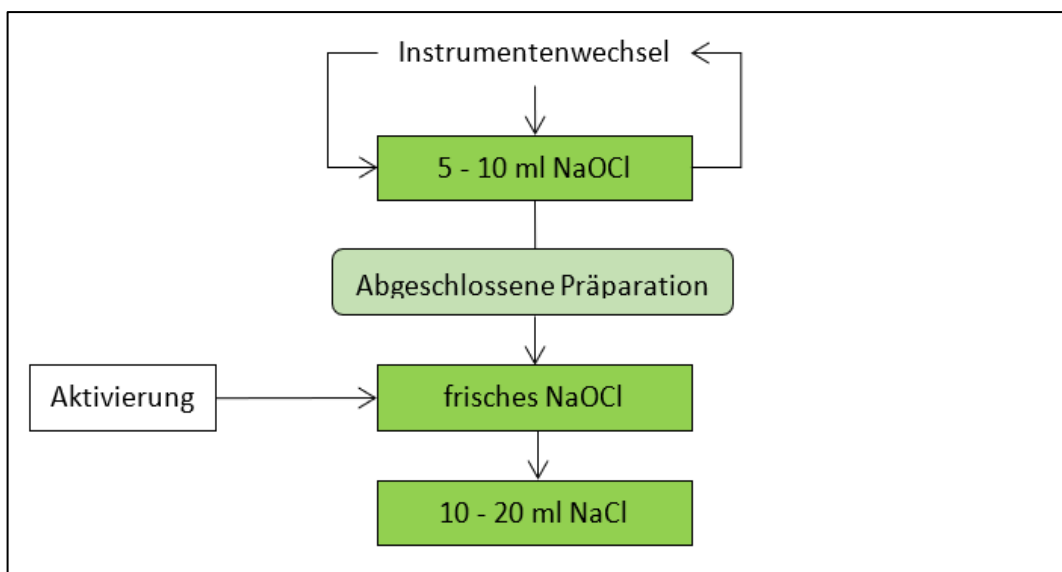


Abb. 62: Desinfektionskonzept nach Zuolo et al.

Zuolo et al. (2017) verwenden nach jedem Instrumentenwechsel 5 bis 10 ml NaOCl pro Wurzelkanal. EDTA und CHX werden als optionale Spülflüssigkeiten ohne weitere Angaben genannt. Zuletzt kommen 10 bis 20 ml NaCl zum Einsatz, davor wird noch einmal frisches NaOCl für 1 bis 3 min pro Wurzelkanal mit Hilfe von Ultraschall aktiviert (Abb. 62).

Das von Hülsmann und Schäfer (2019c) beschriebene Desinfektionskonzept empfiehlt während der Präparation hohe Volumina an NaOCl, 10 bis 20 ml, welches mit Ultraschallinstrumenten agitiert werden kann (Hülsmann und Schäfer 2019c). Danach wird jeder Wurzelkanal mit 5 ml EDTA oder Zitronensäure gespült und diese Lösung für 30 bis 60 s im Wurzelkanalsystem belassen. Der Nutzen einer Ultraschallaktivierung von EDTA sei fraglich, da die Auflösung des *Smear Layers* Zeit brauche. Abschließend wird noch einmal hochvolumig NaOCl appliziert. Bei einer Revisionsbehandlung wird zusätzlich nach Entfernung des *Smear Layers* durch den Komplexbildner mit 5 ml CHX pro Wurzelkanal desinfiziert. Dieses muss vor der Abschlusspülung mit NaOCl entfernt werden, um bräunliche Ausfällungen zu vermeiden (Abb. 63).

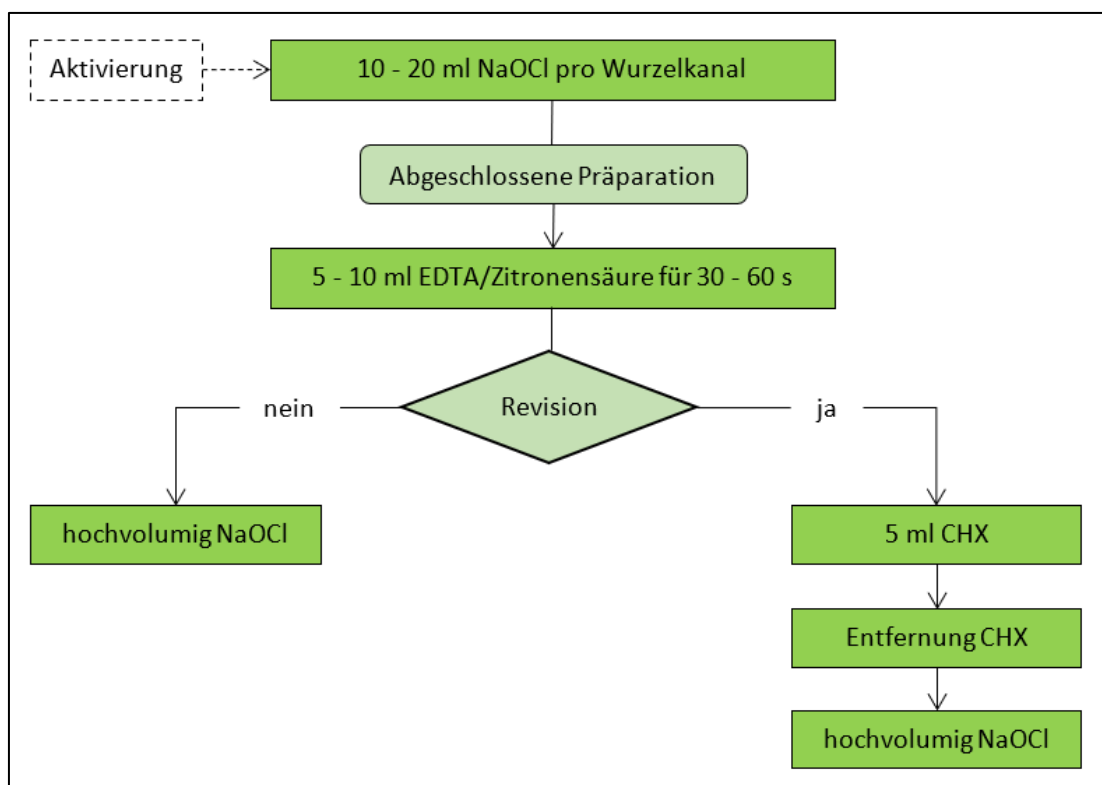


Abb. 63: Desinfektionskonzept nach Hülsmann und Schäfer

Bei Baxter (2021) wird die Pulpakammer nach der Eröffnung mit NaOCl überschwemmt und mit 2 ml der gleichen Desinfektionsflüssigkeit pro Wurzelkanal und

nach jedem Instrumentenwechsel gespült. Als finaler Schritt wird mit 5 ml EDTA gefolgt von weiteren 5 ml NaOCl pro Wurzelkanal desinfiziert. NaOCl wird dann in drei Zyklen für jeweils 20 s mit Ultraschall aktiviert, wobei die Desinfektionsflüssigkeit nach jeder Aktivierung erneuert wird.

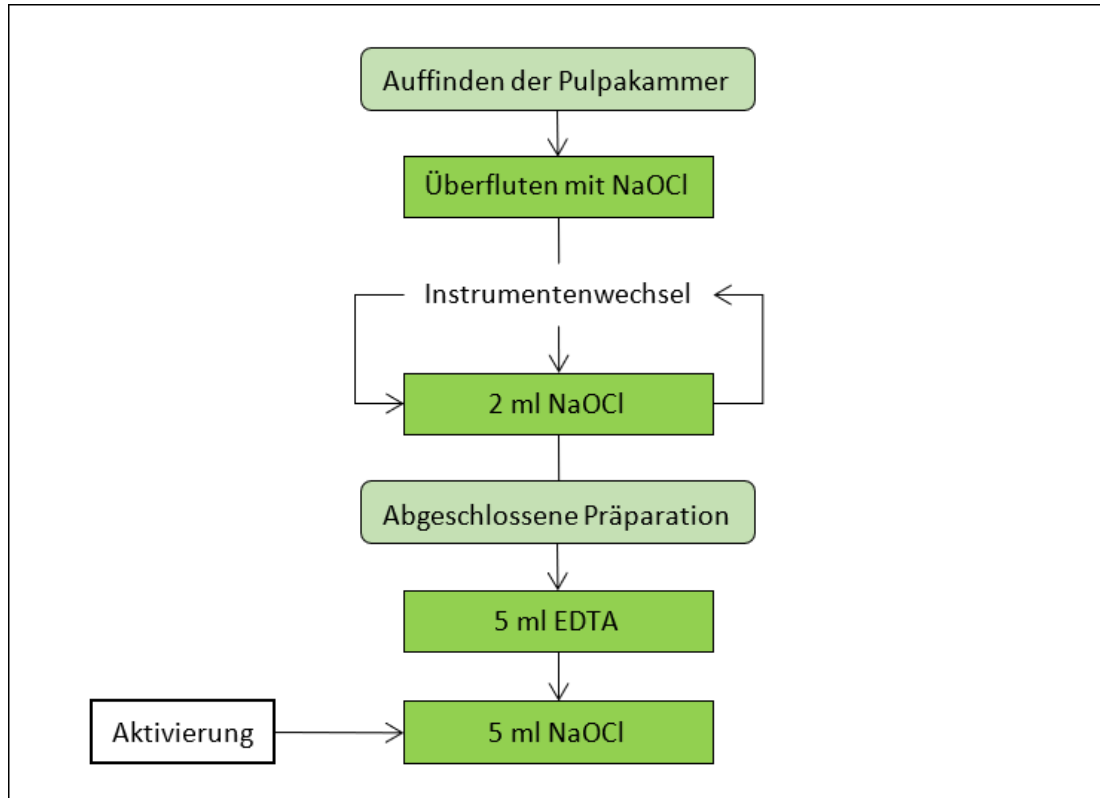


Abb. 64: Desinfektionskonzept nach Baxter

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass nur wenige Lehrbücher ein standardisiertes Desinfektionskonzept propagieren und dies auch erst ab dem Jahr 2000 (Abb. 65).

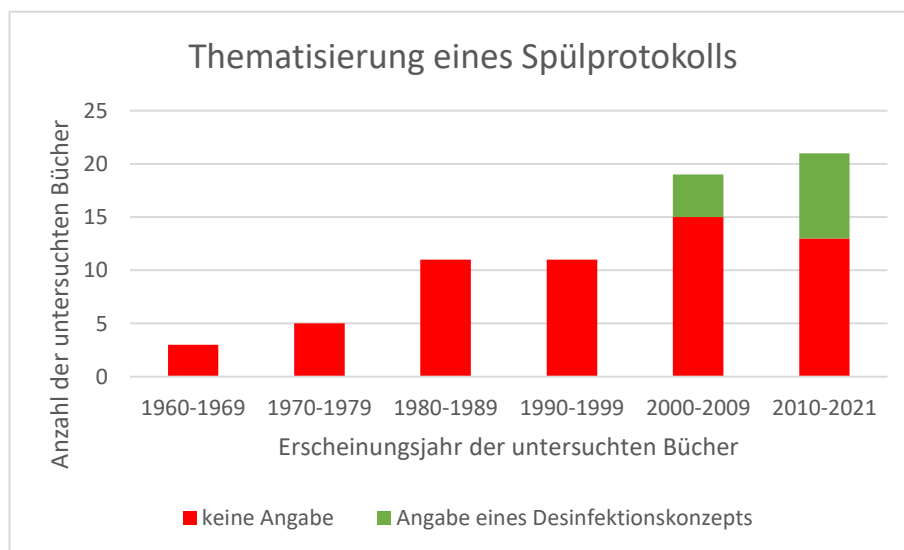


Abb. 65: Angabe von Desinfektionskonzepten im zeitlichen Verlauf

### 3.21 Gesamtübersicht desinfektionsrelevanter Aspekte

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertung tabellarisch dargestellt.

Tab. 2: Gesamtübersicht desinfektionsrelevanter Aspekte

Herausgeber *innen Jahr / Autor*innen	Kofferdam	Arbeitsfeld	Chem. Desinfektion	Komplexbildner	initiale Überschwemmung	Größe der Präparation	Konzität der Präparation	Apical Patency	Größe der Spülkanüle	Design der Spülkanüle	Applikationstechnik	Eindringtiefe	Reihenfolge	Häufigkeit	Volumen	Einwirkzeit	Temperatur	Abschlusspflung	Aktivierung	infriziertes/ nicht inf. Endodont	Revision	Spflprotokoll	
2021 Rödigg et al.																							
2020 Ørstavik																							
2019 Rotstein, Ingle																							
2019 Hülsmann, Schäfer																							
2019 Wenz, Hellwig																							
2018 Hellwig et al.																							
2018 Bjørndal et al.																							
2017 Zuolo et al.																							
2017 Peters																							
2016 Chong																							
2016 Blicher et al.																							
2015 Schwartz, Canakapalli																							
2015 Basrani																							
2014 Cohenca																							
2014 Chandra, Gopikrishna																							
2013 Ricucci, Siqueira																							
2013 Patel, Barnes																							
2011 Siqueira Jr.																							
2011 Klimm																							
2011 Gutmann, Lovdahl																							
2011 Baumann, Beer																							
2010 Lussi, Schaffner																							
2008 Hülsmann																							
2007 Chong																							
2006 Bargholz et al.																							
2005 Trope, Debelian																							
2005 Mayer																							
2005 Stock et al.																							
2005 Gängler																							
2005 Dumsha, Gutmann																							
2005 Castellucci																							

# Ergebnisse

Herausgeber *innen	Kofferdam	Arbeitsfeld	Chem. Desinfektion	Komplexbildner	initiale Überschwemmung	Größe der Präparation	Konzitätät der Präparation	Apical Patency	Größe der Spülkanüle	Design der Spülkanüle	Applikationstechnik	Eindringtiefe	Reihenfolge	Häufigkeit	Volumen	Einwirkzeit	Temperatur	Abschlusspülung	Aktivierung	infiziertes/ nicht inf. Endodont	Revision	Spülprotokoll
2004 Beer et al.																						
2003 Tronstad																						
2003 Koçkapan																						
2003 Klimm																						
2002 Walton, Torabinejad																						
2002 Hülsmann																						
2002 Pitt Ford et al.																						
2002 Cohen, Hargreaves																						
2001 Heidemann																						
1998 Lehmann, Hellwig																						
1997 Briseño																						
1995 Gängler																						
1994 Stock, Nehammer																						
1994 Städtler																						
1994 Nolden, Sauerwein																						
1994 Besner et al.																						
1994 Beer, Baumann																						
1993 Hülsmann																						
1993 Guldener et al.																						
1990 Briseño, Wichert																						
1988 van Thoden Velzen et al.																						
1986 Dietz																						
1985 Sobkowiak, Wegner																						
1984 Ketterl																						
1983 Gerstein																						
1983 Frank et al.																						
1982 Weine																						
1982 Pecchioni																						
1981 Schroeder																						
1980 Pyner																						
1980 Piz et al.																						
1977 Nicholls																						
1977 Guldener																						
1974 Morse																						
1972 Fischer																						
1972 Redtenbacher																						
1968 Sargenti																						
1968 Grossman																						
1962 Karl																						

präzise Angabe
  unpräzise Angabe
  keine Angabe



Betrachtet man dichotome Fragestellungen, wie die Verwendung von Kofferdam oder die Notwendigkeit einer chemischen Desinfektion, herrscht fast vollständige Übereinstimmung. Sobald die Fragestellungen aber komplexer werden, werden auch die Empfehlungen zu den einzelnen Arbeitsschritten heterogener. Teilweise ist eine zeitliche Entwicklung von keiner Thematisierung über unpräzise bis zu präzisen Angaben auszumachen, wie zum Beispiel bei den Empfehlungen zum Volumen der Desinfektionsflüssigkeiten oder zur Eindringtiefe der Spülkanüle. Bei anderen Fragestellungen sind die Angaben teils mehrdeutig. So ließ sich zum Beispiel bei der *Apical Patency* oder der Konizität der Präparation nicht immer eine eindeutige Aussage feststellen.

Insgesamt lässt sich aber erkennen, dass die Auseinandersetzung mit den einzelnen desinfektionsrelevanten Arbeitsschritten zunimmt und diese in neueren Lehrbüchern häufiger und konkreter angesprochen werden. Abschließend ist zu sagen, dass eine Empfehlung eines standardisierten und detaillierten Spülprotokolls selten und wenn, dann nur in neueren Büchern ab dem Jahr 2000 zu finden ist.

## 4 Diskussion

### 4.1 Diskussion der Methode

Die vorliegende Dissertation wurde als systematische Übersichtsarbeit erstellt.

Bei der Stichwortsuche wurde auf möglichst essenzielle Schlagwörter geachtet. Alle Suchbegriffe wurden in der Suchmaschine mit [AND] statt mit [OR] verbunden, so dass keine wesentlichen Titel ausgeschlossen wurden. Es wurden sowohl deutsch- als auch englischsprachige Suchbegriffe angewandt, was noch einmal die Trefferquote erhöhte. Ungeachtet dessen können manche Lehrbücher nicht unter diesen Schlagwörtern gelistet sein und somit nicht in diese Übersichtsarbeit einfließen. Dies gilt v.a. für übergeordnete Lehrbücher, in denen der Endodontie nur ein einzelnes Kapitel gewidmet ist.

Durch die Literaturrecherche wurden 282 Bücher gefunden, von denen 70 den Suchkriterien entsprachen und somit in die Auswertung gingen. Es wurde auf den Göttinger Universitätskatalog zugegriffen, um eine quantitativ größtmögliche und themenrelevante Basis zu schaffen. Um die Datenbasis auszuweiten, wurde zusätzlich der überregionale Bestand des Gemeinsamen Verbundkataloges genutzt. Zusätzlich wurde auf einen privaten Bestand zugegriffen, dessen Titel nicht alle im GUK oder GVK registriert waren. Nur ein ermitteltes Buch konnte nicht beschafft werden, da es in Bibliotheken nicht vorgehalten wurde, vergriffen war und auch von Internetportalen wie Amazon nicht vertrieben wurde. Mit den ausgewerteten 70 Lehrbüchern dürfte aber ein repräsentativer Querschnitt der endodontisch relevanten Literatur erfasst und ausgewertet worden sein.

Die Betrachtung von Büchern der Jahrgänge 1960 bis 2021 beinhaltet ein breites Spektrum an Werken und schließt dezidiert endodontische Lehrbücher, Monografien mit endodontischem Schwerpunkt, Fachbücher zu Einzelaspekten der Endodontie, aber auch endodontische Fachbücher, Lehrbücher oder Nachschlagewerke zur Zahnerhaltung oder, noch allgemeiner, zur gesamten Zahnheilkunde ein. Dies bedeutet, dass nicht von jedem der Bücher eine vollständige und maximal umfangreiche Präsentation eines jeweils zeitgemäßen Desinfektionskonzeptes zu erwarten war. Es war daher auch nicht Ziel der Arbeit, die Qualität einzelner Bücher oder Buchkapitel zu bewerten, sondern das Vorhandensein eines standardisierten und ausreichend detaillierten Desinfektionskonzeptes zu überprüfen.

## **4.2 Diskussion der Ergebnisse**

### **4.2.1 Verwendung von Kofferdam**

Der Kofferdam wurde seit seiner Einführung in der Zahnmedizin vor über 150 Jahren immer wieder als adäquates Hilfsmittel der Infektionskontrolle und zum Schutz sowohl des Patienten als auch des Zahnarztes beschrieben (Grossman 1971; Reuter 1983; Cochran et al. 1989). Er ist nach aktuellen Richtlinien unverzichtbar bei endodontischen Behandlungen (Bhuva et al. 2008), seine Anwendung verbessert die Überlebensrate des Zahnes signifikant (Lin et al. 2014). Es scheint also nicht verwunderlich, dass mit Ausnahme von drei Lehrbüchern alle übrigen Autor\*innen zur Verwendung eines Kofferdams raten. Bezüglich der Kofferdamanwendung kann also heute ein vollständiger Konsens konstatiert werden.

### **4.2.2 Desinfektion des Arbeitsfeldes**

Ungefähr die Hälfte aller Bücher empfehlen, relativ unabhängig vom Erscheinungsjahr, eine Desinfektion des Arbeitsfeldes vor Beginn der Wurzelkanalbehandlung. Meistens wird aber nur eine Auswahl an mehreren Desinfektionsflüssigkeiten genannt, ohne nähere Angaben zu Applikation oder Einwirkzeit zu machen. Ng et al. (2003) beschrieben, dass eine Desinfektion von Kofferdam und Zahn für 1 min die Bakterienbelastung reduziert, unabhängig von der verwendeten Desinfektionsflüssigkeit. Eine konkrete Einwirkzeit schlägt aber nur ein einziges Buch vor (Nicholls 1977). Im zeitlichen Verlauf ist eine Abkehr von traditionellen Desinfektionslösungen wie Merfen, Iod oder  $H_2O_2$  hin zu CHX oder NaOCl zu erkennen. Eine naheliegende Entwicklung, nachdem sich herausstellte, dass Merfen und Iod im Gegensatz zu NaOCl und CHX nicht effektiv gegen Streptokokken wirksam sind (Deeds et al. 1972; Järvinen et al. 1993; Silhacek und Taake 2005). Eine nur sehr geringe Anzahl an Studien zur Desinfektion des Arbeitsfeldes bei zahnmedizinischen Anwendungen stellt einen möglichen naheliegenden Grund für die begrenzte Thematisierung in Lehrbüchern dar. Eventuell bewerten manche Autor\*innen den Schritt der Desinfektion des Arbeitsfeldes oder seine ausdrückliche Erwähnung als unnötig. Insgesamt zeigt sich eine deutliche Unterbewertung dieses Teilschrittes eines antiseptischen Arbeitskonzeptes.

### 4.2.3 Chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems

Mit einer Ausnahme empfehlen alle untersuchten Bücher eine durch Spülflüssigkeiten unterstützte chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems. Ein nicht überraschender Sachverhalt, zeigen doch etliche Studien, dass bei einer rein mechanischen Präparation signifikant mehr *Debris* im Wurzelkanal verbleibt (Baker et al. 1975) und selbst mit flexiblen Nickel-Titan-Feilen bis zu 35 % der Wurzelkanaloberfläche unbearbeitet bleiben (Peters et al. 2001). In der zeitlichen Entwicklung zeigt sich eine Abkehr von traditionellen Desinfektionsflüssigkeiten. Exoten der sechziger Jahre wie Silbernitrat oder Schwefelsäure weichen der Verwendung von  $H_2O_2$ , bis dieses zum Anfang der Jahrhundertwende immer seltener empfohlen und schließlich komplett von NaOCl verdrängt wird. Ab Mitte der neunziger Jahre wird in den untersuchten Lehrbüchern zunehmend häufiger die zusätzliche Verwendung von CHX beschrieben. Dieser Prozess deckt sich mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen, denen zufolge sich NaOCl durch seine gewebeauflösende Eigenschaft  $H_2O_2$  überlegen erwies (Gordon et al. 1981; Heling und Chandler 1998). Generell wurde NaOCl intensiv für endodontische Zwecke untersucht und ist dank seines breiten Wirkungsspektrums gegen grampositive wie -negative Bakterien und Pilze nach wie vor die Spülflüssigkeit der Wahl bei Wurzelkanalbehandlungen (Mohammadi 2008). Auch die zusätzliche Empfehlung von CHX ist naheliegend. Dieses zersetzt zwar kein Gewebe, ist aber dafür effektiver wirksam gegen das bei nicht erfolgreichen Wurzelkanalbehandlungen nachgewiesene Bakterium *Enterococcus faecalis* (Ohara et al. 1993). Die Studienlage zur Verwendung von CHX im Wurzelkanal ist aber nicht einheitlich. Uneinigkeit herrscht bei den Konzentrationsangaben der empfohlenen Lösungen, was durch unterschiedliche Studienresultate erklärt werden könnte. Hierbei wurden sowohl NaOCl als auch CHX in unterschiedlichen Konzentrationen untersucht und alle verfügen über eine antibakterielle Wirksamkeit (Gordon et al. 1981; Ohara et al. 1993; D'Arcangelo et al. 1999).

Wird die Entfernung der Schmierschicht durch Komplexbildner bis 1990 nur sporadisch erwähnt, wird sie ab der Jahrtausendwende fast uneingeschränkt empfohlen. Studien aus dieser Zeit zeigen, dass der *Smear Layer* die desinfizierende Wirkung endodontischer Spüllösungen mindert (Czonstkowsky et al. 1990; Sen et al. 1995; Torabinejad et al. 2002). Die unterschiedlichen Konzentrationsempfehlungen für die Komplexbildner EDTA und Zitronensäure sind möglicherweise auf divergierende Studienergebnisse zurückzuführen (Wayman et al. 1979; Aktener und Bilkay 1993).

#### 4.2.4 Initiale Überschwemmung des Pulpakavums

Unabhängig vom Erscheinungsjahr wird in fast der Hälfte aller untersuchten Bücher empfohlen, nach dem Eröffnen der Pulpakammer eine initiale Überschwemmung des Wurzelkanalsystems mit Desinfektionsflüssigkeit vorzunehmen. Hierdurch würde gleich zu Beginn der Behandlung die Keimlast im Endodont drastisch reduziert und das Risiko des Verschleppens von Mikroorganismen nach apikal reduziert. Studien, die die initiale Überschwemmung der Pulpakammer separat untersuchen, liegen nicht vor, entsprechend sind alle diesbezüglichen Empfehlungen nicht evidenzbasiert. Es bleibt unklar, ob die Autor\*innen, die den Aspekt der initialen Überschwemmung nicht besprechen, diese Desinfektionsphase als überflüssig oder selbstverständlich erachten.

#### 4.2.5 Präparationsgröße und -konizität

Bezüglich der Größe der Präparation ließ sich eine große Varianz der Angaben feststellen. Jedoch ist eine kontinuierliche Zunahme der Empfehlung einer konkreten ISO-Größe über die letzten Jahrzehnte zu erkennen, wobei aber auch die Zahl der unpräzisen Angaben im letzten Jahrzehnt wieder ansteigt. Mehrere Studien belegen, dass eine *Debris*-Entfernung umso effektiver ist, je weiter die Präparation des Wurzelkanals erfolgte, da die Spülkanüle tiefer in den Wurzelkanal vorgeschoben werden kann (Chow 1983; Falk und Sedgley 2005). Eine wirksame Desinfektion ist daher maßgeblich an die Größe der Spülkanüle geknüpft. Die größte Effektivitätszunahme von ca. 44 % erfolgt dabei bei einem Wechsel von ISO-Größe 35 auf 40 (Brunson et al. 2010). Da in den meisten Büchern die Themen der mechanischen Präparation und der chemischen Desinfektion, in der die Größe der Spülkanüle angesprochen wird, voneinander getrennt diskutiert werden, geht diese Kernaussage möglicherweise verloren. Ein Buch nennt sogar unterschiedliche ISO-Größen in diesen beiden Abschnitten (Klimm 2003). Die Zunahme der unpräzisen Präparationsangaben von den Jahren 2010 bis 2021 bzw. fehlender Festlegung auf eine bestimmte ISO-Größe könnte wiederum in einer mittlerweile größeren Klarheit über die Abhängigkeit der Desinfektionswirkung von der verwendeten Spülkanüle begründet sein. Durch konkrete Empfehlungen des Durchmessers und der Eindringtiefe der Spülkanüle würde die Angabe einer bestimmten Mindest-ISO-Größe der Präparation überflüssig werden.

Die Konizität der Präparation wird in den Lehrbüchern lange Zeit überhaupt nicht thematisiert, erst seit dem Jahr 2000 rückt sie vermehrt in den Fokus und ab dem Jahr 2010 empfehlen mehr als die Hälfte der Autor\*innen explizit einen *Taper* für die Wurzelkanalpräparation. Bis dahin galt überwiegend die Forderung Schilders nach einer gleichmäßig konischen Präparation, allerdings ohne konkrete Prozentangaben (Schilder 1974). Die Konizität wurde erst ab 2000 zunehmend Gegenstand der Forschung. So beschreiben Brunson et al. (2010), dass die Wirksamkeit der *Debris*-Entfernung ab einer Konizität von 4 %, bei einer Präparationsgröße von ISO 40, im Vergleich zu einer Präparation mit einem *Taper* von 2 % um 74 % zunimmt. Albrecht et al. publizierten schon im Jahr 2004 ähnliche Ergebnisse. Ein größerer *Taper* als 4 % produzierte in beiden Studien keinen signifikanten Zuwachs an Effektivität. Dies könnte der Grund sein, warum die meisten Autor\*innen ein Konizitätsspektrum anstatt einer konkreten Konizitätsangabe empfehlen. Zu berücksichtigen ist darüber hinaus, dass die notwendige bzw. optimale Konizität der Präparation auch von der geplanten Fülltechnik abhängt. Für eine warm-vertikale Kompaktion der Guttapercha werden deutlich höhere apikale Konizitäten benötigt als für die laterale Kompaktion (Zhang et al. 2011).

#### **4.2.6 Durchgängigkeit des apikalen Foramens**

Seit dem Jahr 1980 nimmt die Empfehlung einer Durchgängigkeit des apikalen Foramens kontinuierlich zu, bis sie ab dem Jahr 2010 von der Hälfte der Lehrbücher propagiert wird und zusätzlich auch Techniken zum Erhalt der *Apical Patency* beschrieben werden. Eine Verblockung des Foramens wird hauptsächlich in den achtziger Jahren empfohlen. Viele Bücher enthalten keine eindeutigen Aussagen über den angestrebten Zustand des apikalen Foramens. Einige Studien legen nahe, dass eine *Apical Patency* die Wirkung der Desinfektionslösungen im apikalen Wurzelkanaldrittel vergrößert und apikale Blockaden dadurch verringert werden (Souza 2006; Vera et al. 2012). Dennoch bleibt die Einstellung zur Durchgängigkeit kontrovers, da Skeptiker dieser Technik auf die Gefahr der traumatischen Veränderung des Foramens oder einer apikalen Extrusion von nekrotischem Gewebe verweisen (Vera 2015). Es fällt auf, dass jedes Lehrbuch ab dem Jahr 2010, sofern es keine Empfehlung ausspricht, die Durchgängigkeit des apikalen Foramens zumindest thematisiert, was auf die immer noch strittige wissenschaftliche Grundlage hinweist.

### **4.2.7 Größe und Eigenschaften der Spülkanüle**

Circa zwei Drittel der untersuchten Lehrbücher thematisieren den Durchmesser der zu verwendenden Spülkanüle, mit der die Desinfektionsflüssigkeiten im Wurzelkanal appliziert werden sollen. Wurde die Größe der Spülkanüle bis zum Jahr 1990 wenig bis gar nicht angesprochen, ist zuerst eine leichte und ab dem Jahr 2000 eine deutliche Zunahme einer konkreten Durchmesserempfehlung zu erkennen. Die Autor\*innen tendieren dabei zu immer kleineren Kanüledurchmessern. In Studien erzielten kleinere Spülkanülen bessere Ergebnisse als größere (Chow 1983). Eine effektive Spülung des Wurzelkanals ist dabei aber nicht nur vom Kanüledurchmesser, sondern auch maßgeblich von der dazu gewählten Präparationsgröße abhängig (Hsieh et al. 2007). Dieser Sachverhalt wird nur von einigen wenigen Lehrbüchern erwähnt (Peters und Arias 2017; Haapasalo und Shen 2018; Whitworth 2020). Auch bei den Empfehlungen zum Design der Spülkanüle lässt sich ab dem Jahr 2000 vermehrt eine konkrete Beschreibung der zu verwendenden Kanüle finden, bis ab dem Jahr 2010 mehr als die Hälfte der Autor\*innen ein spezifisches Design vorschlagen. Am häufigsten wird dabei eine Spülkanüle mit seitlicher Austrittsöffnung propagiert. Sofern keine Angaben zur Austrittsöffnung gemacht werden, ist sich die Mehrheit der Autor\*innen einig, dass eine Kanüle mit stumpfem Ende zur Anwendung kommen soll. Um die Reinigungswirkung zu maximieren und gleichzeitig das Risiko des Überpressens von gewebeauflösenden Desinfektionsflüssigkeiten über den Apex hinaus zu minimieren, wurden unterschiedliche Spülkanüledesigns untersucht. So tauschen Kanülen mit terminaler Austrittsöffnung Desinfektionsflüssigkeiten bis zu 3 mm, Kanülen mit seitlicher Austrittsöffnung bis circa 1 mm über ihre Spitze hinaus effektiv aus (Boutsioukis et al. 2010b), die Reinigungseffektivität scheint aber ähnlich zu sein (Shen et al. 2010; Guerreiro-Tanomaru et al. 2013). Möglicherweise tendieren wegen des geringeren Risikos des Überpressens mehr Autor\*innen zu einem Design mit seitlicher Austrittsöffnung.

### **4.2.8 Applikationstechnik der Desinfektionslösungen**

Circa zwei Drittel der untersuchten Lehrbücher thematisieren die Applikationstechnik der in den Wurzelkanal eingebrachten Spülflüssigkeiten, wobei nur zwei neuere Bücher konkrete Fließgeschwindigkeiten nennen (Boutsioukis und van der Sluis 2015; Haapasalo et al. 2019). Die Zahl der Lehrbücher, welche keine Aussage über

eine Applikationstechnik treffen, nimmt kontinuierlich ab. Fast alle Autor\*innen treffen unpräzise, aber ähnliche Aussagen und raten zu einer mehr oder weniger langsamen und drucklosen Applikation. Desinfektionsflüssigkeiten werden traditionell und aufgrund der einfachen Handhabung mit Hilfe einer Kanüle und einer konventionellen Spritze manuell in das Wurzelkanalsystem eingebracht (Boutsioukis et al. 2010b). Dabei beeinflusst der durch den mit dem Daumen aufgebrachte Druck auf den Stempel der Spritze die Austrittsgeschwindigkeit der Flüssigkeit. Dieser Kraftaufwand hängt dabei stark von dem verwendeten Kanüledurchmesser und individuell von dem Zahnarzt ab und variiert dabei noch geschlechterspezifisch signifikant (Boutsioukis et al. 2007). Trotz bekannter idealer Fließgeschwindigkeiten von 4 ml/min (Park et al. 2013) ist dies für Autor\*innen jüngerer Bücher eventuell ein zu abstrakter Wert für eine Empfehlung, weswegen sich auch dort hauptsächlich unspezifische und eher subjektive Beschreibungen der Applikationstechnik finden. Einigkeit herrscht darüber, dass Spülkanülen ohne Klemmwirkung im Wurzelkanal eingebracht werden sollen, um keine Flüssigkeit apikal zu extrudieren.

#### **4.2.9 Eindringtiefe der Spülkanüle**

Ein Viertel der Lehrbücher empfiehlt eine präzise, von der Arbeitslänge abhängige Eindringtiefe für die Spülkanüle. Fast alle diese konkreten Angaben sind in Büchern ab dem Jahr 2010 zu finden, davor wurden hauptsächlich keine oder nur unpräzise Angaben zur Eindringtiefe getroffen. Studien belegen, dass die Reinigungswirkung der Spülkanüle auf den präparierten Wurzelkanal von ihrer Eindringtiefe abhängt (Hsieh et al. 2007). Die Effektivität der Spülung ist mit 1 mm Abstand zum apikalen Foramen signifikant höher als bei einem Abstand von 5 mm (Sedgley et al. 2005). Bei einer durchschnittlichen Wurzelkanallänge von 19 bis 23 mm bei Europäer\*innen (Kim et al. 2005) kann die Empfehlung, die Kanüle lediglich im apikalen Wurzelkanaldrittel zu platzieren, als unzureichend und überholt angesehen werden. Es scheint sinnvoll, eine Empfehlung der Eindringtiefe an die Austrittsöffnung der verwendeten Spülkanüle zu koppeln, um den Aspekt der Sicherheit nicht zu vernachlässigen.



#### **4.2.10 Reihenfolge der Desinfektionsmaßnahmen**

Es finden sich nur wenige Angaben zur Reihenfolge der Spülflüssigkeiten. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass nach Auffassung der Autor\*innen während der mechanischen Präparation nur mit einer Desinfektionsflüssigkeit gespült wird. Zusätzlich wird seltener eine Wechselspülung von NaOCl und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> empfohlen, zu der schon ab dem Jahr 2000 kaum und ab dem Jahr 2010 gar nicht mehr geraten wird. Diese in den Anfängen der Endodontie von Grossman (1943) propagierte Spülungssequenz imponierte durch starke Schaumbildung, stellte sich aber der alleinigen Nutzung von NaOCl als unterlegen heraus (Abou-Rass und Piccinino 1982; Siqueira et al. 1997). Drei neuere Lehrbücher propagieren eine Wechselspülung von NaOCl und einem Komplexbildner schon während der Präparation und nicht erst bei der Abschlussspülung (Berutti und Castellucci 2005; Zirkel 2006; Zuolo et al. 2017). Eine Reduzierung der Schmierschicht schon während der Präparation bewerten diese Autor\*innen als vorteilhaft. Eine häufigere Anwendung von EDTA setzt jedoch die Dentinhärte herab (Zaparolli et al. 2012).

#### **4.2.11 Häufigkeit der Desinfektionsmaßnahmen**

Die Lehrbücher treffen ähnlich oft eine konkrete Empfehlung zur Häufigkeit der Spülvorgänge wie sie unpräzise Angaben liefern. Dabei lässt sich vor allem ab dem Jahr 2000 eine Zunahme der Empfehlungen zur Erneuerung der Desinfektionsflüssigkeit nach jeder Präparationsgröße erkennen. Nur in wenigen Büchern wird eine Spülungsfrequenz überhaupt nicht thematisiert. Da NaOCl in Anwesenheit von Dentin schnell in seine inaktiven Bestandteile zerfällt (Moorer und Wesselink 1982; Haapasalo et al. 2000), ist nachvollziehbar, dass die verschiedenen Lehrbücher generell zu einer regelmäßigen Erneuerung der Desinfektionsflüssigkeit raten. Mit einer Spülung nach jedem Instrumentenwechsel stellen die Autor\*innen sicher, dass die Lösung tatsächlich oft genug erneuert wird.

#### **4.2.12 Volumina der Desinfektionslösungen**

In circa einem Drittel der untersuchten Lehrbücher werden konkrete Volumina der Desinfektionslösungen angegeben, während in einem weiteren Drittel nur unpräzise Aussagen getroffen werden. Erst seit dem Jahr 2000 werden überhaupt präzise Volumenangaben getätigt. Angaben in Millilitern nach jedem Instrumentenwechsel

werden dabei ähnlich häufig genannt wie eine Gesamtmenge pro Wurzelkanal. Einige Autor\*innen halten eine Empfehlung einer kontinuierlichen Erneuerung der Spülflüssigkeit nach jedem Arbeitsschritt möglicherweise für besser geeignet, da NaOCl potenziell bereits nach 2 min in seine inaktiven Bestandteile zerfällt (Moorer und Wesselink 1982). Durch diese Vorgabe eines definierten Volumens nach jedem Instrumentenwechsel wird die Frage nach der Häufigkeit und dem Zeitpunkt der Erneuerung der Spülflüssigkeit automatisch geklärt.

#### **4.2.13 Einwirkzeit der Desinfektionslösung**

Nur in einem Viertel der untersuchten Lehrbücher wird auf eine Einwirkzeit der Desinfektionslösung hingewiesen, jedoch erst ab dem Jahr 2000. Dabei werden in den letzten 20 Jahren ähnlich viele konkrete wie unpräzise Angaben gemacht. Retamozo et al. (2010) zeigten, dass die Effektivität von NaOCl stark von der Kontaktzeit und der Konzentration abhängt und erst ab 40 min Einwirkzeit effektiv gegen *E. faecalis* wirkt. Auch die Tiefe der Penetration der Desinfektionsflüssigkeit in die Dentintubuli hängt maßgeblich davon ab (Virdee et al. 2020). Die optimale Verweildauer von NaOCl ist nicht geklärt. Einigkeit herrscht darüber, dass eine zu kurze Einwirkzeit das Ergebnis einer Wurzelkanalbehandlung nachteilig beeinflussen kann, was die Autor\*innen vermehrt seit der Jahrtausendwende thematisieren.

#### **4.2.14 Temperatur der Desinfektionslösung**

Wurden bis zum Jahr 2000 so gut wie keine Aussagen zur Temperatur der Desinfektionsflüssigkeiten getroffen, thematisieren von da an circa ein Drittel aller Lehrbücher die Temperatur von NaOCl. Dabei lassen sich nur wenige konkrete Temperaturempfehlungen finden. Sofern keine Temperaturangabe gemacht wird, sind die Autor\*innen sich einig, dass eine Erhöhung der Temperatur eine Steigerung der antibakteriellen Wirksamkeit zur Folge hat. Dass eine Temperaturerhöhung die gewebezersetze Fähigkeit von NaOCl verstärkt, ist schon länger bekannt (Cunningham und Balekjian 1980; Abou-Rass und Oglesby 1981).

#### 4.2.15 Gesonderte Abschlussspülung

Unabhängig vom Erscheinungsjahr thematisieren circa zwei Drittel der untersuchten Lehrbücher eine sich von den vorausgegangenen Desinfektionsvorgängen unterscheidende Abschlussspülung. Während eine über die Jahre gleich kleine Anzahl von Autor\*innen lediglich das Volumen für den letzten Spülvorgang erhöht, nimmt in den neunziger Jahren die Empfehlung zu, Alkohol für die Abschlussspülung zu nutzen. Ab dem Jahr 2000 wird dies jedoch von der Empfehlung verdrängt, nach dem Abschluss der mechanischen Präparation einen Komplexbildner, mit oder ohne darauffolgende Desinfektionslösung, zu verwenden. Dies ist die vorherrschende Empfehlung der letzten 20 Jahre, da seit der Jahrtausendwende der Entfernung des *Smear Layers* eine größere Bedeutung zugeschrieben wird. Durch den bereits im Jahr 1956 von Nygard-Østby beschriebenen Einsatz von Komplexbildnern wie EDTA wird die Schmierschicht entfernt und die Dentintubuli werden freigelegt. Bei einer alleinigen Verwendung herkömmlicher Desinfektionsflüssigkeiten wie NaOCl und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ist das nicht der Fall (Garberoglio und Becce 1994; Scelza et al. 2000). Uneinigkeit besteht in den Lehrbüchern nicht in Bezug auf die Empfehlung eines Komplexbildners, sondern darüber, ob nach seiner Verwendung eine nochmalige Spülung mit Desinfektionsflüssigkeit erfolgen soll. Zwar beseitigt ein Komplexbildner die Schmierschicht, hinterlässt aber oberflächlichen *Debris* auf der Wurzelkanalwand. Dieser wird nur durch eine wiederholte Verwendung von NaOCl entfernt (Yamada et al. 1983; Gambarini 1999).

#### 4.2.16 Aktivierung der Desinfektionslösungen

Etwas mehr als die Hälfte der Lehrbücher empfehlen eine Aktivierung der Desinfektionsflüssigkeit. Ab dem Jahr 1990 nehmen diese Empfehlungen kontinuierlich zu und ab dem Jahr 2000 werden vermehrt konkrete Vorgehensweisen beschrieben. Die dabei am häufigsten genannte Technik ist die der passiven Ultraschallaktivierung. Ab dem Jahr 2010 finden sich zur PUI mehr präzise, aber unterschiedliche Angaben. Die Tatsache, dass die PUI die am häufigsten empfohlene Aktivierungstechnik ist, ist wenig überraschend. Sie stellt die wohl am längsten und intensivsten erforschte Art der Flüssigkeitsaktivierung dar (Martin 1976; Cameron 1988; van der Sluis et al. 2007). Die in wenigen Büchern empfohlene photodynamische Aktivierung mithilfe eines Lasers ist weder so lange untersucht, noch zeigen Studien eindeutige Ergebnisse (de Moor et al. 2009; Peters et al. 2011; Pedullà et al. 2012).

Einigkeit besteht darüber, dass eine Aktivierung jedweder Art die Effektivität von Desinfektionsflüssigkeiten tendenziell verbessert. Einheitliche Vorgaben zur Dauer der Anwendung oder empfohlene Leistungsparameter der zu verwendenden Gerätschaften sucht man aber vergeblich.

#### **4.2.17 Unterscheidung zwischen infiziertem und nicht infiziertem Endodont**

Nur in einem Viertel der untersuchten Lehrbücher beeinflusst die Diagnose des Endodonts das Desinfektionskonzept für die Wurzelkanalbehandlung. Dabei lässt sich erkennen, dass Lehrbücher seit dem Jahr 2010 vermehrt bei einem nicht infizierten Endodont nicht ihr Spülkonzept verändern, sondern nur zu einer einzeitigen Behandlung tendieren. Dies ist nachvollziehbar, da bei einem nicht infizierten Wurzelkanalsystem das Verhindern des Eindringens von Bakterien im Vordergrund steht, nicht die Beseitigung einer vorher bestehenden Keimbelastung. Endodontische Spülflüssigkeiten sind neben ihrer desinfizierenden Wirkung darauf ausgelegt, organisches Gewebe und die durch die mechanische Präparation entstehende Schmierschicht zu entfernen (Haapasalo et al. 2014; Topbas und Adiguzel 2017). Dies gilt auch für die Behandlung eines nicht infizierten Wurzelkanalsystems. Für viele Autor\*innen scheint es ausreichend zu sein, unpräzise darauf hinzuweisen, dass die Intensivität der Desinfektion vom Grad der Infektion des Wurzelkanalsystems abhängen sollte.

#### **4.2.18 Unterscheidung zwischen Erst- und Revisionsbehandlung**

Erst ab dem Jahr 2000 wird in einem Drittel der gesichteten Lehrbücher eine Revisionsbehandlung thematisiert. Dabei werden häufiger unpräzise Empfehlungen ausgesprochen als konkrete Angaben gemacht. In Fällen endodontischer Misserfolge wurde häufig der teilweise gegen NaOCl resistente Keim *Enterococcus faecalis* nachgewiesen (Siren et al. 1997; Molander et al. 1998). Dieser Umstand wird von den Autor\*innen berücksichtigt, die grundsätzlich auf die Wichtigkeit einer gründlichen Desinfektion bei einer Revisionsbehandlung hinweisen und die additive Verwendung des gegen *E. faecalis* effektiven CHX (Gomes et al. 2001) propagieren. Die widersprüchlichen Studienresultate zur Wirksamkeit von CHX könnten der

Grund für die Varianz der Angaben in Bezug auf dessen Verwendung sein (Kuruvilla und Kamath 1998; Komorowski et al. 2000; Zehnder 2006).

#### **4.2.19 Standardisiertes Spülprotokoll**

Ab dem Jahr 2000 liefern mit 12 der 70 untersuchten Lehrbücher nur wenige ein standardisiertes Desinfektionsprotokoll. Bei diesen lassen sich einige Gemeinsamkeiten feststellen, wie die initiale Überschwemmung des Pulpakavums, die Entfernung des *Smear Layers* durch einen Komplexbildner oder die Aktivierung der Spülflüssigkeiten. Sobald es aber um nähere Details geht, wie die Volumina der Lösungen oder die Dauer der einzelnen Desinfektionsschritte, unterscheiden sich fast alle Empfehlungen. Positiv zu bewerten ist, dass im Verlauf der letzten 20 Jahre zunehmend mehr Lehrbücher ein standardisiertes Spülprotokoll anbieten. Die unterschiedlichen Anwendungsprotokolle ergeben sich wahrscheinlich daraus, dass aktuell keine Spüllösung existiert, die alle Anforderungen an sowohl eine effektive Desinfektion als auch eine wirksame Entfernung der Schmierschicht erfüllt (Topbas und Adiguzel 2017). Aufgrund dessen muss zwangsläufig eine Kombination verschiedener Flüssigkeiten angewandt werden. Das jeweilige Spülprotokoll entsteht auf Grundlage von Studien zur Effektivität der einzelnen Desinfektionsaspekte und deren entsprechender persönlicher Gewichtung durch die Autor\*innen. Aus der Literatur ergibt sich keine evidenzbasierte Strategie, die alle hier diskutierten Aspekte berücksichtigt. Die uneinheitlichen und teilweise widersprüchlichen Angaben der Lehrbücher reflektieren letztlich die fehlende wissenschaftliche Evidenz zur Thematik der endodontischen Desinfektion.

## 5 Zusammenfassung

Ziel dieser Literaturarbeit war es, die zeitliche Entwicklung endodontischer Desinfektionskonzepte in Lehr- und Textbüchern aufzuzeigen und desinfektionsrelevante Angaben miteinander zu vergleichen. Da der häufigste Grund für einen endodontologischen Misserfolg eine persistierende Keimbelastung des Wurzelkanalsystems ist, sollte jeder Behandlungsschritt eine Steigerung der Keimreduktion bewirken. Es erscheint also von besonderer Wichtigkeit, zu diesem Zweck ein konsistentes und detailliertes Spülprotokoll anzubieten.

70 Lehrbücher mit endodontischem Schwerpunkt bzw. Lehrbücher zur Zahnerhaltung/restaurativen Zahnerhaltung mit dezidierten Endodontiekapiteln wurden identifiziert und hinsichtlich ihrer Angaben zu desinfektionsrelevanten Aspekten untersucht. 58 der Lehrbücher beinhalten dabei kein standardisiertes Spülprotokoll und die verschiedenen Teilschritte einer Wurzelkanalbehandlung werden in sehr unterschiedlichem Ausmaß und Detailgrad beschrieben. In Abhängigkeit vom Erscheinungsjahr thematisieren jüngere Bücher die jeweiligen untersuchten Parameter häufiger und präziser. Bei dichotomen Fragestellungen herrscht fast vollständiger Konsens. Je komplexer die Fragestellung, desto heterogener und teilweise unpräziser werden die Anwendungsempfehlungen.

In den letzten 20 Jahren präsentieren immer mehr Lehrbücher ein Desinfektionskonzept. Die insgesamt zwölf gefundenen Spülprotokolle unterscheiden sich allerdings in den Empfehlungen zu einzelnen Behandlungsschritten. Die Eckpfeiler einer systematischen, antiseptischen Arbeitsweise wie die Isolation des Arbeitsfeldes, die topische Keimreduktion des Arbeitsfeldes und eine effektive Desinfektion des Wurzelkanalsystems mit der Entfernung des *Smear Layers* werden aber von fast allen Lehrbüchern empfohlen, die ein standardisiertes Desinfektionskonzept beinhalten.

Wie diese Literaturarbeit zeigt, dauert es oft mehrere Jahre oder auch Jahrzehnte, bis neue wissenschaftliche Erkenntnisse in die Lehrbücher Einzug halten.

## 6 Summary

The aim of this thesis was to show the development of endodontic disinfection concepts in textbooks over the past decades and to compare information relevant for irrigation. It seems of particular importance to offer the dentist a consistent and detailed irrigation protocol.

70 textbooks with an endodontic focus or textbooks on restorative dentistry with dedicated endodontic chapters were identified and examined with regard to their information on aspects relevant for disinfection. 58 of the textbooks do not present a standardized irrigation protocol and the various sub-steps of a root canal treatment are described in very different detail. More recently published textbooks address the examined parameters more frequently and more precisely. There is an almost unanimous consensus on dichotomous questions. But the more complex the question, the more heterogeneous and sometimes less precise are the recommendations for use.

More and more textbooks have been describing a disinfection concept over the past twenty years. However, these twelve irrigation protocols differ in the recommendations for individual treatment steps. The cornerstones of a systematic, antiseptic working method such as the isolation of the working area, the topical disinfection of the working area and effective disinfection of the root canal system with the removal of the smear layer are recommended by almost all textbooks that contain a standardized disinfection concept.

It often takes several years or even decades for new scientific knowledge to find its way into textbooks.

## 7 Anhang

### 7.1 Liste der untersuchten Lehrbücher

Tab. A1: Buchtitelliste

Bargholz C, Hör D, Zirkel C (Hrsg.): Praxisleitfaden Endodontie. 1. Auflage; Elsevier, Urban & Fischer, München 2006
Basrani B (Hrsg.): Endodontic Irrigation: Chemical disinfection of the root canal system. Springer International Publishing, Cham 2015
Baumann MA, Beer R (Hrsg.): Endodontology. Thieme, Stuttgart 2011
Beer R, Baumann MA: Praktische Endodontie. Urban & Schwarzenberg, München 1994
Beer R, Baumann MA, Kielbassa AM: Taschenatlas der Endodontie. Thieme, Stuttgart 2004
Besner E, Michanowicz AE, Michanowicz JP: Practical Endodontics: A clinical atlas. Mosby, St. Louis 1994
Bjørndal L, Kirkevang LL, Withworth J (Hrsg.): Textbook of Endodontology. 3rd edition; John Wiley & Sons Inc., Newark 2018
Blicher B, Lin J, Lucier Pryles R: Endodontics Review: A study guide. Quintessence, Hanover Park 2016
Briseño B (Hrsg.): Atlas der Endodontie. Ullstein Mosby, Berlin 1997
Briseño B, Wichert H: Moderne Wurzelkanalbehandlung: Ein Leitfaden. Studienverlag Neumeier, Amberg 1990
Castellucci A (Hrsg.): Endodontics. Il Tridente, Florenz 2005
Chandra BS, Gopikrishna V: Grossman's Endodontic Practice. 13th edition; Wolters Kluwer (India), Gurgaon 2014
Chong BS (Hrsg.): Harty's Endodontics in Clinical Practice. 7th edition; Elsevier Health Sciences, St. Louis 2016
Chong BS: Management endodontischer Misserfolge. Quintessenz, Berlin 2007
Cohen S, Hargreaves KM (Hrsg.): Pathways of the Pulp. 9th edition; Elsevier Mosby, St. Louis 2002
Cohenca N (Hrsg.): Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis. John Wiley & Sons Inc., Ames 2014
Dietz G: Moderne Endodontie in der täglichen Praxis: Mit Hilfe der medikamentösen Wurzelfüllpaste Gangraena-Merz. 2. Auflage; Hüthig, Heidelberg 1986
Dumsha TC, Gutmann JL: Clinician's Endodontic Handbook. 2nd edition; Lexi-Comp Inc., Hudson 2005
Fischer CH: Endodontie: Grundlagen, Überlegungen, Richtlinien. Quintessenz, Berlin 1972
Frank AL, Simon JHS, Abou-Rass M, Glick DH: Clinical and Surgical Endodontics: Concepts In Practice. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 1984
Gängler P: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. 3. Auflage; Ullstein Mosby, Berlin 1995
Gängler P, Hoffmann T, Willershausen B, Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg.): Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie (Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde). 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2005
Gerstein H (Hrsg.): Techniques in Clinical Endodontics. W.B. Saunders, Philadelphia 1983
Grossman LI: Lehrbuch der Modernen Wurzelbehandlung. Medica Verlag, Stuttgart 1968



Guldener PHA: Kompendium der Endodontie. H. Schaub AG, Bern 1977
Guldener PHA, Langeland K, Hotz P (Hrsg.): Endodontologie: Diagnostik und Therapie. 3. Auflage; Thieme, Stuttgart 1993
Gutmann JL, Lovdahl PE: Problem Solving in Endodontics: Prevention, identification, and management. 5th edition; Elsevier Mosby, Maryland Heights 2011
Heidemann D (Hrsg.): Endodontie (Praxis der Zahnheilkunde Band 3). Urban & Fischer, München 2001
Hellwig E, Klimek J, Attin T: Einführung in die Zahnerhaltung: Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie. 13. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2018
Hülsmann M: Endodontie (Dent-Praxis). Thieme, Stuttgart 1993
Hülsmann M: Endodontie. 1. Auflage; Thieme, Stuttgart 2008
Hülsmann M (Hrsg.): Wurzelkanalaufbereitung mit Nickel-Titan-Instrumenten: Ein Handbuch (Quintessenz-Bibliothek). Quintessenz, Berlin 2002
Hülsmann M, Schäfer E (Hrsg.): Probleme in der Endodontie: Prävention, Identifikation und Management. 2. Auflage; Quintessenz, Berlin 2019
Karl A: Einlagefreie Wurzelbehandlung nach Riebler. Buchdruckerei Heinr. Henke, Anröchte 1962
Ketterl W: Endodontie: Kompendium für Studium und Praxis. Hüthig, Heidelberg 1984
Klimm WH (Hrsg.): Endodontologie: Grundlagen und Praxis. 1. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2003
Klimm WH (Hrsg.): Endodontologie: Lehrbuch für Studium und Beruf. 2. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2011
Koçkapan C (Hrsg.): Curriculum Endodontie. Quintessenz, Berlin 2003
Lehmann KM, Hellwig E: Einführung in die restaurative Zahnheilkunde: Ein Lehrbuch für den propädeutischen Studienabschnitt. 8. Auflage; Urban & Schwarzenberg, München 1998
Lussi A, Schaffner M (Hrsg.): Fortschritte der Zahnerhaltung. Quintessenz, Berlin 2010
Mayer T: Kompromisse und Grenzen in der Endodontologie. Spitta, Balingen 2005
Morse DR: Clinical Endodontology. Charles C Thomas Publisher, Springfield 1974
Nicholls E: Endodontics. 2nd edition; Wright, Bristol 1977
Nolden R, Sauerwein E: Zahnerhaltungskunde: Präventive Zahnheilkunde, Kariologie, Endodontologie, Parodontologie, Kinderzahnheilkunde. 6. Auflage; Thieme, Stuttgart 1994
Ørstavik D (Hrsg.): Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis. 3rd edition; Blackwell Munksgaard, Oxford 2020
Patel S, Barnes JJ (Hrsg.): The Principles of Endodontics. 2nd edition; Oxford Univ. Press, Oxford 2013
Pecchioni A: Die Wurzelkanalbehandlung: Eine praktische Anleitung für Studierende und Praktiker. Quintessenz, Berlin 1982
Peters OA (Hrsg.): The Guidebook to Molar Endodontics. Springer, Berlin 2017
Pilz W, Plathner CH, Taatz H: Grundlagen der Kariologie und Endodontie. 3. Auflage; C. Hanser Verlag, München 1980
Pitt Ford TR, Pitt Ford HE, Rhodes JS: Endodontics: Problem-solving in clinical practice. Martin Dunitz, London 2002
Pyner DA: Erfolgreiche Endodontie leichtgemacht: Die Alternative zu N 2 für die tägliche Praxis. Quintessenz, Berlin 1980

Redtenbacher K: Wurzelbehandlung vitaler und gangränöser Zähne in einer Sitzung. Zahnärztl.-Medizin. Schrifftum, München 1972
Ricucci D, Siqueira JF: Endodontology: An Integrated Biological and Clinical View. Quintessence, London 2013
Rödig T, Baxter S, Haupt F, Hülsmann M (Hrsg.): Grundlagen der modernen Endodontie. 2. Auflage; Spitta, Balingen 2021
Rotstein I, Ingle JI (Hrsg.): Ingle's Endodontics. 7th edition; PMPH USA, Raleigh 2019
Sargenti A: Rationelle Wurzelbehandlung. Quintessenz, Berlin 1968
Schroeder A: Endodontie: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2. Auflage; Quintessenz, Berlin 1981
Schwartz RS, Canakapalli V (Hrsg.): Best Practices in Endodontics: A Desk Reference. Quintessence, Chicago 2015
Siqueira Jr. JF (Hrsg.): Treatment of Endodontic Infections. Quintessence, London 2011
Sobkowiak EM, Wegner H: Konservierende Stomatologie. 2. Auflage; Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1985
Städtler P (Hrsg.): Zahnerhaltung in Klinik und Praxis: Prophylaxe, Füllungstherapien, Endodontie, Kinderzahnheilkunde. ecomed, Landsberg am Lech 1994
Stock CJR, Nehammer CF (Hrsg.): Endodontie praxisnah. Hanser, München 1994
Stock CJR, Walker R, Gulabivala K (Hrsg.): Endodontie. 1. Auflage; Elsevier, München 2005
van Thoden Velzen SK, Genet JM, Kersten H. W., Moorer W. R., Wesselink PR: Endodontie. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1988
Torabinejad M (Hrsg.): Principles and Practice of Endodontics. 3rd edition; Saunders, Philadelphia 2002
Tronstad L: Clinical Endodontics: A Textbook. 2nd edition; Thieme, Stuttgart 2003
Trope M, Debelian G: Endodontics Manual for the General Dentist. Quintessence, New Malden 2005
Weine FS (Hrsg.): Endodontic Therapy. 3rd edition; Mosby, St. Louis 1982
Wenz HJ, Hellwig E: Zahnärztliche Propädeutik: Einführung in die Zahnheilkunde. 14. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2019
Zuolo ML, Kherlakian D, Mello JE de, Carvalho MCC de, Fagundes MIRC, Hülsmann M: Endodontische Revisionen. Quintessenz, Berlin 2017

## 8 Literaturverzeichnis

Abou-Rass M, Oglesby SW (1981): The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod* 7, 376–377

Abou-Rass M, Piccinino MV (1982): The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 54, 323–328

Aktener BO, Bilkay U (1993): Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixtures. *J Endod* 19, 228–231

Al-Ali MM, Al-Ibrahim AM, Al-Ali SM (2018): Current trends in irrigation practice during endodontic treatment among general dental practitioners in Saudi Arabia. *Saudi Endod J* 8, 170–175

Albrecht LJ, Baumgartner JC, Marshall JG (2004): Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files. *J Endod* 30, 425–428

Assed S, Ito IY, Leonardo MR, Silva LA, Lopatin DE (1996): Anaerobic microorganisms in root canals of human teeth with chronic apical periodontitis detected by indirect immunofluorescence. *Dent Traumatol* 12, 66–69

Bae KS, Baumgartner JC, Shearer TR, David LL (1997): Occurrence of *Prevotella nigrescens* and *Prevotella intermedia* in infections of endodontic origin. *J Endod* 23, 620–623

Baerg S, Herbranson E: Preparation of the root canal system. In: Schwartz RS, Canakapalli V (Hrsg.): *Best Practices in Endodontics: A Desk Reference*. Quintessence, Chicago 2015, 109–119

Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S (1975): Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod* 1, 127–135

Bargholz C: Kofferdam. In: Bargholz C, Hör D, Zirkel C (Hrsg.): *Praxisleitfaden Endodontie*. 1. Auflage; Elsevier, Urban & Fischer, München 2006a, 151–168

Bargholz C: Wurzelkanalaufbereitung. In: Bargholz C, Hör D, Zirkel C (Hrsg.): *Praxisleitfaden Endodontie*. 1. Auflage; Elsevier, Urban & Fischer, München 2006b, 209–240

- Basrani B, Haapasalo M: Topical disinfectants for root canal irrigation. In: Cohenca N (Hrsg.): Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis. John Wiley & Sons Inc., Ames 2014, 109–140
- Basrani B, Malkhassian G: Update of endodontic irrigating solutions. In: Basrani B (Hrsg.): Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System. Springer International Publishing, Cham 2015, 99–116
- Baumann M, Peters O: Access cavity preparation. In: Baumann MA, Beer R (Hrsg.): Endodontology. Thieme, Stuttgart 2011, 109–122
- Baumgartner JC, Watkins BJ, Bae KS, Xia T (1999): Association of black-pigmented bacteria with endodontic infections. *J Endod* 25, 413–415
- Baxter S: Desinfektion des Wurzelkanalsystems. In: Rödiger T, Baxter S, Haupt F, Hülsmann M (Hrsg.): Grundlagen der modernen Endodontie. 2. Auflage; Spitta, Balingen 2021, 185–220
- Beer R, Baumann MA: Praktische Endodontie. Urban & Schwarzenberg, München 1994
- Beer R, Baumann MA, Kielbassa AM: Taschenatlas der Endodontie. Thieme, Stuttgart 2004
- Beer R, Briseño B: Wurzelkanalbehandlung. In: Gängler P, Hoffmann T, Willershausen B, Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg.): Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie (Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde). 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2005, 217–241
- Behring J, Cujé J, Krug R, Hergt A, Krupp C: Präendodontische Restauration und Kofferdam. In: Hülsmann M, Schäfer E (Hrsg.): Probleme in der Endodontie: Prävention, Identifikation und Management. 2. Auflage; Quintessenz, Berlin 2019, 101–124
- Bergmans L, Lambrechts P: Root canal instrumentation. In: Bjørndal L, Kirkevang LL, Withworth J (Hrsg.): Textbook of Endodontology. 3rd edition; John Wiley & Sons Inc., Newark 2018, 205–230
- Berutti E, Castellucci A: Cleaning and shaping the root canal system. In: Castellucci A (Hrsg.): Endodontics. Il Tridente, Florenz 2005, 396–437

- Besner E, Michanowicz AE, Michanowicz JP: Practical Endodontics: A clinical atlas. Mosby, St. Louis 1994
- Bhuva B, Chong BS, Patel S (2008): Rubber dam in clinical practice. *ENDO* 2, 131–141
- Blicher B, Lin J, Lucier Pryles R: Endodontics Review: A study guide. Quintessence, Hanover Park 2016
- Blome B, Braun A, Sobarzo V, Jepsen S (2008): Molecular identification and quantification of bacteria from endodontic infections using real-time polymerase chain reaction. *Oral Microbiol Immunol* 23, 384–390
- Boutsioukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LWM (2010a): The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J* 43, 909–916
- Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P (2007): Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J* 40, 504–513
- Boutsioukis C, van der Sluis LWM: Syringe irrigation: Blending endodontics and fluid dynamics. In: Basrani B (Hrsg.): Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System. Springer International Publishing, Cham 2015, 45–64
- Boutsioukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LWM (2010b): Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 36, 875–879
- Brady E, Durack C: Root canal preparation. In: Patel S, Barnes JJ (Hrsg.): The Principles of Endodontics. 2nd edition; Oxford Univ. Press, Oxford 2013, 58–88
- Brauner AW, Conrads G (1995): Studies into the microbial spectrum of apical periodontitis. *Int Endod J* 28, 244–248
- Briseño B, Wichert H: Moderne Wurzelkanalbehandlung: Ein Leitfaden. Studienverlag Neumeier, Amberg 1990
- Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N (2010): Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod* 36, 721–724

- Cameron JA (1988): The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J* 33, 193–200
- Castellucci A: Schilder's technique for shaping the root canal system. In: Castellucci A (Hrsg.): *Endodontics*. Il Tridente, Florenz 2005, 438–469
- Chan AW, Low DC, Cheung GS, Ng RP (2006): A questionnaire survey of endodontic practice profile among dentists in Hong Kong. *Hong Kong Dent J* 3, 80–87
- Chandra BS, Gopikrishna V: *Grossman's Endodontic Practice*. 13th edition; Wolters Kluwer (India), Gurgaon 2014
- Chong BS: *Management endodontischer Misserfolge*. Quintessenz, Berlin 2007
- Chow TW (1983): Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 9, 475–479
- Clarkson RM, Podlich HM, Savage NW, Moule AJ (2003): A survey of sodium hypochlorite use by general dental practitioners and endodontists in Australia. *Aust Dent J* 48, 20–26
- Cochran MA, Miller CH, Sheldrake MA (1989): The efficacy of the rubber dam as a barrier to the spread of microorganisms during dental treatment. *J Am Dent Assoc* 119, 141–144
- Cunningham WT, Balekjian AY (1980): Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 49, 175–177
- Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA (1990): The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am* 34, 13–25
- D'Arcangelo C, Varvara G, Fazio P de (1999): An evaluation of the action of different root canal irrigants on facultative aerobic-anaerobic, obligate anaerobic, and microaerophilic bacteria. *J Endod* 25, 351–353
- De Moor RJG, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R (2009): Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med* 41, 520–523
- De Moor RJG, Hülsmann M, Kirkevang LL, Tanalp J, Whitworth J (2013): Undergraduate curriculum guidelines for endodontology. *Int Endod J* 46, 1105–1114

- Deeds KM, Marshall FJ, Rosen S (1972): The antiseptic properties of povidone-iodine and tincture of metaphen used topically on the tooth surface. *J Br Endod Soc* 6, 2–7
- DGZMK (2005): Gemeinsame Stellungname der DGZ und der DGZMK Die Wurzelkanalbehandlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 60, 418–419
- DGZMK (2006): Stellungname der AG Endodontologie und Traumatologie der DGZ: Die Wurzelkanalspülung. *Dtsch Zahnärztl Z* 41, 448–449
- Dietz G: Moderne Endodontie in der täglichen Praxis: Mit Hilfe der medikamentösen Wurzelfüllpaste Gangraena-Merz. 2. Auflage; Hüthig, Heidelberg 1986
- Dougherty WJ, Bae KS, Watkins BJ, Baumgartner JC (1998): Black-pigmented bacteria in coronal and apical segments of infected root canals. *J Endod* 24, 356–358
- Dumsha TC, Gutmann JL: Clinician's Endodontic Handbook. 2nd edition; Lexi-Comp Inc., Hudson 2005
- Dutner J, Mines P, Anderson A (2012): Irrigation trends among American Association of Endodontists members: A web-based survey. *J Endod* 38, 37–40
- Eleazer PD, Gilbert GH, Funkhouser E, Reams GJ, Law AS, Benjamin PL (2016): Techniques and materials used by general dentists during endodontic treatment procedures: Findings from The National Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc* 147, 19–27
- Falk KW, Sedgley CM (2005): The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod* 31, 742–745
- Fauchard P: Le Chirurgien Dentiste: Ou Traite Des Dants. Pierre-Jean Mariette, Paris 1728
- Fischer CH: Endodontie: Grundlagen, Überlegungen, Richtlinien. Quintessenz, Berlin 1972
- Fouad AF, Khan AA: Etiology and pathogenesis of pulpitis and apical periodontitis. In: Ørstavik D (Hrsg.): Essential Endodontology: Prevention and treatment of apical periodontitis. 3rd edition; Wiley Blackwell, Hoboken, New Jersey 2020, 59–90
- Frank AL, Simon JHS, Abou-Rass M, Glick DH: Clinical and Surgical Endodontics: Concepts in Practice. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 1984

- Gambarini G (1999): Shaping and cleaning the root canal system: A scanning electron microscopic evaluation of a new instrumentation and irrigation technique. *J Endod* 25, 800–803
- Gängler P: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. 3. Auflage; Ullstein Mosby, Berlin 1995
- Garberoglio R, Becce C (1994): Smear layer removal by root canal irrigants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 78, 359–367
- Glickman GN, Pettiette MT: Preparation for Treatment. In: Cohen S, Hargreaves KM (Hrsg.): *Pathways of the Pulp*. 9th edition; Elsevier Mosby, St. Louis 2002, 97–135
- Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2001): In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 34, 424–428
- Gopikrishna V, Pare S, Pradeep Kumar A, Lakshmi Narayanan L (2013): Irrigation protocol among endodontic faculty and post-graduate students in dental colleges of India: A survey. *J Conserv Dent* 16, 394–398
- Gordon TM, Damato D, Christner P (1981): Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *J Endod* 7, 466–469
- Gregorio C de, Arias A, Navarrete N, Cisneros R, Cohenca N (2015): Differences in disinfection protocols for root canal treatments between general dentists and endodontists: A web-based survey. *J Am Dent Assoc* 146, 536–543
- Gregorio C de, Heilborn C, Cohenca N: Positive pressure irrigation. In: Cohenca N (Hrsg.): *Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis*. John Wiley & Sons Inc., Ames 2014, 169–188
- Grossman LI (1943): Irrigation of Root Canals. *J Am Dent Assoc* 30, 1915–1917
- Grossman LI: *Lehrbuch der Modernen Wurzelbehandlung*. Medica Verlag, Stuttgart 1968
- Grossman LI (1971): Prevention in endodontic practice. *J Am Dent Assoc* 82, 395–396
- Grossman LI (1982): A brief history of endodontics. *J Endod* 8, 36–40



- Guerreiro-Tanomaru JM, Loiola LE, Morgental RD, Leonardo RdT, Tanomaru-Filho M (2013): Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals. *Braz Dent J* 24, 21–24
- Gulabivala K, Stock CRJ: Wurzelkanalpräparation. In: Briseño B (Hrsg.): *Atlas der Endodontie*. Ullstein Mosby, Berlin 1997, 97–144
- Guldener PHA: *Kompendium der Endodontie*. H. Schaub AG, Bern 1977
- Guldener PHA: Endodontische Zugangskavität und Lokalisierung der Kanaleingänge. In: Guldener PHA, Langeland K, Hotz P (Hrsg.): *Endodontologie: Diagnostik und Therapie*. 3. Auflage; Thieme, Stuttgart 1993, 169–175
- Guldener PHA, Langeland K, Rocke H: Aufbereitung und Desinfektion des Wurzelkanals. In: Guldener PHA, Langeland K, Hotz P (Hrsg.): *Endodontologie: Diagnostik und Therapie*. 3. Auflage; Thieme, Stuttgart 1993, 187–227
- Gupta R, Rai R (2013): The adoption of new endodontic technology by Indian dental practitioners: A questionnaire survey. *J Clin Diagn Res* 7, 2610–2614
- Gutmann JL, Lovdahl PE: *Problem Solving in Endodontics: Prevention, identification, and management*. 5th edition; Elsevier Mosby, Maryland Heights 2011
- Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TMT, Orstavik D, Haapasalo MPP (2000): Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J* 33, 126–131
- Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM (2005): Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 10, 77–102
- Haapasalo M, Shen Y: Irrigation and disinfection. In: Bjørndal L, Kirkevang LL, Withworth J (Hrsg.): *Textbook of Endodontology*. 3. Auflage; John Wiley & Sons Inc., Newark 2018, 231–246
- Haapasalo M, Shen Y, Lin JS, Park E, Qian W, Wang Z: Irrigants and intracanal medicaments. In: Rotstein I, Ingle JI (Hrsg.): *Ingle's Endodontics*. 7th edition; PMPH USA, Raleigh 2019, 635–668
- Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y (2014): Irrigation in endodontics. *Br Dent J* 216, 299–303
- Hänni S: Wurzelkanalspülung. In: Lussi A, Schaffner M (Hrsg.): *Fortschritte der Zahnerhaltung*. Quintessenz, Berlin 2010, 207–214

- Harris CA (ed.): American Journal of Dental Science (Vol. 1-2). William Gird Bee-croft, Philadelphia 1839
- Heling I, Chandler NP (1998): Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *Int Endod J* 31, 8–14
- Hellwig E, Klimek J, Attin T: Einführung in die Zahnerhaltung: Prüfungswissen Ka-riologie, Endodontologie und Parodontologie. 13. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2018
- Hommez GMG, Braem M, de Moor RJG (2003): Root canal treatment performed by Flemish dentists. Part 1. Cleaning and shaping. *Int Endod J* 36, 166–173
- Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E (2007): Dynamic recor-ding of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J* 40, 11–17
- Hülsmann M: Endodontie (Dent-Praxis). Thieme, Stuttgart 1993
- Hülsmann M (1996): Zur Geschichte der Wurzelkanalaufbereitung. *Endodontie* 2, 97–112
- Hülsmann M: Die Aufbereitung des Wurzelkanals. In: Heidemann D (Hrsg.): Endo-dontie (Praxis der Zahnheilkunde Band 3). Urban & Fischer, München 2001, 80–122
- Hülsmann M: Spülung. In: Hülsmann M (Hrsg.): Wurzelkanalaufbereitung mit Ni-ckel-Titan-Instrumenten: Ein Handbuch (Quintessenz-Bibliothek). Quintessenz, Berlin 2002, 181–196
- Hülsmann M: Endodontie. 1. Auflage; Thieme, Stuttgart 2008
- Hülsmann M, Rödiger T: Disinfection. In: Baumann MA, Beer R (Hrsg.): Endodonto-logy. Thieme, Stuttgart 2011a, 189–198
- Hülsmann M, Rödiger T: Ultrasonically activated irrigation. In: Baumann MA, Beer R (Hrsg.): Endodontology. Thieme, Stuttgart 2011b, 198–199
- Hülsmann M, Schäfer E: Arbeitslänge und Patency. In: Hülsmann M, Schäfer E (Hrsg.): Probleme in der Endodontie: Prävention, Identifikation und Management. 2. Auflage; Quintessenz, Berlin 2019a, 193–214

- Hülsmann M, Schäfer E: Preparation of the coronal and radicular spaces. In: Rotstein I, Ingle JI (Hrsg.): Ingle's Endodontics. 7th edition; PMPH USA, Raleigh 2019b, 557–633
- Hülsmann M, Schäfer E: Probleme der Desinfektion. In: Hülsmann M, Schäfer E (Hrsg.): Probleme in der Endodontie: Prävention, Identifikation und Management. 2. Auflage; Quintessenz, Berlin 2019c, 255–290
- Iqbal A, Akbar I, Qureshi B, Sghaireen MG, Al-Omiri MK (2014): A survey of standard protocols for endodontic treatment in North of KSA. *ISRN Dent* 2014, 1–4
- Järvinen H, Tenovuo J, Huovinen P (1993): In vitro susceptibility of *Streptococcus mutans* to chlorhexidine and six other antimicrobial agents. *Antimicrob Agents Chemother* 37, 1158–1159
- Jenkins SM, Hayes SJ, Dummer PM (2001): A study of endodontic treatment carried out in dental practice within the UK. *Int Endod J* 34, 16–22
- Takehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ (1965): The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 20, 340–349
- Kamann W: Trockenlegung der Zähne. In: Gängler P, Hoffmann T, Willershausen B, Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg.): Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie (Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde). 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2005, 155–157
- Kaptan RF, Haznedaroglu F, Kayahan MB, Basturk FB (2012): An investigation of current endodontic practice in Turkey. *Sci World J* 2012, 1–6
- Karl A: Einlagefreie Wurzelbehandlung nach Riebler. Buchdruckerei Heinr. Henke, Anröchte 1962
- Ketterl W: Endodontie: Kompendium für Studium und Praxis. Hüthig, Heidelberg 1984
- Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M (2006): Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *J Endod* 32, 417–420
- Kim E, Fallahrastegar A, Hur YY, Jung IY, Kim S, Lee SJ (2005): Difference in root canal length between Asians and Caucasians. *Int Endod J* 38, 149–151

- Klimm HW, Arnold M, Viergutz G: Endodontische Therapie. In: Klimm WH (Hrsg.): Endodontologie: Lehrbuch für Studium und Beruf. 2. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2011, 225–412
- Klimm W: Endodontische Therapie. In: Klimm W (Hrsg.): Endodontologie: Grundlagen und Praxis. 1. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2003, 179–295
- Koçkapan C: Aufbereitung der Wurzelkanäle. In: Koçkapan C (Hrsg.): Curriculum Endodontie. Quintessenz, Berlin 2003a, 285–348
- Koçkapan C: Kofferdam. In: Koçkapan C (Hrsg.): Curriculum Endodontie. Quintessenz, Berlin 2003b, 161–190
- Koçkapan C: Präparation der Zugangskavität. In: Koçkapan C (Hrsg.): Curriculum Endodontie. Quintessenz, Berlin 2003c, 213–250
- Koçkapan C: Spülen der Wurzelkanäle. In: Koçkapan C (Hrsg.): Curriculum Endodontie. Quintessenz, Berlin 2003d, 349–374
- Komorowski R, Grad H, Wu XY, Friedman S (2000): Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J Endod* 26, 315–317
- Kuruvilla JR, Kamath MP (1998): Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod* 24, 472–476
- Kvist T, van der Sluis L: Nonsurgical retreatment. In: Bjørndal L, Kirkevang LL, Withworth J (Hrsg.): Textbook of Endodontology. 3rd edition; John Wiley & Sons Inc., Newark 2018, 343–360
- Lehmann KM, Hellwig E: Einführung in die restaurative Zahnheilkunde: Ein Lehrbuch für den propädeutischen Studienabschnitt. 8. Auflage; Urban & Schwarzenberg, München 1998
- Lin PY, Huang SH, Chang HJ, Chi LY (2014): The effect of rubber dam usage on the survival rate of teeth receiving initial root canal treatment: A nationwide population-based study. *J Endod* 40, 1733–1737
- Markvart M, Sunde PT: Controlling the environment - the aseptic working field. In: Bjørndal L, Kirkevang LL, Withworth J (Hrsg.): Textbook of Endodontology. 3rd edition; John Wiley & Sons Inc., Newark 2018, 185–193

- Martin H (1976): Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 42, 92–99
- Mayer T: *Kompromisse und Grenzen in der Endodontologie*. Spitta, Balingen 2005
- Miller WD (1849): An introduction to the study of the bacterio-pathology of the dental pulp. *Dent Cosmos* 36, 505–528
- Mohammadi Z (2008): Sodium hypochlorite in endodontics: An update review. *Int Endod J* 58, 329–341
- Molander A, Reit C, Dahlén G, Kvist T (1998): Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 31, 1–7
- Moorer WR, Wesselink PR (1982): Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 15, 187–196
- Morse DR: *Clinical Endodontology*. Charles C Thomas Publisher, Springfield 1974
- Moser JB, Heuer MA (1982): Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 53, 425–428
- Munce JC, Pannkuk TF, Azim AA, Patel RG, Simon Z: Preparation for treatment. In: Rotstein I, Ingle JI (Hrsg.): *Ingle's Endodontics*. 7th edition; PMPH USA, Raleigh 2019, 509–556
- Natto ZS (2014): A survey of root canal treatment in Saudi Arabia: A pilot study. *Oral Health Dent Manag* 13, 354–358
- Ng Y, Spratt D, Sriskantharajah S, Gulabivala K (2003): Evaluation of protocols for field decontamination before bacterial sampling of root canals for contemporary microbiology techniques. *J Endod* 29, 317–320
- Nicholls E: *Endodontics*. 2nd edition; Wright, Bristol 1977
- Nisengard RJ, Goodman AD, Schein B: Periapical infections. In: Nisengard RJ, Newman MG (Hrsg.): *Oral Microbiology and Immunology*. 2nd edition; Saunders, Philadelphia 1994
- Nolden R, Sauerwein E: *Zahnerhaltungskunde: Präventive Zahnheilkunde, Kariologie, Endodontologie, Parodontologie, Kinderzahnheilkunde*. 6. Auflage; Thieme, Stuttgart 1994

- Nygaard-Østby B (1957): Chelation in root canal therapy: Ethylenediaminetetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol Tidskr*, 3–11
- Ohara P, Torabinejad M, Kettering JD (1993): Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. *Dent Traumatol* 9, 95–100
- Ørstavik D: Endodontic treatment of Apical Periodontitis. In: Ørstavik D (Hrsg.): *Essential Endodontology: Prevention and treatment of apical periodontitis*. 3rd edition; Wiley Blackwell, Hoboken, New Jersey 2020, 313–344
- Palmer NOA, Ahmed M, Grieveson B (2009): An investigation of current endodontic practice and training needs in primary care in the north west of England. *Br Dent J* 206, 584-585
- Park E, Shen Y, Khakpour M, Haapasalo M (2013): Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. *J Endod* 39, 511–515
- Patterson SS, Newton CW: Preparation of root canals and filling by lateral condensation techniques. In: Gerstein H (Hrsg.): *Techniques in Clinical Endodontics*. W.B. Saunders, Philadelphia 1983, 42–75
- Pecchioni A: *Die Wurzelkanalbehandlung: Eine praktische Anleitung für Studierende und Praktiker*. Quintessenz, Berlin 1982
- Peciuliene V, Rimkuvienė J, Aleksejuniene J, Haapasalo M, Drukteinis S, Maneliene R (2010): Technical aspects of endodontic treatment procedures among Lithuanian general dental practitioners. *Stomatologija* 12, 42–50
- Pedullà E, Genovese C, Campagna E, Tempera G, Rapisarda E (2012): Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: An ex vivo study. *Int Endod J* 45, 865–870
- Perez R, Neves AA, Belladonna FG, Silva EJ, Souza EM, Fidel S, Versiani MA, Lima I, Carvalho C, De-Deus G (2017): Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. *Int Endod J* 50, 560–568
- Peters OA, Arias A: Shaping, disinfection, and obturation for molars. In: Peters OA (Hrsg.): *The Guidebook to Molar Endodontics*. Springer, Berlin 2017, 133–168
- Peters OA, Arias A: Access and canal negotiation: the first key procedural steps for successful endodontic treatment. In: Bjørndal L, Kirkevang LL, Withworth J

- (Hrsg.): Textbook of Endodontology. 3rd edition; John Wiley & Sons Inc., Newark 2018, 195–204
- Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E (2011): Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod* 37, 1008–1012
- Peters OA, Paqué F: Shaping the root canal system to promote effective disinfection. In: Cohenca N (Hrsg.): Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis. John Wiley & Sons Inc., Ames 2014, 91–108
- Peters OA, Peters CI: Cleaning and Shaping the Root Canal System. In: Cohen S, Hargreaves KM (Hrsg.): Pathways of the Pulp. 9th edition; Elsevier Mosby, St. Louis 2002, 290–357
- Peters OA, Schonenberger K, Laib A (2001): Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 34, 221–230
- Pilz W, Plathner CH, Taatz H: Grundlagen der Kariologie und Endodontie. 3. Auflage; C. Hanser Verlag, München 1980
- Pitt Ford TR, Pitt Ford HE, Rhodes JS: Endodontics: Problem-solving in clinical practice. Martin Dunitz, London 2002
- Pyner DA: Erfolgreiche Endodontie leichtgemacht: Die Alternative zu N 2 für die tägliche Praxis. Quintessenz, Berlin 1980
- Ram Z (1977): Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 44, 306–312
- Redtenbacher K: Wurzelbehandlung vitaler und gangränöser Zähne in einer Sitzung. Zahnärztl.-Medizin. Schrifttum, München 1972
- Retamozo B, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M (2010): Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 36, 520–523
- Reuter JE (1983): The isolation of teeth and the protection of the patient during endodontic treatment. *Int Endod J* 16, 173–181
- Ricucci D, Siqueira JF: Endodontology: An Integrated Biological and Clinical View. Quintessence, London 2013

- Roda RS, Gettleman BH: Non-surgical retreatment. In: Cohen S, Hargreaves KM (Hrsg.): Pathways of the Pulp. 9th edition; Elsevier Mosby, St. Louis 2002, 944–1010
- Rödig T: Wurzelkanalpräparation. In: Rödig T, Baxter S, Haupt F, Hülsmann M (Hrsg.): Grundlagen der modernen Endodontie. 2. Auflage; Spitta, Balingen 2021, 137–184
- Sanches Cunha R, Da Silveira Bueno CE: Disinfection in nonsurgical retreatment cases. In: Basrani B (Hrsg.): Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System. Springer International Publishing, Cham 2015, 285–300
- Sargenti A: Rationelle Wurzelbehandlung. Quintessenz, Berlin 1968
- Savani GM, Sabbah W, Sedgley CM, Whitten B (2014): Current trends in endodontic treatment by general dental practitioners: Report of a United States national survey. J Endod 40, 618–624
- Scelza MF, Antoniazzi JH, Scelza P (2000): Efficacy of final irrigation - A scanning electron microscopic evaluation. J Endod 26, 355–358
- Schäfer E: Preparation of the root canal system. In: Chong BS (Hrsg.): Harty's Endodontics in Clinical Practice. 7th edition; Elsevier Health Sciences, Saint Louis 2016, 113–128
- Schilder H (1974): Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 18, 269–296
- Schilder H: Vertical compaction of warm gutta percha. In: Gerstein H (Hrsg.): Techniques in Clinical Endodontics. W.B. Saunders, Philadelphia 1983, 76–98
- Schroeder A: Endodontie: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2. Auflage; Quintessenz, Berlin 1981
- Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B (2005): Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. Int Endod J 38, 97–104
- Sen BH, Wesselink PR, Türkün M (1995): The smear layer: A phenomenon in root canal therapy. Int Endod J 28, 141–148



- Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse ND, Zhou X, Wu H, Haapasalo M (2010): Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles. *J Endod* 36, 884–889
- Silhacek KJ, Taake KR (2005): Sodium bicarbonate and hydrogen peroxide: The effect on the growth of *Streptococcus mutans*. *J Dent Hyg* 79, 7
- Siqueira JF, Lopes HP: Chemomechanical preparation. In: Siqueira JF (Hrsg.): *Treatment of Endodontic Infections*. Quintessence, London 2011, 235–284
- Siqueira JF, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, Uzeda M de (1997): Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *Int Endod J* 30, 279–282
- Siqueira JF, Rôças IN: Controlling endodontic infections - An overview. In: Siqueira JF (Hrsg.): *Treatment of Endodontic Infections*. Quintessence, London 2011, 211–234
- Siqueira JF, Rôças IN: Intracanal medication. In: Chong BS (Hrsg.): *Harty's Endodontics in Clinical Practice*. 7th edition; Elsevier Health Sciences, Saint Louis 2016, 129–150
- Siren EK, Haapasalo MPP, Ranta K, Salmi P, Kerosuo ENJ (1997): Microbiological findings and clinical treatment procedures in endodontic cases selected for microbiological investigation. *Iran Endod J* 30, 91–95
- Slaus G, Bottenberg P (2002): A survey of endodontic practice amongst Flemish dentists. *Int Endod J* 35, 759–767
- Sobkowiak E-M, Wegner H: *Konservierende Stomatologie*. 2. Auflage; Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1985
- Souza RA (2006): The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J* 17, 6–9
- Städtler P: Behandlung des Wurzelkanals. In: Städtler P (Hrsg.): *Zahnerhaltung in Klinik und Praxis: Prophylaxe, Füllungstherapien, Endodontie, Kinderzahnheilkunde*. ecomed, Landsberg am Lech 1994, 459–540
- Stock CJR: Die Aufbereitung des Wurzelkanals. In: Stock CJR, Nehammer CF (Hrsg.): *Endodontie praxisnah*. Hanser, München 1994, 43–50

- Stock CRJ, Gulabivala K: Wurzelkanalaufbereitung. In: Stock CRJ, Walker R, Gulabivala K (Hrsg.): Endodontie. 1. Auflage; Elsevier, München 2005, 135–172
- Sundqvist G: Bacteriological studies of necrotic dental pulps. Med. Diss. University of Umea 1976
- Suter B: Wurzelkanalaufbereitung. In: Lussi A, Schaffner M (Hrsg.): Fortschritte der Zahnerhaltung. Quintessenz, Berlin 2010, 193–206
- Topbas C, Adiguzel O (2017): Endodontic irrigation solutions: A review. *Int J Dent Res* 7, 54–61
- Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK (2002): Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 94, 658–666
- Tosić G, Miladinović M, Kovaević M, Stojanović M (2016): Choice of root canal irrigants by Serbian dental practitioners. *Vojnosanit Pregl* 73, 47–52
- Tronstad L: Clinical Endodontics: A Textbook. 2nd edition; Thieme, Stuttgart 2003
- Tronstad L, Langeland K (1971): Effect of attrition on subjacent dentin and pulp. *J Dent Res* 50, 1–30
- Trope M, Debelian G: Endodontics Manual for the General Dentist. Quintessence, New Malden 2005
- Unal GC, Kaya BU, Tac AG, Kececi AD (2012): Survey of attitudes, materials and methods preferred in root canal therapy by general dental practice in Turkey: Part 1. *Eur J Dent* 6, 376–384
- Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR (2007): Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 40, 415–426
- Van Thoden Velzen SK, Genet JM, Kersten H. W., Moorer W. R., Wesselink PR: Endodontie. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1988
- Vera J: The role of the patency file in endodontic therapy. In: Basrani B (Hrsg.): Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System. Springer International Publishing, Cham 2015, 137–148

- Vera J, Hernández EM, Romero M, Arias A, van der Sluis LWM (2012): Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: An in vivo study. *J Endod* 38, 1340–1343
- Vertucci FJ (1984): Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 58, 589–599
- Vertucci FJ, Haddix JE, Britto LR: Tooth morphology and access cavity preparation. In: Cohen S, Hargreaves KM (Hrsg.): *Pathways of the Pulp*. 9th edition; Elsevier Mosby, St. Louis 2002, 148–232
- Virdee SS, Farnell DJJ, Silva MA, Camilleri J, Cooper PR, Tomson PL (2020): The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: An ex vivo experiment. *Int Endod J* 53, 986–997
- Walsch H: The hybrid concept of nickel-titanium rotary instrumentation. In: Baumann MA, Beer R (Hrsg.): *Endodontology*. Thieme, Stuttgart 2011, 177–186
- Walton RE, Rivera EM: Cleaning and shaping. In: Walton RE, Torabinejad M (Hrsg.): *Principles and Practice of Endodontics*. 3rd edition; Saunders, Philadelphia 2002, 206–238
- Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP (1979): Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod* 5, 258–265
- Weine FS: Intracanal treatment procedures, basic and advanced topics. In: Weine FS (Hrsg.): *Endodontic Therapy*. 3rd edition; Mosby, St. Louis 1982, 256–340
- Wenz HJ, Hellwig E: *Zahnärztliche Propädeutik: Einführung in die Zahnheilkunde*. 14. Auflage; Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln 2019
- Whitworth J: Vital Pulp Extirpation. In: Ørstavik D (Hrsg.): *Essential Endodontology: Prevention and treatment of apical periodontitis*. 3. Auflage; Wiley Blackwell, Hoboken, New Jersey 2020, 275–312
- Whitworth JM, Seccombe GV, Shoker K, Steele JG (2000): Use of rubber dam and irrigant selection in UK general dental practice. *Int Endod J* 33, 435–441
- Willershausen I, Wolf TG, Schmidtman I, Berger C, Ehlers V, Willershausen B, Briseño B (2015): Survey of root canal irrigating solutions used in dental practices within Germany. *Int Endod J* 48, 654–660

- Wu MK, Wesselink PR (1995): Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 79, 492–496
- Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS (1983): A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod* 9, 137–142
- Zaparolli D, Saquy PC, Cruz-Filho AM (2012): Effect of sodium hypochlorite and EDTA irrigation, individually and in alternation, on dentin microhardness at the furcation area of mandibular molars. *Braz Dent J* 23, 654–658
- Zehnder M (2006): Root canal irrigants. *J Endod* 32, 389–398
- Zhang W, Suguro H, Kobayashi Y, Tsurumachi T, Ogiso B (2011): Effect of canal taper and plugger size on warm gutta-percha obturation of lateral depressions. *J Oral Sci* 53, 219–224
- Zirkel C: Spülung des Endodonts. In: Bargholz C, Hör D, Zirkel C (Hrsg.): *Praxisleitfaden Endodontie*. 1. Auflage; Elsevier, Urban & Fischer, München 2006, 241–258
- Zuolo ML, Kherlakian D, Mello JE de, Carvalho MCC de, Fagundes MIRC, Hülsmann M: *Endodontische Revisionen*. Quintessenz, Berlin 2017

---

## **Danksagung**

Mein größter Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. dent. Michael Hülsmann für die Möglichkeit der Promotion und die Vergabe des Dissertationsthemas. Nur durch seine stetige und motivierende Betreuung und die raschen Korrekturen konnte ich diese Arbeit fertig stellen. Zusätzlich möchte ich mich für die Leihgabe eines Großteils seiner endodontischen Privatbibliothek bedanken.

Herrn Priv.-Doz. Dr. Steffen Unkel gilt mein Dank für die stets konstruktiven Hilfestellungen und Verbesserungsvorschläge.