

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Wolfgang H.-M. Raab

Repräsentative Umfrage zur Aufbereitung von Wurzelkanalinstrumenten in Deutschland

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Evelyn Martin

2016

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

gez.

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Priv.-Doz. Dr. med. dent. David Sonntag

Zweitgutachter: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Alfons Hugger

Eigene Veröffentlichung

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Sonntag D., Martin E., Raab W.H.M.

Representative survey on the reprocessing of endodontic instruments in Germany.

Br Dent J, 2016. **220**(9): p. 465-9.

Zusammenfassung

Ziele

Ziele dieser Studie sind, anhand einer repräsentativen Umfrage festzustellen, inwieweit die Richtlinien des Robert Koch-Instituts zur Aufbereitung von Wurzelkanalinstrumenten in niedergelassenen Zahnarztpraxen in Deutschland umgesetzt werden und welcher Zeitaufwand mit der vollständigen Aufbereitung verbunden ist. Des Weiteren soll ermittelt werden, inwieweit Faktoren wie Alter und Geschlecht der Zahnärztinnen und Zahnärzte Einfluss auf die Einhaltung der Richtlinien haben.

Methodik

Ein einseitiger Fragebogen mit neun Fragen wurde an 4.000 niedergelassene Zahnärztinnen und Zahnärzte in Nordrhein-Westfalen versendet. Neben Alters- und Geschlechtsangaben wurden die Vorgehensweise und der Gesamtaufwand für die Aufbereitung ermittelt. Anschließend wurden die erhobenen Daten mithilfe des Chi-Quadrattests und dem Effektstärkemaß Cramer's V statistisch ausgewertet. Bei den Tests wurden die Ergebnisse mit $p < 0,05$ als signifikant erachtet.

Ergebnisse

Die Rücklaufquote betrug 29,4% ($n = 1.177/4.000$). 59 Fragebögen enthielten mehrere unbeantwortete Fragen, so dass 1.118 Fragebögen (28,0%) auswertbar waren. Zunächst wurde die Repräsentativität der Umfrage kontrolliert. Obwohl numerisch signifikante Abweichungen in Bezug auf Alter und Geschlecht der Befragten zu der Verteilung in Nordrhein-Westfalen ($p < 0,001$) und in Deutschland ($p < 0,001$) vorliegen, zeigen die errechneten Effektstärken zwischen 0,12 und 0,21, dass es sich um geringe Unterschiede handelt und die durchgeführte Umfrage repräsentativ für Nordrhein-Westfalen und Deutschland ist. 31,7% ($n = 354/1.118$) der Befragten erfüllen die Richtlinien, während 68,3% ($n = 764/1.118$) diese ganz oder teilweise nicht berücksichtigen ($p < 0,001$). Es gibt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Alter ($p = 0,31$) und Geschlecht ($p = 0,194$) der Zahnärztinnen und Zahnärzte und der Einhaltung der Richtlinien. 68,1% der Befragten nehmen an, dass der Zeitaufwand zur Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung pro Patient, ohne Laufzeit von Reinigungs- und Desinfektionsgerät und Sterilisator, länger als die kalkulierten neun Minuten dauert ($p < 0,001$).

Schlussfolgerung

Die Studienergebnisse zeigen auf, dass die Richtlinien des Robert Koch-Instituts zur Reinigung, Desinfektion und Sterilisation von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung nicht ausreichend oder gar nicht eingehalten werden. Aufgrund dieser Ergebnisse sollte die Anwendung der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung als Einweginstrumente in Betracht gezogen werden.

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
BSE	Bovine Spongiforme Enzephalopathie
DGZ	Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung
e. V.	eingetragener Verein
MPBetreibV	Medizinprodukte-Betreiberverordnung
NRW	Nordrhein-Westfalen
RDG	Reinigungs- und Desinfektionsgerät
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
vCJK	Variante Creutzfeldt-Jakob-Krankheit
ZFA	Zahnmedizinische Fachangestellte

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung in die Thematik.....	1
1.2	Creutzfeldt-Jakob-Krankheit	1
1.3	Richtlinien des Robert Koch-Instituts zur Aufbereitung von Medizinprodukten	4
1.4	Gesamtzeit der Aufbereitung.....	7
1.5	Studien zur Durchführung und Effektivität der Aufbereitung	7
2	Ziele der Arbeit.....	10
3	Material und Methoden.....	11
3.1	Anzahl der zu befragenden Zahnärztinnen und Zahnärzte	11
3.2	Auswahl der zu befragenden Zahnärztinnen und Zahnärzte	12
3.3	Versuchsablauf	13
3.4	Statistische Auswertung	14
4	Ergebnisse	15
4.1	Rücklaufquote.....	15
4.2	Zahlen und Daten aus der Umfrage	15
4.3	Repräsentativität der Umfrage.....	17
4.4	Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts	19
4.5	Einflussfaktor Geschlecht	22
4.6	Einflussfaktor Alter.....	22
4.7	Gesamtzeitaufwand.....	23
5	Diskussion.....	24
5.1	Material und Methode.....	24
5.2	Rücklaufquote.....	25
5.3	Repräsentativität der Umfrage.....	26
5.4	Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts	27
5.5	Einmalgebrauch der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung	28
5.6	Einflussfaktoren Alter und Geschlecht	30
5.7	Gesamtzeitaufwand	31
6	Schlussfolgerung	33
7	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	34
8	Anhang	38
8.1	Anschreiben an die Zahnarztpraxen	38
8.2	Fragebogen	39
8.3	Tabelle der ermittelten Zahnärztezahlen.....	40
	Danksagung	
	Eidesstattliche Versicherung	

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung dienen der Reinigung und Erweiterung von Wurzelkanälen. Eine Wurzelkanalbehandlung wird dann nötig, wenn die Zahnpulpa irreversibel geschädigt ist, nekrotisch ist oder anstehende restaurative Maßnahmen eine Devitalisation erfordern [1].

Bei der Zahnpulpa handelt es sich um den Weichgewebeskern eines Zahnes, der aus vaskularisiertem und innerviertem Bindegewebe besteht. Die Nervenfasern, die dem Nervus Trigeminus entstammen, treten gemeinsam mit den Blutgefäßen durch das Foramen apicale in die Zahnpulpa ein.

Die bei einer Wurzelkanalaufbereitung zum Einsatz kommenden Instrumente können nach der Aufbereitung (Reinigung, Desinfektion und Sterilisation) in Abhängigkeit von den Herstellerangaben wiederverwendet werden. Die Aufbereitung soll unter anderem die Möglichkeit der iatrogenen Übertragung von Krankheiten, insbesondere der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit durch die Übertragung infektiöser Prionen, ausschließen. Während das Risiko einer Übertragung von Bakterien, Viren und Pilzen über zahnärztliche Instrumente durch die Sterilisation im Autoklaven sicher reduziert werden kann [2], stellen Prionen aufgrund ihrer thermischen Resistenz gegenüber herkömmlichen Dekontaminationsmethoden eine große Herausforderung dar [3].

1.2 Creutzfeldt-Jakob-Krankheit

Die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit gehört zu den spongiformen Enzephalopathien des Zentralen Nervensystems und verläuft immer tödlich [4]. Neben der angesprochenen iatrogenen Form, kann die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit auch sporadisch oder familiär auftreten. Dabei ist die sporadische Form der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit mit etwa 85% aller Fälle die häufigste Form [3] mit einer weltweiten Inzidenz von 0,10 und 0,15 Fällen/100.000 Einwohnern [5]. Die Ursache der sporadischen Creutzfeldt-Jakob-Krankheit ist bisher ungeklärt.

Als Erreger werden proteinartige Partikel, sogenannte Prionen, angesehen. Die natürliche Form dieser Prionen werden überwiegend auf neuronalen und lymphatischen Zellen in der Alpha-Helixstruktur exprimiert [4] und können durch

physiologische Vorgänge abgebaut werden. Pathologische Prionen liegen dagegen überwiegend in der Beta-Faltblattstruktur vor, die sich zu größeren intermolekularen Aggregaten zusammenlagern können [6]. Das hat zur Folge, dass sie nicht durch physiologische Vorgänge abgebaut werden können und letztlich zum Untergang des Hirngewebes führen.

Pathologische Prionen sind in der Lage, ihre Beta-Faltblattstruktur den natürlichen Prionen aufzuzwingen. Dadurch können sich die pathologischen Prionen in Form einer Kettenreaktion im Hirngewebe ausbreiten.

1996 wurde eine neue Variante der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit beschrieben, die bislang in Großbritannien mit 176 Erkrankungsfällen am häufigsten aufgetreten ist [7]. In Deutschland hingegen wurde noch kein Fall der varianten Creutzfeldt-Jakob-Krankheit (vCJK) bekannt [7, 8]. Die Krankheit steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Erreger der Bovinen Spongiformen Enzephalopathie (BSE) des Rindes und wird vermutlich über kontaminierte Lebensmittel übertragen [9]. Daneben belegen Studien, dass die variante Creutzfeldt-Jakob-Krankheit auch über kontaminierte Blutkonserven übertragen werden kann [10, 11].

Da die pathologischen Prionen bei der varianten Creutzfeldt-Jakob-Krankheit auch im Ganglion Trigeminale gefunden worden sind [12, 13], ist nicht auszuschließen, dass ebenfalls die distalen Äste des Nervus Trigeminus, welche die Zahnpulpa innervieren, infiziert sind. Die Weltgesundheitsorganisation ordnet das Ganglion Trigeminale bei der varianten Creutzfeldt-Jakob-Krankheit den Geweben mit hoher Infektiosität zu [14].

Eine klinische Studie an extrahierten Zähnen erbrachte den Nachweis, dass natürliche Prionen neben dem zentralen Nervensystem auch in Odontoblasten, Zementoblasten, Nervenfasern und Mallassez'schen Epithelresten präsent sind [15], so dass im Krankheitsfall eine Umwandlung der physiologischen Prionen auch in diesen Geweben theoretisch möglich ist.

Angesichts dieser Ergebnisse kann eine Gefahr der Krankheitsübertragung durch zahnärztliche Eingriffe, insbesondere bei endodontischen Behandlungen, nicht ausgeschlossen werden. Auch wenn bisher kein Fall der varianten Creutzfeldt-Jakob-Krankheit verbunden mit einer zahnmedizinischen Behandlung aufgetreten ist [16], kommen während einer endodontischen Behandlung die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung mit potentiell

infektiösem Nervengewebe in Kontakt. Zwar wurden in der Zahnpulpa keine pathologischen Prionen nachgewiesen [14], eine Tierversuchsstudie an Hamstern zeigte jedoch, dass eine pulpale Übertragung der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit denkbar ist [17]. Ein mögliches Übertragungsrisiko bleibt daher bestehen, wenngleich orale Gewebe als low-risk eingestuft werden [3].

Bei Patienten mit einer klinisch wahrscheinlichen oder möglichen Erkrankung an der varianten Creutzfeldt-Jakob-Krankheit müssen nach allen klinischen Anwendungen semikritische und kritische Medizinprodukte verbrannt werden [18].

In der Humanmedizin würde die Zerstörung des Instrumentariums, aufgrund der hohen Anschaffungskosten, ein besonderes Problem darstellen. Die Neuropathologie der Uniklinik Göttingen bietet daher einen Gerätepool für Eingriffe bei Personen an, die an der varianten Creutzfeldt-Jakob-Krankheit erkrankt sind. Von dort erfolgen die Versendung und anschließend die spezielle Aufbereitung sowie gegebenenfalls die Entsorgung der eingesetzten Instrumente und Geräte [4].

Um das Risiko einer iatrogenen Übertragung der varianten Creutzfeldt-Jakob-Krankheit einschätzen zu können, spielt die initiale Eiweißbelastung kontaminierter chirurgischer Instrumente eine wichtige Rolle. Eine iatrogene Übertragung wird besonders wahrscheinlich, wenn die Erregerlast auf den chirurgischen Instrumenten 10^5 ID₅₀ (= Dosis, welche bei 50% der Versuchstiere zu einer Infektion führt) oder mehr beträgt, da die erste Dekontamination zu einer Reduktion der Erregerlast von mindestens fünf Zehnerpotenzen erzielt. Gewebe, die zu einer solchen Erregerlast führen, sind das Zentrale Nervensystem, die Augen und das lymphatische Gewebe. Aufgrund dieser theoretischen Überlegungen, „wären Proteinrestbelastungen von $< 100 \mu\text{g}/\text{Instrument}$ nach Reinigung und eine Inaktivierungsleistung von mindestens 10^{-4} ID₅₀ bei der Sterilisation anzustreben.“ [4]

Die variante Creutzfeldt-Jakob-Krankheit hat eine lange und symptomlose Inkubationszeit, darüber hinaus gibt es derzeit noch keine verlässliche in vivo Diagnostik. Folglich können über die Anzahl symptomloser Träger keine Angaben gemacht werden. Daher gilt es, das „zurzeit noch theoretische Risiko der iatrogenen Übertragung durch symptomlose Träger oder unerkannte Fälle der vCJK“ zu minimieren [4].

1.3 Richtlinien des Robert Koch-Instituts zur Aufbereitung von Medizinprodukten

Aufgrund der möglichen Gefahr der Krankheitsübertragung aber auch wegen der grazilen und komplexen Geometrie, werden Instrumente zur Aufbereitung von Wurzelkanälen von der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut und dem Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte als „Kritisch B“ eingestuft.

Medizinprodukte werden als „Kritisch“ bezeichnet, wenn sie Haut oder Schleimhaut durchdringen und dabei in Kontakt mit Blut, inneren Geweben oder Organen kommen. Des Weiteren weist die Bezeichnung „B“ darauf hin, dass die Aufbereitung mit erhöhtem Aufwand durchgeführt werden muss. Diese weitere Einteilung erfolgt bei den Instrumenten zur Aufbereitung von Wurzelkanälen aufgrund der komplexen Oberfläche der Instrumente [19].

Die Aufbereitung der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung besteht aus zahlreichen Arbeitsschritten und enthält vor dem Sterilisationszyklus einen aufwendigen Reinigungs- und Desinfektionsprozess.

Entsprechend den Richtlinien des Robert Koch-Instituts erfolgt nach Abschluss der Behandlung am Patienten zunächst der kontaminationsgeschützte Transport zum Aufbereitungsbereich. Anschließend müssen zerlegbare Instrumente auseinandergenommen werden [19]. Für die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung bedeutet das konkret, dass die Silikonstopper zur Einstellung der Arbeitslänge entfernt werden müssen. Abschließend werden die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung in eine spülfähige Instrumentenbox einsortiert.

Als nächster Schritt erfolgt die Reinigung und Desinfektion der Instrumente. Um eine erfolgreiche Aufbereitung der Instrumente zu gewährleisten, ist eine gründliche Reinigung und Desinfektion erforderlich. Nur vollständig gereinigte Instrumentenoberflächen sind für die nachfolgende Sterilisationswirkung zugänglich und können eine einwandfreie Aufbereitung garantieren [18, 20].

Die Reinigung und Desinfektion von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung kann nach Angaben einer 2006 veröffentlichten Empfehlung des Robert Koch-Instituts sowohl manuell, als auch maschinell durchgeführt werden, jedoch sollen thermische Verfahren in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten (RDG) vorgezogen werden [19].

2012 wurde vom Robert Koch-Institut in der Empfehlung „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten“ folgende Tabelle veröffentlicht:

Einstufung	Medizinprodukt	Vorbereitung	Reinigung und Desinfektion	Spez. Kennzeichnung	Sterilisation	Kritische Verfahrensschritte, Besondere Anforderungen
Unkritisch	z. B. EKG-Elektroden		X			
Semikritisch						
A) ohne besondere Anforderungen an die Aufbereitung	z. B. Spekulum	(X)	X		(X)	Desinfektion (Wirkungsbereich bakterizid (einschließlich Mykobakterien), fungizid und viruzid)
B) mit erhöhten Anforderungen an die Aufbereitung	z. B. Flexibles Endoskop (Gastroskop)	X ¹	X		(X ²)	Zusätzlich: s. entsprechende spez. Anlage Nr. 8 „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung flexibler Endoskope und endoskopischen Zusatzinstrumentariums“; bevorzugt maschinelle Reinigung und Desinfektion
Kritisch						
A) ohne besondere Anforderungen an die Aufbereitung	z. B. Wundhaken	(X)	X		X	Bevorzugt maschinelle Reinigung und Desinfektion (s. Text Nr. 1.3) Grundsätzlich Sterilisation mit feuchter Hitze
B) mit erhöhten Anforderungen an die Aufbereitung	z. B. MIC-Trokar	X ¹	X	(X)	X	Zusätzlich: - Nachweis einer anerkannten Ausbildung des mit der Aufbereitung Betrauten ⁴ - Grundsätzlich maschinelle Reinigung / thermische Desinfektion in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten ⁵ (s. Text Nr. 1.3) - Sterilisation mit feuchter Hitze
C) mit besonders hohen Anforderungen an die Aufbereitung	z. B. ERCP-Katheter	X ¹	X	X	X ³	Geeignete Sterilisation ³ Zusätzlich: Zertifizierung des Qualitätsmanagementsystems (DIN EN ISO 13485) in Verbindung mit der Empfehlung „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten“ durch eine von der zuständigen Behörde anerkannte Stelle; Risikoanalyse DIN EN ISO 14971 (s. Text 1.4)

¹ Vorreinigung auch unmittelbar nach Anwendung
² Gegebenenfalls bei Endoskopen, die in sterilen Körperbereichen eingesetzt werden
³ Für nicht-thermische Verfahren der Sterilisation wurde der Nachweis der Inaktivierung von Prionen bisher nicht durchgängig erbracht. Dies ist bei Medizinprodukten dieser Gruppe, die bestimmungsgemäß in Kontakt mit eröffnetem lymphatischem Gewebe oder Nervengewebe kommen, zu beachten (s. auch Anlage 7).
⁴ s. Anlage 6 Sachkenntnis des Personals
⁵ In jedem Falle Sicherstellung einer standardisierten und reproduzierbaren Reinigung mit nachgewiesener Wirkung (einschließlich der inneren Oberflächen).
(X) Arbeitsschritt optional

Tabelle 1: Risikobewertung und Einstufung von Medizinprodukten vor der Aufbereitung [18].
Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Robert Koch-Instituts (09.01.2015)

Unter „Kritische Verfahrensschritte, Besondere Anforderungen“ ist bei der Einstufung „Kritisch B“ unter anderem folgendes zu entnehmen: „Grundsätzlich maschinelle Reinigung / thermische Desinfektion in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten“ [18]. Somit sind die Angaben des Robert Koch-Instituts bezüglich der Reinigung und Desinfektion von Medizinprodukten von 2006 hinfällig und ausschließlich der Einsatz von Reinigungs- und Desinfektionsgeräten entsprechen den Vorgaben des Robert Koch-Instituts.

Bei diesen Angaben orientiert sich das Robert Koch-Institut an den Vorgaben der Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV). Im Sinne des § 4 Abs. 1 MPBetreibV ist die Aufbereitung mit geeigneten validierten Verfahren durchzuführen, die ein definiertes Ergebnis reproduzierbar und nachweisbar erbringen [21]. Darüber hinaus soll die Validierung unter Berücksichtigung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik erfolgen. Bei Reinigungs- und Desinfektionsverfahren sind insbesondere maschinelle Verfahren validierbar und daher vorrangig anzuwenden. Nicht validierte Maßnahmen wirken sich qualitätsmindernd auf das Ergebnis der Aufbereitung aus [18].

Nach der Reinigung und Desinfektion erfolgt die optische Kontrolle der Instrumente auf Unversehrtheit. Beschädigte Instrumente müssen aussortiert und sachgerecht entsorgt werden. Anschließend müssen kritische Medizinprodukte sterilisiert werden. Um eine Kontamination nach der Sterilisation zu vermeiden, sollen die Instrumente verpackt und gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung soll die Bezeichnung des Medizinproduktes, falls nicht direkt ersichtlich, sowie die Chargenkennzeichnung der erfolgten Sterilisation und das Sterilisierdatum enthalten [19]. Des Weiteren kann eine weitere Kennzeichnung notwendig sein: „Ist vom Hersteller die Anzahl der maximal möglichen Aufbereitungen eines Medizinproduktes festgelegt, muss eine entsprechende Kennzeichnung des Dentalinstrumentes erfolgen, damit bei der Entscheidung über eine erneute Aufbereitung die Anzahl der bereits durchgeführten Aufbereitungen erkennbar ist“ [19]. Für die Inaktivierung von Prionen empfiehlt das Robert Koch-Institut für die Sterilisation die Dampfsterilisation bei 134 °C mit einer Haltezeit von mindestens fünf Minuten [18]. Mit der dokumentierten Freigabe zur Lagerung der aufbereiteten Instrumente endet die Aufbereitung.

Mit der Aufbereitung von Medizinprodukten dürfen nach der Medizinprodukte-Betreiberverordnung ausschließlich Personen betraut werden, die aufgrund ihrer Ausbildung und praktischen Tätigkeit über die erforderlichen Sachkenntnisse verfügen (§ 3 Abs. 2 MPBetreibV) [22]. Das Robert Koch-Institut vermutet eine Qualifikation hierfür, wenn eine erfolgreich abgeschlossene Ausbildung in Medizinalfachberufen vorliegt oder fachspezifische Fortbildungen vorzuweisen sind [18].

1.4 Gesamtzeit der Aufbereitung

Der zeitliche Arbeitsaufwand für die Aufbereitung der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung ergibt sich aus der Summe der einzelnen, vom Robert Koch-Institut vorgegebenen Arbeitsschritte. In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Schritte für die Aufbereitung der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung pro Patient mit der jeweils angenommenen Dauer in Minuten aufgelistet. Dabei werden nur die Arbeitsschritte zeitlich berücksichtigt, die durch das Fachpersonal ausgeführt werden müssen. Die Laufzeiten des Reinigungs- und Desinfektionsgeräts sowie des Sterilisators sind nicht miteingerechnet. Daraus ergibt sich eine Gesamtzeit von 9 Minuten.

Schritte der Instrumentenaufbereitung pro Patient	Dauer in Minuten
Vorbereitung der Instrumente (Silikonstopper entfernen, Einsortieren der Instrumente in eine spülfähige Instrumentenbox)	2
Ein- und Ausräumen der Instrumente in das/aus dem RDG	1
Optische Kontrolle der Instrumente auf Sauberkeit und Unversehrtheit	2
Vorbereitung der Instrumente für die Sterilisation (Verpackung und Beschriftung der Instrumente)	2
Ein- und Ausräumen der Instrumente in den/aus dem Sterilisator	1
Dokumentation	1
Gesamtzeit	9

Tabelle 2: Einzelne Schritte der Instrumentenaufbereitung pro Patient mit Zeitangaben

1.5 Studien zur Durchführung und Effektivität der Aufbereitung

Werden die Vorgaben zur Reinigung, Desinfektion und Sterilisation von Medizinprodukten nicht sachgemäß umgesetzt, besteht die Möglichkeit einer Residualverschmutzung der Instrumente und bei Wiederverwendung am Patienten die Gefahr der Krankheitsübertragung. In zahlreichen Studien wurde die Effektivität der Dekontaminationsprozesse bei Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung untersucht. So wurden beispielsweise bei einer Studie im Rahmen einer Doktorarbeit 300 Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung von 30 Zahnarztpraxen aus Niedersachsen und Hessen eingesammelt. Die Instrumente wurden an Patienten eingesetzt und anschließend durch die

jeweilige Zahnarztpraxis gereinigt, desinfiziert, sterilisiert und zur weiteren Verwendung an Patienten freigegeben. Die Instrumente wurden im Rahmen der Studie auf Protein- und Bakterienrückstände untersucht. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass 62,7% der Instrumente Proteinrückstände aufwiesen und bei 22,7% bakterielles Wachstum nachweisbar war. Dabei zeigten die zwei Bundesländer, aus denen die Instrumente stammten, im Vergleich keine signifikanten Unterschiede [23]. In einer anderen Studie in Schottland wurden Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung sowohl von Zahnarztpraxen als auch von zahnärztlichen Kliniken eingesammelt und elektronenmikroskopisch untersucht. Die Instrumente wurden ebenfalls schon an Patienten eingesetzt, anschließend gereinigt, desinfiziert, sterilisiert und zur Wiederverwendung an Patienten freigegeben. Das Ergebnis zeigte, dass 76% (N = 22/29) der Instrumente aus Zahnarztpraxen und 14% (N = 5/37) der Instrumente aus zahnärztlichen Kliniken visuell signifikant verunreinigt waren [24]. Eine weitere Studie untersuchte 220 Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung aus 22 Zahnarztpraxen. Auch hier wurden die Instrumente bereits an Patienten eingesetzt, aufbereitet und zur Wiederverwendung freigegeben. Die Instrumente wurden lichtmikroskopisch auf visuelle Verschmutzung sowie auf Proteinrückstände untersucht. Darüber hinaus wurde mithilfe eines Fragebogens ermittelt, wie die Aufbereitung erfolgt. Die Reinigung wurde zum Teil nur durch Abwischen mit einem alkoholgetränkten Tuch durchgeführt, teilweise ohne darauffolgendes Ultraschallbad. Hier wurde ermittelt, dass 98% der Instrumente sichtbare Rückstände aufwiesen, Proteinrückstände waren auf allen Instrumenten nachweisbar [25]. In einer anderen Studie wurden eingesammelte Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung nicht nur visuell unter einem Lichtmikroskop auf Restverschmutzungen untersucht, sondern auch mithilfe des Kastle-Meyer-Tests auf Blutablagerungen getestet. Auch hier wiesen eine Vielzahl der Instrumente visuelle Restverschmutzungen (75%) auf, 7% der Instrumente wurden darüber hinaus positiv auf Blut getestet [26].

2007 wurde bei einer empirischen Studie in Glasgow 179 Zahnarztpraxen zur Reinigung, Desinfektion und Sterilisation befragt. Das Ergebnis zeigt unter anderem, dass nahezu alle Praxen (98%) manuell reinigen, 92% der Praxen verwenden dabei Ultraschallbäder und keiner der befragten Praxen besitzt ein Reinigungs- und Desinfektionsgerät [27].

Eine Studie in England verglich die Proteinrückstände manuell gereinigter zahnärztlicher Instrumente, mit und ohne Ultraschallbad, mit maschinell gereinigten Instrumenten in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten. Dabei wiesen die maschinell gereinigten Instrumente signifikant weniger Rückstände auf [28]. Angesichts der bedeutsamen Relevanz der einer einwandfreien Dekontamination von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung zukommt, stellt sich daher die Frage, wie erfolgt die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung in Deutschland und werden die vorgegebenen Richtlinien des Robert Koch-Instituts eingehalten.

2 Ziele der Arbeit

Ziele dieser Arbeit sind, anhand einer repräsentativen Umfrage festzustellen, inwieweit die Richtlinien des Robert Koch-Instituts zur Aufbereitung von Wurzelkanalinstrumenten in niedergelassenen Zahnarztpraxen in Deutschland umgesetzt werden. Es wird geprüft, ob die Richtlinien in Bezug auf die Vorbereitung der Instrumente, die Reinigung und Desinfektion sowie die durchführende Person eingehalten werden, und ob ein Zusammenhang zwischen Alter und Geschlecht der Verantwortlichen mit der Einhaltung der Richtlinien besteht. Des Weiteren soll ermittelt werden, welcher Zeitaufwand mit der vollständigen Aufbereitung vor der Wiederverwendung benötigt wird. Hierfür wurden 4.000 Zahnarztpraxen in Nordrhein-Westfalen zur Vorgehensweise und zum Zeitaufwand der Dekontamination von Wurzelkanalinstrumenten postalisch befragt. Anschließend wurden die Fragebögen hinsichtlich folgender Hypothesen ausgewertet:

- I. Wurzelkanalinstrumente werden in niedergelassenen Zahnarztpraxen nicht entsprechend den Richtlinien des Robert Koch-Instituts aufbereitet.
- II. Frauen und Männer setzen die vorgegebenen Richtlinien unterschiedlich gut um.
- III. Jüngere (bis 44 Jahre) und ältere (ab 45 Jahre) Zahnärztinnen und Zahnärzte setzen die vorgegebenen Richtlinien unterschiedlich gut um.
- IV. Der Gesamtzeitaufwand für die Aufbereitung der Wurzelkanalinstrumente pro Patient beträgt weniger als zehn Minuten.

3 Material und Methoden

3.1 Anzahl der zu befragenden Zahnärztinnen und Zahnärzte

Mit Hilfe des Programms G*Power 3.1 wurde eine a-priori-Teststärkeanalyse durchgeführt (Abb. 1). Um eine Teststärke von mindestens 80% zu erreichen, wird für einen Mittelwertvergleich zwischen zwei unabhängigen Gruppen mit einem angenommenen kleinen Effekt ($d = 0,20$) und einem Alpha-Fehlerniveau von 5%, eine Gesamtstichprobe von mindestens 788 Teilnehmern benötigt.

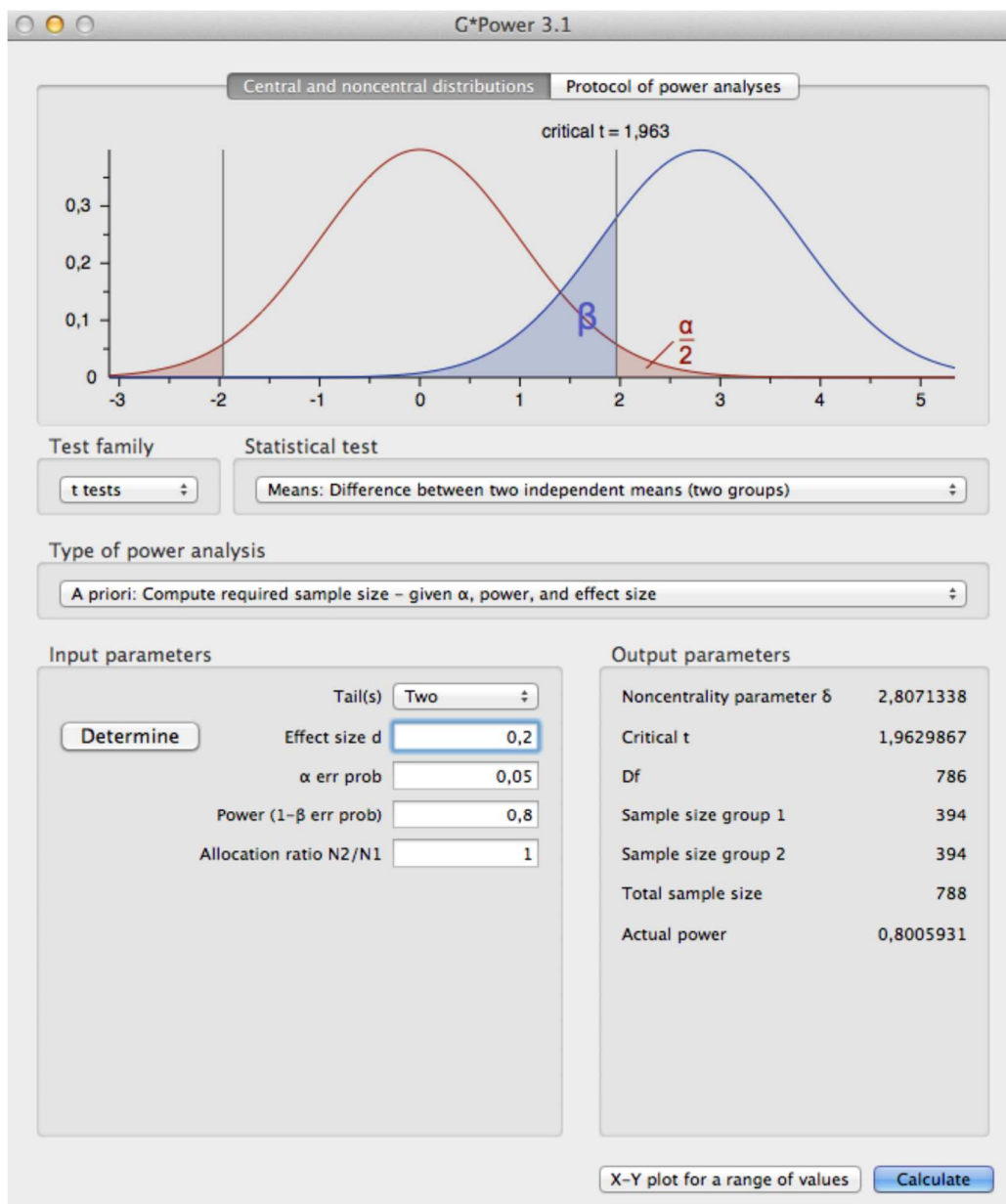


Abb. 1: Teststärkeanalyse für einen Mittelwertvergleich für zwei unabhängige Gruppen, mit einem angenommenen kleinen Effekt ($d = 0,20$) und einem Alpha-Fehlerniveau von 5%. G*Power 3.1

Die Anzahl von 4.000 zu befragenden Zahnärztinnen und Zahnärzten ergibt sich aus der Annahme, dass bei einer postalischen Umfrage die Rücklaufquote bei 20 – 25% liegt.

3.2 Auswahl der zu befragenden Zahnärztinnen und Zahnärzte

Die Umfrage wurde im bevölkerungsreichsten Bundesland Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Zum einen spiegelt es die bundesweite Verteilung der Zahnärztinnen und Zahnärzte in Bezug auf Alter und Geschlecht annähernd wider, zum anderen wurde aufgrund des Standorts der Heinrich-Heine-Universität in der Landeshauptstadt Düsseldorf eine rege Beteiligung erwartet. Die Alters- und Geschlechtsverteilung sind dem Statistischen Jahrbuch 2012/2013 der Bundeszahnärztekammer entnommen und in den folgenden Tabellen veranschaulicht.

	Insgesamt	Männer		Frauen	
Nordrhein	5.756	3.952	68,7%	1.804	31,4%
Westfalen-Lippe	4.732	3.315	70,1%	1.417	29,9%
Gesamt NRW	10.488	7.267	69,3%	3.221	30,7%
Bundesgebiet	53.767	33.779	62,8%	19.988	37,2%

Tabelle 3: Niedergelassene Zahnärztinnen und Zahnärzte nach (Landes-) Zahnärztekammern und nach Geschlecht [29]

	Insgesamt	Männer	Frauen
Nordrhein	46,9	49,5	42,9
Westfalen-Lippe	48,0	50,1	44,3
Mittel	47,5	49,8	43,6
Bundesgebiet	47,8	49,9	45

Tabelle 4: Altersstruktur der Mitglieder der (Landes-) Zahnärztekammern [29]

Aus dem Statistischen Jahrbuch 2012/2013 der Bundeszahnärztekammer ist zu entnehmen, dass in Nordrhein 5.756 und Westfalen-Lippe 4.732 niedergelassene Zahnärztinnen und Zahnärzte tätig sind, Gesamtzahl Nordrhein-Westfalen 10.488 [29].

Für die postalische Umfrage wurden zunächst anhand der Zahlen des Statistischen Bundesamtes die Gemeinden gesamt in Nordrhein-Westfalen ermittelt, um ländliche und städtische Regionen gleichermaßen zu berücksichtigen [30]. Mit Hilfe eines elektronischen Telefonbuchs (<http://www.gelbeseiten.de/>) wurde die Anzahl der Zahnärztinnen und Zahnärzte in den politischen Gemeinden in Nordrhein-Westfalen eruiert und mittels der Software Microsoft Excel erfasst; die Gesamtzahl beläuft sich auf 10.266 (siehe Anhang, 8.3 Tabelle der ermittelten Zahnärztezahlen) [31].

Aufgrund dieser Zahlen wurden 4.000 Zahnärztinnen und Zahnärzte entsprechend der prozentualen Verteilung in den einzelnen Gemeinden für die postalische Umfrage ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass rein kieferorthopädisch tätige Praxen ausgespart wurden, da angenommen wird, dass dort keine Wurzelkanalbehandlungen durchgeführt werden.

Die Adressen der ausgewählten Zahnarztpraxen wurden in einer Microsoft Excel-Tabelle aufgelistet, um anschließend einen Serienbrief zu erstellen.

3.3 Versuchsaufbau

Diese 4.000 Zahnärztinnen und Zahnärzte wurden anhand eines Fragebogens (siehe Anhang, 8.2 Fragebogen) zum Ablauf der Aufbereitung der Wurzelkanalinstrumente in ihrer Praxis und dem erforderlichen Zeitaufwand befragt. Hierfür wurde ein einseitiger Fragebogen erstellt, bei dem neben den Alters- und Geschlechtsangaben der Zahnärztinnen und Zahnärzte, die Vorgehensweise und der Zeitaufwand für die Aufbereitung der Wurzelkanalinstrumente angegeben werden sollte. Bei den Fragen nach der Vorgehensweise der Aufbereitung wurde der Schwerpunkt auf die Vorbereitung der Instrumente, die Reinigung und Desinfektion sowie die durchführende Person gesetzt. Der Fragebogen mit insgesamt neun Fragen wurde bewusst kurz gehalten. Das Ziel war eine möglichst große Rücklaufquote zu erhalten, da die Beantwortung der Fragen nur wenig Zeit in Anspruch nimmt. Der Fragebogen wurde gemeinsam mit einem Anschreiben, welches das Dissertationsvorhaben erklärt, an die ausgewählten Zahnärztinnen und Zahnärzte versendet und enthielt einen Rückumschlag mit dem Aufdruck „Porto zahlt Empfänger“. Die Anonymität wurde den Zahnärztinnen und Zahnärzten zugesichert.

Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität prüfte und beurteilte die Durchführung der Studie. Es befand, dass keine ethischen oder rechtlichen Bedenken bestehen (Studennummer: 4509).

3.4 Statistische Auswertung

Alle Daten wurden mit dem Programm Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22 für Windows analysiert.

Die Prüfung der Repräsentativität der Umfrage sowie die Prüfung der einzelnen Hypothesen I – IV erfolgte durch die Anwendung von Chi-Quadrattests. Um zu ermitteln, ob Unterschiede oder Zusammenhänge tatsächlich bedeutsam sind, wurde das Effektstärkemaß Cramer's V berechnet.

Bei den Tests wurden die Ergebnisse mit $p < 0,05$ als signifikant erachtet. Die Werte von Cramer's V wurden folgendermaßen interpretiert:

- 0,00 - 0,10 = kein Effekt
- 0,10 - 0,30 = kleiner Effekt bzw. geringer Unterschied
- 0,30 - 0,50 = moderater Effekt bzw. Unterschied
- über 0,50 = großer Effekt bzw. Unterschied

4 Ergebnisse

4.1 Rücklaufquote

Von den 4.000 versendeten Fragebögen erhielten wir 1.177 beantwortet zurück. Das entspricht einer Rücklaufquote von 29,4%. Davon konnten 1.118 Fragebögen (28,0 %) statistisch ausgewertet werden. 59 Fragebögen wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da die Fragen zur Durchführung der Instrumentenaufbereitung unbeantwortet waren (Fragen sechs bis neun), obwohl bereits angegeben wurde, die Instrumente mehr als nur bei einem Patienten zu verwenden (Frage fünf). 68,2% der auswertbaren Fragebögen stammen von Männern ($N = 763/1.118$), 31,8% von Frauen ($N = 355/1.118$).

4.2 Zahlen und Daten aus der Umfrage

Aus den Daten der Umfragebögen konnte ermittelt werden, ob Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit von Wurzelkanalbehandlungen und dem Alter, sowie zwischen der Häufigkeit von Wurzelkanalbehandlungen und dem Geschlecht der Zahnärztinnen und Zahnärzte bestehen. Des Weiteren wurde analysiert, ob zwischen dem Einsatz der maschinellen Wurzelkanalbehandlung und dem Alter bzw. dem Geschlecht der Zahnärztinnen und Zahnärzte eine Korrelation vorliegt. Das Ergebnis des Chi-Quadrattests zeigt, dass es einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Häufigkeit der Wurzelkanalbehandlungen zwischen jüngeren (bis 44 Jahre) und älteren (ab 45 Jahre) Zahnärztinnen und Zahnärzten gibt, $X^2(4) = 12,39$, $p = 0,015$. Jüngere Zahnärztinnen und Zahnärzte führen dabei prozentual häufiger Wurzelkanalbehandlungen durch als ältere. Der p-Wert macht jedoch keine Aussage darüber, ob dieser signifikante Unterschied bedeutsam ist. Daher wurde das Effektstärkemaß Cramer's V berechnet. Das Effektstärkemaß Cramer's V = 0,11 zeigt, dass es sich um einen geringen Unterschied handelt. Die folgende Abbildung veranschaulicht die prozentuale Verteilung innerhalb der Altersstufen.

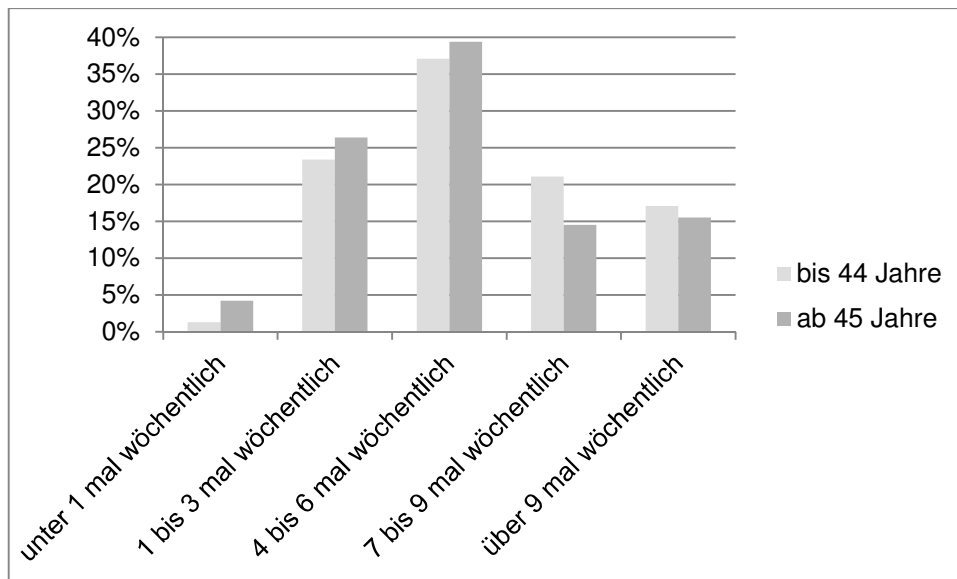


Abb. 2: Prozentuale Verteilung der Häufigkeit der Wurzelkanalbehandlung innerhalb der Altersklasse bis 44 Jahre und ab 45 Jahre

Darüber hinaus wurde ermittelt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen jüngeren und älteren Zahnärztinnen und Zahnärzten und dem Einsatz der maschinellen Wurzelkanalbehandlung gibt, $X^2(1) = 8,3$, $p = 0,004$. Jüngere Zahnärztinnen und Zahnärzte führen dabei prozentual häufiger die Wurzelkanalbehandlung maschinell durch als ältere. Dem Effektstärkemaß Cramer's $V = 0,09$ ist jedoch zu entnehmen, dass dieser Unterschied keinen Effekt hat.

Des Weiteren wurde analysiert, dass es einen Unterschied in der Häufigkeit der Wurzelkanalbehandlungen pro Woche und Männern und Frauen gibt, $X^2(4) = 23,14$, $p < 0,001$. Zahnärzte führen dabei häufiger Wurzelkanalbehandlungen pro Woche durch als Zahnärztinnen. Das Effektstärkemaß Cramer's $V = 0,14$ zeigt, dass es sich hierbei um einen kleinen Effekt handelt. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Verteilung der Häufigkeiten der Wurzelkanalbehandlungen pro Woche in Abhängigkeit vom Geschlecht.

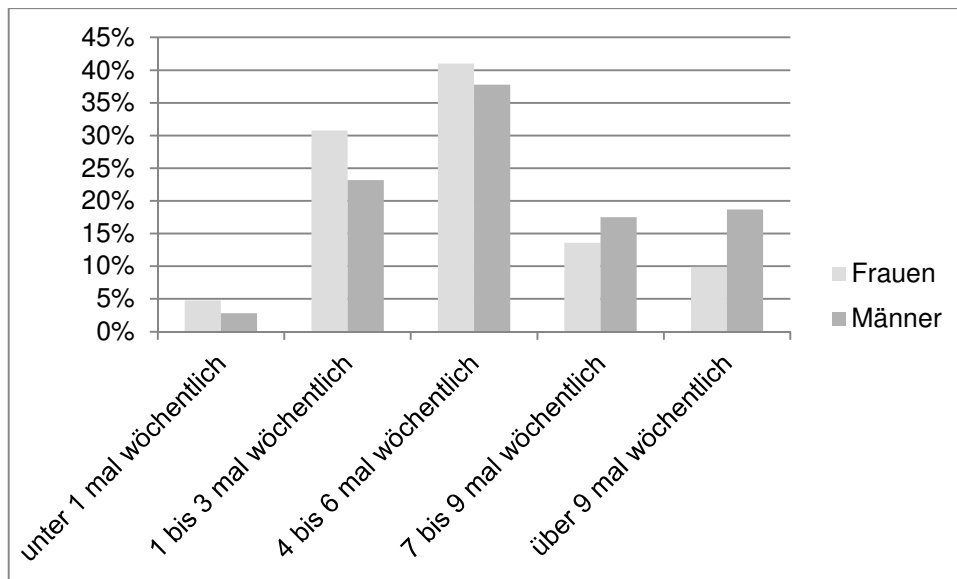


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der Häufigkeiten der Wurzelkanalbehandlungen pro Woche in Abhängigkeit vom Geschlecht

Es gibt jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen Frauen und Männer und dem Einsatz der maschinellen Wurzelkanalbehandlung, $X^2(3) = 2,64$, $p = 0,451$. Cramer's $V = 0,05$ belegt dieses Ergebnis.

4.3 Repräsentativität der Umfrage

Um zu überprüfen, ob die Rücklaufquote in Bezug auf das Alter und Geschlecht der Zahnärztinnen und Zahnärzte repräsentativ ist, wurden die Daten aus der Umfrage den Zahlen aus dem Statistischen Jahrbuch der Bundeszahnärztekammer 2012/2013 gegenübergestellt. In den folgenden Tabellen ist die Geschlechts- und Altersverteilung in der Umfrage sowie in Nordrhein-Westfalen und von Deutschland dargestellt.

Umfrage			
	Gesamt	Männer	Frauen
Unter 35 Jahre	6,2%	2,3%	3,8%
35 – 44 Jahre	20,7%	12,3%	8,4%
45 – 54 Jahre	39,7%	26,1%	13,6%
55 – 64 Jahre	27,5%	22,1%	5,4%
Über 64 Jahre	6,0%	5,5%	0,5%
Gesamt	100%	68,2%	31,8%

Tabelle 5: Geschlechts- und Altersverteilung der ausgewerteten Fragebögen

Nordrhein-Westfalen			
	Gesamt	Männer	Frauen
Unter 35 Jahre	15,1%	6,1%	9,0%
35 – 44 Jahre	24,1%	12,6%	11,5%
45 – 54 Jahre	33,5%	22,9%	10,6%
55 – 64 Jahre	20,9%	15,4%	5,5%
Über 64 Jahre	6,5%	5,5%	1,0%
Gesamt	100%	62,5%	37,5%

Tabelle 6: Geschlechts- und Altersverteilung der zahnärztlich tätigen Zahnärztinnen und Zahnärzte in Nordrhein-Westfalen [29]

Deutschland			
	Gesamt	Männer	Frauen
Unter 35 Jahre	15,1%	5,9%	9,2%
35 – 44 Jahre	22,0%	11,2%	10,8%
45 – 54 Jahre	33,0%	20,5%	12,5%
55 – 64 Jahre	24,0%	15,6%	8,4%
Über 64 Jahre	6,0%	4,7%	1,3%
Gesamt	100%	57,9%	42,1%

Tabelle 7: Geschlechts- und Altersverteilung der zahnärztlich tätigen Zahnärztinnen und Zahnärzte in Deutschland [29]

Die Ergebnisse der Chi-Quadrattests zeigen, dass numerisch signifikante Abweichungen von der Verteilung innerhalb der Befragten zu der Verteilung in Nordrhein-Westfalen ($p < 0,001$) und dem Bundesgebiet ($p < 0,001$) vorliegen. Um zu ermitteln, ob diese signifikanten Abweichungen bedeutsam sind, wurde das Effektstärkemaß Cramer's V berechnet. Die Effektstärken für die Vergleiche der Umfrage mit den Zahlen von Nordrhein-Westfalen und Deutschland liegen

zwischen 0,12 und 0,21. Diese Ergebnisse zeigen, dass es sich dabei um geringe Unterschiede handelt, so dass die durchgeführte Umfrage repräsentativ ist. Die einzelnen Ergebnisse zur Berechnung der Effektstärke sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

	Effektgröße Cramer's V
Geschlecht NRW	0,125
Geschlecht BRD	0,213
Altersklasse NRW	0,152
Altersklasse NRW Männer	0,131
Altersklasse NRW Frauen	0,192
Altersklasse Deutschland	0,135
Altersklasse Deutschland Männer	0,121
Altersklasse Deutschland Frauen	0,166

Tabelle 8: Effektstärken für die Vergleiche der Umfrage mit den Zahlen der zahnärztlich tätigen Zahnärztinnen und Zahnärzte aus Nordrhein-Westfalen und Deutschland

4.4 Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts

Um zu prüfen, ob die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation gemäß den Richtlinien des Robert Koch-Instituts umgesetzt werden, wurden zunächst die einzelnen Angaben zur Vorgehensweise der Aufbereitung betrachtet. Diese umfassen die durchführende Person, die Vorbereitung der Instrumente, sowie die Reinigung und Desinfektion.

In den folgenden Tabellen ist die Verteilung der Richtlinienerfüllung (ja/nein) der einzelnen Fragen dargestellt.

Durchführung durch ZFA oder ZFA in Ausbildung		
Umsetzung ja Umsetzung nein Gesamt	Häufigkeit	
	1.051	97,7%
	25	2,3%
	1.076	100%

Tabelle 9: Durchführung der Reinigung, Desinfektion und Sterilisation von zahnmedizinischen Fachangestellten oder zahnmedizinischen Fachangestellten in Ausbildung (ja/nein)

Entfernung der Silikonstopper		
Umsetzung ja Umsetzung nein Gesamt	Häufigkeit	
	462	43,3%
	605	56,7%
	1.067	100%

Tabelle 10: Vorbereitung der Instrumente durch Entfernen der Silikonstopper (ja/nein)

Maschinelle Reinigung / thermische Desinfektion im RDG		
Umsetzung ja Umsetzung nein Gesamt	Häufigkeit	
	643	60,4%
	422	39,6%
	1.065	100%

Tabelle 11: Maschinelle Reinigung / thermische Desinfektion in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten (ja/nein)

Die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung wird in 97,7% (N = 1.051/1.076) von zahnmedizinischen Fachangestellten oder zahnmedizinischen Fachangestellten in Ausbildung durchgeführt. 43,3% (N = 462/1.067) entfernen die Silikonstopper zur Einstellung der Arbeitslänge vor der Reinigung, Desinfektion und Sterilisation. Die Reinigung und Desinfektion erfolgt in niedergelassenen Zahnarztpraxen in 60,4% (N = 643/1.065) maschinell mithilfe eines Reinigungs- und Desinfektionsgeräts, 39,6% (N = 422/1.065) hingegen führen die Reinigung und Desinfektion ausschließlich manuell mittels Eintauchverfahren, mit oder ohne Ultraschallbad, durch.

5,5% (N = 61/1.118) der niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzte verwenden die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung als Einmalinstrumente.

Anschließend wurde analysiert, wie viele Zahnärztinnen und Zahnärzte bei allen drei Fragen die Richtlinien des Robert Koch-Instituts einhalten. Es zeigt sich, dass 31,7% (N = 354/1.118) die Richtlinien erfüllen, 68,3% (N = 764/1.118) hingegen halten diese nicht ein.

Das Ergebnis ist in der folgenden Abbildung veranschaulicht.

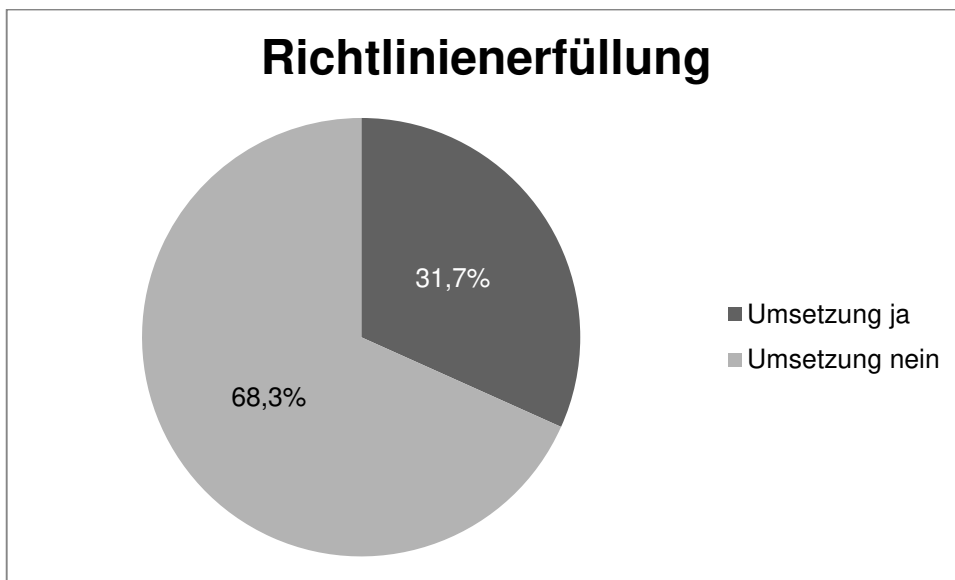


Abb. 4: Richtlinienerfüllung (ja/nein)

Mit Hilfe des Chi-Quadrattests wurde abschließend geprüft, ob die Verteilung der beobachteten Häufigkeiten von der allein aufgrund des Zufalls zu erwartenden Verteilung der Häufigkeiten signifikant abweicht. Das Ergebnis des Chi-Quadrattests zur Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts zeigt, dass die tatsächliche Verteilung der Richtlinienerfüllung von der erwarteten Verteilung (100%) signifikant abweicht, $\chi^2(1) = 103.412,54$, $p < 0,001$. Das Ergebnis Cramer's $V = 9,62$ belegt, dass es sich dabei um einen großen Unterschied handelt. Die Hypothese, dass Wurzelkanalinstrumente in niedergelassenen Zahnarztpraxen nicht entsprechend den Richtlinien des Robert Koch-Instituts in Bezug auf die Reinigung und Desinfektion aufbereitet werden, ist damit bestätigt.

4.5 Einflussfaktor Geschlecht

Es wurde außerdem analysiert, ob das Geschlecht der Zahnärztinnen und Zahnärzte Einfluss auf die Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts hat. Es zeigt sich, dass 32,9% aller Männer (N = 251/763) und 29,0% aller Frauen (N = 103/355) die Richtlinien einhalten.

In der folgenden Tabelle ist die Verteilung der Richtlinienbefolgung in Abhängigkeit des Geschlechts dargestellt.

Richtlinienerfüllung in Abhängigkeit vom Geschlecht				
Umsetzung ja Umsetzung nein Gesamt	Männer		Frauen	
	251	32,9%	103	29,0%
	512	67,1%	252	71,0%
	763	100%	355	100%

Tabelle 12: Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts (ja/nein) in Abhängigkeit vom Geschlecht der Zahnärztinnen und Zahnärzte

Das Ergebnis des Chi-Quadrattests zeigt, dass das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss auf die Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts hat, $\chi^2(1) = 1,69$, $p = 0,194$. Das Ergebnis Cramer's $V = 0,04$ belegt, dass der Unterschied gering ist. Die Hypothese, dass Frauen und Männer die Richtlinien unterschiedlich gut umsetzen, wurde widerlegt.

4.6 Einflussfaktor Alter

Des Weiteren wurde geprüft, ob das Alter der Zahnärztinnen und Zahnärzte einen Einfluss auf die Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts hat. Es zeigte sich, dass 29,3% der jüngeren (N = 88/300) und 32,5% der älteren (N = 266/818) Zahnärztinnen und Zahnärzte die Richtlinien einhalten.

In der folgenden Tabelle ist die Verteilung der Richtlinienbefolgung in Abhängigkeit des Alters dargestellt.

Richtlinienerfüllung in Abhängigkeit vom Alter				
Umsetzung ja Umsetzung nein Gesamt	Bis 44 Jahre		Ab 45 Jahre	
	88	29,3%	266	32,5%
	212	70,7%	552	67,5%
	300	100%	818	100%

Tabelle 13: Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts (ja/nein) in Abhängigkeit vom Alter der Zahnärztinnen und Zahnärzte

Das Ergebnis des Chi-Quadrattests zeigt, dass das Alter keinen signifikanten Einfluss auf die Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts hat, $X^2(1) = 1,03$, $p = 0,31$. Das Ergebnis Cramer's $V = 0,03$ belegt, dass der Unterschied gering ist. Die Hypothese, dass jüngere (bis 44 Jahre) und ältere (ab 45 Jahre) Zahnärztinnen und Zahnärzte die Richtlinien unterschiedlich gut umsetzen, wurde widerlegt.

4.7 Gesamtzeitaufwand

Zuletzt wurde der Gesamtzeitaufwand zur Vorbereitung der Instrumente analysiert. Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass 33,3% ($N = 358/1.075$) der Zahnärztinnen und Zahnärzte annehmen, dass maximal neun Minuten für die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation benötigt werden. Die Zeit bezieht sich auf die Aufbereitung nach Abschluss der Behandlung pro Patient, ohne Laufzeiten von Reinigungs- und Desinfektionsgerät sowie Sterilisator. Das Ergebnis des Chi-Quadrattests zeigt, dass der angenommene Gesamtzeitaufwand der Zahnärztinnen und Zahnärzte signifikant länger als neun Minuten dauert, $X^2(1) = 4.781.267,49$, $p < 0,001$. Das Ergebnis Cramer's $V = 66,69$ belegt, dass der Unterschied groß ist.

Die Hypothese, dass der Gesamtzeitaufwand für die Aufbereitung der Wurzelkanalinstrumente pro Patient weniger als zehn Minuten beträgt, wurde widerlegt.

5 Diskussion

5.1 Material und Methode

Aus Datenschutzgründen war es nicht möglich, offiziell geführte Adresslisten zu erhalten. Anfragen bei den Kassenzahnärztlichen Vereinigungen Nordrhein und Westfalen-Lippe nach Adressen niedergelassener Zahnärztinnen und Zahnärzte wurden abgelehnt. Es besteht die Möglichkeit, auf der Internetseite der „Deutschen Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie e. V. in der DGZ“, eine Suche von Spezialisten und zertifizierten Mitgliedern vorzunehmen [32]. Das Ziel war jedoch, nicht ausschließlich Spezialisten und zertifizierte Mitglieder der Endodontologie zu befragen. Es ist anzunehmen, dass die Vielzahl der Fort- und Weiterbildungen, die für die Spezialisierung und Zertifizierung notwendig sind, die Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts positiv beeinflusst. Im Fokus standen vielmehr alle niedergelassene Zahnärztinnen und Zahnärzte, auch ohne Spezialisierung und Zertifizierung.

Daher wurden zunächst die Daten des Statistischen Bundesamtes herangezogen, um ländliche und städtische Regionen gleichermaßen zu berücksichtigen [30]. Anschließend wurde die Verteilung niedergelassener Zahnärztinnen und Zahnärzte in den einzelnen Gemeinden mit Hilfe der Gelben Seiten ermittelt und 4.000 Zahnärztinnen und Zahnärzte entsprechend der prozentualen Verteilung in den einzelnen Gemeinden randomisiert ausgewählt (siehe Anhang, 8.3 Tabelle der ermittelten Zahnärztezahlen) [31]. Bei dieser Vorgehensweise bestand die Gefahr, dass aufgrund möglicher Aktualisierungsmängel der Adresslisten der Gelben Seiten, Umfragebögen an nicht mehr bestehende Zahnarztpraxen versendet wurden. In zwei Fällen kam eine Rückmeldung, dass die angeschriebenen Zahnärztinnen und Zahnärzte bereits nicht mehr praktizieren. In Anbetracht der Rücklaufquote ist jedoch davon auszugehen, dass eine Großzahl der versendeten Umfragebögen zugestellt werden konnten.

Der selbstdesignte Fragebogen wurde mit neun Fragen bewusst kurz gehalten, um eine möglichst große Rücklaufquote zu erhalten, da die Beantwortung der neun Fragen nur wenig Zeit in Anspruch nimmt (siehe Anhang, 8.2 Fragebogen). Folglich wurden nicht alle Aufbereitungsschritte kontrolliert. Der Fragebogen soll

lediglich einen Einblick über die Durchführung der Aufbereitungsprozesse geben und Einzelaspekte der Instrumentenaufbereitung abfragen. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die Durchführung der Reinigung und Desinfektion gelegt. Zum einen handelt es sich dabei um einen elementaren Schritt in der Instrumentenaufbereitung, da nur vollständig gereinigte Instrumentenoberflächen für die nachfolgende Sterilisationswirkung zugänglich sind und eine einwandfreie Aufbereitung garantieren können [20]. Zum anderen wurde dadurch kontrolliert, inwieweit neue Empfehlungen des Robert Koch-Instituts umgesetzt werden. Es wurde beabsichtigt, gezielt zu ermitteln, wie viele niedergelassene Zahnärztinnen und Zahnärzte den Einsatz von Reinigungs- und Desinfektionsgeräten umsetzen, der seit 2012 vom Robert Koch-Institut gefordert wird [18].

5.2 Rücklaufquote

Die erzielte Rücklaufquote von 29,4% bestätigt die vor Studienbeginn durchgeführte Teststärkeanalyse und die Annahme, dass die Rücklaufquote bei einer postalisch durchgeführten Umfrage bei 20 - 25% liegt. Auch wenn die Rücklaufquote die Erwartungen leicht übersteigt, fällt sie im Vergleich mit anderen in der Zahnmedizin veröffentlichten empirischen Studien gering aus. Barnes et al. sendete bei einer postalischen Umfrage den Zahnarztpraxen, die nicht geantwortet haben, nach drei Wochen ein Erinnerungsschreiben und erzielte dadurch eine Rücklaufquote von 81% [33]. Mit dieser Methode erreichten vergleichbare Studien Rücklaufquoten von 73% [34] bis 88% [35]. Bei einer weiteren Studie wurde die Umsetzung der Hygienerichtlinien durch eine Begehung kontrolliert [36]. Durch eine Kontrolle vor Ort werden zwar genauere Ergebnisse erhoben, jedoch wird die Umsetzung bei einer so großen Stichprobe schwierig. Darüber hinaus besteht die Gefahr einer Selektion von Praxen mit guten Hygienestandards, da eine Einverständniserklärung für eine Begehung erforderlich ist.

Um den Zahnärztinnen und Zahnärzten die absolute Anonymität zusichern zu können, wurde in dieser Studie keine Registrierung oder Praxisbegehung durchgeführt. Dadurch wurde vorsätzlich die Möglichkeit ausgeschlossen Nichtteilnehmer zu ermitteln, um diese erneut anzuschreiben. Keeter et al. stellten fest, dass bei einer forcierten Nachfrage sich zwar die Antwortrate erhöht,

jedoch die Zusammensetzung der Teilnehmer und das Ergebnis einer Umfrage unverändert bleibt [37].

5.3 Repräsentativität der Umfrage

Die statistische Analyse belegt aufgrund der hohen Teilnehmerzahl von 1.118 Zahnärztinnen und Zahnärzte die Repräsentativität der Studie für Nordrhein-Westfalen und Deutschland in Bezug auf Alter und Geschlecht. Bei der Auswahl der Adressen aus den „Gelben Seiten“ gab es keinerlei Optionen das Alter der niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzte festzustellen. Daher bestand auch nicht die Möglichkeit, eine Auswahl entsprechend der Altersverteilung der niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzte in Nordrhein-Westfalen und dem Bundesgebiet zu treffen. Bei der Geschlechtsverteilung hingegen konnte die Auswahl der niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzte in Anlehnung an die Geschlechtsverteilung in Nordrhein-Westfalen und dem Bundesgebiet treffen. Es wurden 1.066 niedergelassene Zahnärztinnen (26,65%) und 2.934 niedergelassene Zahnärzte (73,35%) angeschrieben. Letztendlich ist für die Repräsentativität einer Studie jedoch ausschließlich die Verteilung des Rücklaufs entscheidend und auch eine sorgfältige Planung vorab lässt nicht erkennen, wie viele Zahnärztinnen und wie viele Zahnärzte antworten.

Obwohl numerisch signifikante Abweichungen von der Verteilung innerhalb der Befragten zu der Verteilung in Nordrhein-Westfalen und dem Bundesgebiet in Bezug auf Alter und Geschlecht der niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzte vorliegen, belegen die errechneten Effektstärken, dass diese Unterschiede gering sind, und die durchgeführte Umfrage für Deutschland repräsentativ ist.

Bei einer empirischen Studie zur Umsetzung und Einführung neuer Methoden und Technologien bei Wurzelkanalbehandlungen in Indien wurden 700 niedergelassene Zahnärztinnen und Zahnärzte postalisch befragt. Die Rücklaufquote betrug 88% ($n = 616/700$). Die Autoren sahen die Repräsentativität ihrer Studie einzig durch den hohen Rücklauf sichergestellt [35].

5.4 Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts

Die Richtlinien werden bei den überprüften Aspekten nicht ausreichend oder gar nicht eingehalten. Die Hypothese, dass Wurzelkanalinstrumente in niedergelassenen Zahnarztpraxen nicht entsprechend den Richtlinien des Robert Koch-Instituts in Bezug auf die Reinigung und Desinfektion aufbereitet werden, ist damit bestätigt.

Während die Durchführung der Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung weitestgehend (97,7%) entsprechend den Richtlinien des Robert Koch-Instituts durch zahnmedizinische Fachangestellte oder zahnmedizinische Fachangestellte in Ausbildung erfolgt, werden die weiteren überprüften Vorgehensweisen weit weniger richtlinientreu erfüllt.

Nur 43% der Befragten gaben an, Silikonstopper vor der Reinigung zu entfernen, wodurch die Desinfektion und Sterilisation in diesem Instrumentenbereich als unzureichend bezeichnet werden muss [38]. Damit besteht die Gefahr der iatrogenen Krankheitsübertragung trotz durchgeführter Aufbereitung, da die Reinigungs- und Sterilisationswirkung insuffizient ist.

Des Weiteren stellte sich heraus, dass nur knapp zwei Drittel der Befragten die Reinigung und Desinfektion entsprechend den Empfehlungen maschinell in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten durchführen. Bagg et al. stellten bei einer Befragung in Schottland 2006 fest, dass keiner der Zahnärztinnen und Zahnärzte ein Reinigungs- und Desinfektionsgerät verwendet [27].

In verschiedenen Studien wurde die Sauberkeit von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung nach unterschiedlichen Reinigungsverfahren untersucht. Die Reinigung in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten ist mit nachweisbar reproduzierbaren Ergebnissen signifikant effektiver, als nicht validierte manuelle Maßnahmen [2, 18, 39, 40]. Es handelt sich dabei um ein validiertes Verfahren, das ein definiertes Ergebnis reproduzierbar und nachweisbar erbringt. Nicht validierte Maßnahmen wirken sich qualitätsmindernd auf das Ergebnis der Aufbereitung aus [18]. Es muss jedoch erwähnt werden, dass trotz effektiver Reinigungsleistung auch die maschinelle Reinigung in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten keine Freiheit von Restverschmutzungen garantiert [2, 28, 39-41]. Nichtsdestotrotz handelt es sich dabei um eine vom

Robert Koch-Institut festgelegte Richtlinie zur Infektionsprävention bei der Wiederverwendung von Medizinprodukten [18].

Laut Medizinprodukte-Betreiberverordnung (§ 4 Abs. 2) wird eine „ordnungsgemäße Aufbereitung (...) vermutet, wenn die gemeinsame Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte zu den Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten beachtet wird.“ [21]

Die Vorgaben des Robert Koch-Instituts dienen der Sicherheit und dem Schutz der Gesundheit von Anwendern und Patienten und sollten daher zu jeder Zeit umgesetzt werden. Die Kenntnisnahme, Einhaltung und Umsetzung neuer Richtlinien des Robert Koch-Instituts sind dabei obligat.

Vergleichbare empirische Studien, die ebenfalls die Umsetzung von Hygienerichtlinien in Zahnarztpraxen in den USA [42], Kanada [43], Italien [44] und Schottland [45] untersuchten, kamen gleichermaßen zu dem Ergebnis, dass geltende Richtlinien häufig missachtet werden.

Im Rahmen eines Pilotprojekts wurde der Hygienestandard in Zahnarztpraxen in Frankfurt am Main erhoben. Dabei wurden Praxisbegehungen durchgeführt und die Zahnärztinnen und Zahnärzte vor Ort beraten. Festgestellte Mängel sollten innerhalb einer Frist behoben werden, andernfalls drohte die Meldung beim Gesundheitsamt. Durch das Projekt wurde das Hygienebewusstsein der Zahnärztinnen und Zahnärzte gestärkt und die Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts gesichert [46]. Derartige Begehungen und Kontrollen aller Zahnarztpraxen in Deutschland, kombiniert mit regelmäßigen Fortbildungen können dazu führen, dass die Richtlinien des Robert Koch-Instituts umfassend zur Kenntnis genommen und entsprechend umgesetzt werden.

5.5 Einmalgebrauch der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung

5,5% der niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzte verwenden die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung als Einmalinstrumente. Das bedeutet, dass die Instrumente im Anschluss an die Behandlung entsorgt werden und der aufwendige Reinigungs-, Desinfektions- und Sterilisationsprozess entfällt. So wird eine mögliche Gefahr der iatrogenen Krankheitsübertragung durch insuffizient gereinigte Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung ausgeschlossen.

Wie bereits beschrieben, kann selbst die maschinelle Reinigung in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten keine Freiheit von Restverschmutzungen garantieren. Einige Studien empfehlen daher den Einsatz von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung als Einmalinstrumente [23, 25, 47-49]. Im Vereinigten Königreich beispielsweise, gibt das britische „Department of Health“ seit 2007 zur Infektionsprävention die klare Anweisung, Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung als Einmalinstrumente zu verwenden [50]. In anderen Ländern ist der Einmalgebrauch wiederum wesentlich geringer. Eine Studie in Australien zeigte, dass 12% der Befragten die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung als Einmalinstrumente verwenden [51]. In Kalifornien werfen 22% der befragten Zahnärztinnen und Zahnärzte die Instrumente nach dem einmaligen Gebrauch [52].

Auch die Hersteller von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung in Deutschland gehen dazu über, den Einmalgebrauch der Instrumente zu empfehlen [53]. Dabei darf natürlich der wirtschaftliche Nutzen von Dentalfirmen bei der Entwicklung von Einmalinstrumenten nicht außer Acht gelassen werden. Darüber hinaus muss beachtet werden, dass möglicherweise die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung vor dem Einsatz am Patienten gereinigt, desinfiziert und sterilisiert werden müssen. Nur einzeln verpackte und bereits vom Hersteller sterilisierte Instrumente können sofort verwendet werden. Andernfalls muss die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation vor der Verwendung am Patienten erfolgen, um Verunreinigungen, die während der Herstellung, dem Transport und der Lagerung entstehen, zu eliminieren.

Durch den Einmalgebrauch werden allerdings neue Fragen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit, aber auch auf die Umweltfreundlichkeit aufgeworfen. Bird et al. ermittelten, dass die Entscheidung der Zahnärztinnen und Zahnärzte gegen den Einmalgebrauch in erster Linie durch die Kosten begründet wird [52].

Eine exakte Kostenanalyse, bei der die Kosten der Einmalanwendung gegenüber den Kosten für die Aufbereitung der Instrumente gestellt werden, mit Personalkosten, Anschaffungs- und Wartungskosten von Reinigungs- und Desinfektionsgerät und Sterilisator, Betriebskosten durch Energie- und Wasserverbrauch, sowie Kosten für Verbrauchsmaterial wie Reinigungsmittel und Sterilgutverpackung, wären bei der Entscheidungsfindung zwischen Einmal- oder Mehrfachgebrauch von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung

sicherlich hilfreich. Eine derartige Kostenermittlung würde sich als Gegenstand einer nachfolgenden Studie als sinnvoll erweisen, um das Thema von einem weiteren Gesichtspunkt aus zu analysieren.

5.6 Einflussfaktoren Alter und Geschlecht

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass die Einhaltung der Richtlinien vollkommen unabhängig von Alter und Geschlecht der Verantwortlichen ist. Die Hypothesen, dass die Richtlinien von Frauen und Männern, sowie von jüngeren (bis 44 Jahren) und älteren (ab 45 Jahren) Zahnärztinnen und Zahnärzte unterschiedlich gut umgesetzt werden, wurden widerlegt.

Die Datenlage zu diesem Aspekt ist sehr unterschiedlich und lässt keine allgemein gültige Aussage zu. Eine Studie in Nigeria kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass keine signifikanten Unterschiede bei der Umsetzung von Hygienerichtlinien bezogen auf das Geschlecht und das Alter der Zahnärztinnen und Zahnärzte vorliegen [54]. Eine Umfrage zur Einhaltung von Hygienerichtlinien in Taiwan wiederum ergab, dass sowohl Frauen, als auch jüngere Zahnärztinnen und Zahnärzte (bis 50 Jahre) die empfohlenen Richtlinien besser umsetzen [55]. Auch andere Autoren stellten fest, dass Frauen Hygienerichtlinien signifikant besser umsetzen als Männer [56].

Neben Alter und Geschlecht der Zahnärztinnen und Zahnärzte, sind auch weitere Faktoren möglich, die Einfluss auf die Einhaltung von Hygienerichtlinien nehmen.

So wäre beispielsweise denkbar, dass die Häufigkeit von Wurzelkanalbehandlungen in niedergelassenen Zahnarztpraxen pro Woche Einfluss auf die Einhaltung der Richtlinien zur Aufbereitung von Instrumenten nimmt. Eine Zunahme der Anzahl der Wurzelkanalbehandlungen pro Woche kann dabei zu einem routinierteren Umgang mit der Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Instrumente führen, welcher die Berücksichtigung der aktuellen Richtlinien des Robert Koch-Instituts miteinschließen kann.

Die durchgeführte Umfrage ergab, dass jüngere Zahnärztinnen und Zahnärzte signifikant häufiger Wurzelkanalbehandlungen pro Woche durchführen als ältere. Das steht allerdings konträr dazu, dass prozentual ältere (32,5%) Zahnärztinnen und Zahnärzte die Richtlinien des Robert Koch-Instituts etwas besser umsetzen als jüngere (29,3%). Bei der Geschlechtsverteilung hingegen zeigt sich, dass

Zahnärzte häufiger Wurzelkanalbehandlungen pro Woche durchführen als Zahnärztinnen, und Zahnärzte (32,9%) die Richtlinien prozentual häufiger befolgen als Zahnärztinnen (29,0%). Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass die prozentuale Verteilung von Geschlecht und Alter der Zahnärztinnen und Zahnärzte in Bezug auf die Einhaltung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts nicht signifikant sind und der Unterschied sehr gering ist. Abschließend lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse der vorliegenden Studie keine Auskunft über mögliche Faktoren geben, wie Alter und Geschlecht der Verantwortlichen, welche Einfluss auf die Einhaltung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts nehmen.

5.7 Gesamtzeitaufwand

Nur ein Drittel der befragten Zahnärztinnen und Zahnärzte nehmen an, dass maximal neun Minuten für die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung benötigt werden. Die Zeit bezieht sich dabei auf die Aufbereitung der Instrumente nach Abschluss der Behandlung pro Patient, ohne Laufzeiten von Reinigungs- und Desinfektionsgerät sowie Sterilisator. Die Hypothese, dass der Gesamtzeitaufwand für die Aufbereitung der Wurzelkanalinstrumente pro Patient weniger als zehn Minuten beträgt, wurde widerlegt.

Die Ermittlung des Gesamtzeitaufwands durch den Fragebogen soll Auskunft über den Prozess der Reinigung geben. Dabei bestand die Herausforderung, die Fragestellung eindeutig zu formulieren. Nur die Aufbereitungsschritte, die durch zahnmedizinische Fachangestellte ausgeführt werden müssen, sollen berücksichtigt werden. Diese umfassen:

- die Vorbereitung der Instrumente mit Entfernen der Silikonstopper und das Einsortieren in eine spülfähige Instrumentenbox,
- das Ein- und Ausräumen der Instrumente in das/aus dem Reinigungs- und Desinfektionsgerät,
- die anschließende optische Kontrolle der Instrumente auf Sauberkeit und Unversehrtheit,
- die Vorbereitung der Instrumente für die Sterilisation, welche die Verpackung und die Beschriftung der Instrumente beinhaltet,

- das Ein- und Ausräumen der Instrumente in den/aus dem Sterilisator und
- die Dokumentation.

Der Gesamtzeitaufwand für diese Aufbereitungsschritte soll dabei pro Patient ermittelt werden. Vermutlich werden im Praxisalltag nicht nur die Instrumente eines Patienten gereinigt, desinfiziert und sterilisiert. Dadurch bestand die Gefahr, dass diese theoretische Frage nicht eindeutig beantwortet und der Gesamtzeitaufwand in Anlehnung an die einzelnen Arbeitsschritte geschätzt wurde.

Nur 32% der Befragten vermuten die kalkulierten neun Minuten als ausreichend, alle anderen schätzen den zeitlichen Arbeitsaufwand länger als neun Minuten ein. Bei der Auswertung der Fragebögen fiel auf, dass einige Teilnehmer die Reinigung und Desinfektion sowohl im Ultraschallbad als auch im Reinigungs- und Desinfektionsgerät durchführen. Dadurch ist die Qualität der Aufbereitung nicht beeinträchtigt, jedoch wird ein zeitlicher Mehraufwand betrieben, der die Betriebs- und Personalkosten erhöht. Das Ergebnis der Befragung zeigt, dass ein hoher zeitlicher Aufwand für die Instrumentenhygiene nicht gescheut wird. Der zeitliche Einsatz beruht jedoch teilweise auf redundant ausgeführten Maßnahmen, während andere erforderliche Schritte, wie die Entfernung der Silikonstopper, unterlassen werden. Durch diese unvollständige Kenntnis oder mangelnde Umsetzung werden von nahezu 70% der Befragten die Richtlinien des Robert Koch-Instituts nicht eingehalten.

6 Schlussfolgerung

Zusammengefasst wurde in dieser Arbeit nachgewiesen, dass die Richtlinien des Robert Koch-Instituts zur Reinigung, Desinfektion und Sterilisation von Instrumenten zur Wurzelkanalaufbereitung überwiegend nicht eingehalten werden. Mögliche Faktoren, welche Einfluss auf die Einhaltung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts nehmen, wurden bei der Umfrage nicht eruiert.

Regelmäßige Begehungen zur Kontrolle der Umsetzung der Richtlinien des Robert Koch-Instituts mit Beratungen der niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzte, sowie ein umfassendes Fortbildungsprogramm durch die Zahnärztekammern und den Gesundheitsämtern wären sicherlich zielführend. Allerdings ist die flächendeckende Umsetzung bei knapp 54.000 niedergelassenen Zahnärztinnen und Zahnärzten in Deutschland [29] äußerst schwierig und würde ein hohes Maß an Ressourcen erfordern.

Aufgrund dessen und der Ergebnisse dieser repräsentativen Studie für Deutschland, sollte der Einsatz der Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung als Einweginstrumente in Betracht gezogen werden, um eine iatrogene Übertragung von Krankheiten sicher ausschließen zu können.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Hellwig, E., J. Klimek, and T. Attin, *Einführung in die Zahnerhaltung*. 2009.
2. Van Eldik, D.A., et al., *Microbiological evaluation of endodontic files after cleaning and steam sterilization procedures*. Aust Dent J, 2004. **49**(3): p. 122-7.
3. Walker, J.T., et al., *Implications for Creutzfeldt-Jakob disease (CJD) in dentistry: a review of current knowledge*. J Dent Res, 2008. **87**(6): p. 511-9.
4. Robert Koch-Institut, *Die Variante der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit (vCJK)*. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 2002.
5. Ladogana, A., et al., *Mortality from Creutzfeldt-Jakob disease and related disorders in Europe, Australia, and Canada*. Neurology, 2005. **64**(9): p. 1586-91.
6. Watts, J.C., A. Balachandran, and D. Westaway, *The expanding universe of prion diseases*. PLoS Pathog, 2006. **2**(3): p. e26.
7. Robert Koch-Institut, *Epidemiologisches Bulletin*. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 2013.
8. Beekes, M., *Die variante Creutzfeldt-Jakob-Krankheit (vCJK) Epidemiologie und Schutzmaßnahmen gegen eine Übertragung von Mensch zu Mensch*. 2010.
9. Brown, P., et al., *Bovine spongiform encephalopathy and variant Creutzfeldt-Jakob disease: background, evolution, and current concerns*. Emerg Infect Dis, 2001. **7**(1): p. 6-16.
10. Llewelyn, C.A., et al., *Possible transmission of variant Creutzfeldt-Jakob disease by blood transfusion*. Lancet, 2004. **363**(9407): p. 417-21.
11. Davidson, L.R., et al., *Variant CJD and blood transfusion: are there additional cases?* Vox Sang, 2014.
12. Ironside, J.W., et al., *Pathological diagnosis of variant Creutzfeldt-Jakob disease*. Apmis, 2002. **110**(1): p. 79-87.
13. Head, M.W., et al., *Investigation of PrPres in dental tissues in variant CJD*. Br Dent J, 2003. **195**(6): p. 339-43; discussion 331.
14. World Health Organization, *WHO Guidelines on Tissue Infectivity Distribution in Transmissible Spongiform Encephalopathies*. 2006.
15. Schneider, K., et al., *Prion protein (PrP) in human teeth: an unprecedented pointer to PrP's function*. J Endod, 2007. **33**(2): p. 110-3.
16. Molesworth, A.M., et al., *Risk factors for variant Creutzfeldt-Jakob disease in dental practice: a case-control study*. Br Dent J, 2012. **213**(11): p. E19.
17. Ingrosso, L., F. Pisani, and M. Pocchiari, *Transmission of the 263K scrapie strain by the dental route*. J Gen Virol, 1999. **80** (Pt 11): p. 3043-7.
18. Robert Koch-Institut, *Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und*

- Medizinprodukte (BfArM). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 2012. **55**(10): p. 1244-310.
19. Robert Koch-Institut, *Infektionsprävention in der Zahnheilkunde - Anforderungen an die Hygiene. Mitteilung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 2006. **49**(4): p. 375-394.
 20. Linsuwanont, P., P. Parashos, and H.H. Messer, *Cleaning of rotary nickel-titanium endodontic instruments*. *Int Endod J*, 2004. **37**(1): p. 19-28.
 21. Medizinprodukte-Betreiberverordnung, *Medizinprodukte-Betreiberverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. August 2002 (BGBl. I S.3396), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 25. Juli 2014 (BGBl. I S. 1227) geändert worden ist*. 2002.
 22. Medizinproduktegesetz, *Medizinproduktegesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. August 2002 (BGBl. I S. 3146), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 62 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist*. 2013.
 23. Brilmayer, M.L., *Untersuchung des Kontaminationsgrades von Wurzelkanalinstrumenten aus Zahnarztpraxen*. <http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2011/0420> ed. 2011, Philipps-Universität Marburg: Medizin.
 24. Smith, A., et al., *Contaminated dental instruments*. *J Hosp Infect*, 2002. **51**(3): p. 233-5.
 25. Smith, A., et al., *Residual protein levels on reprocessed dental instruments*. *J Hosp Infect*, 2005. **61**(3): p. 237-41.
 26. Letters, S., et al., *A study of visual and blood contamination on reprocessed endodontic files from general dental practice*. *Br Dent J*, 2005. **199**(8): p. 522-5; discussion 513.
 27. Bagg, J., et al., *Pre-sterilisation cleaning of re-usable instruments in general dental practice*. *Br Dent J*, 2007. **202**(9): p. E22; discussion 550-1.
 28. Vassey, M., et al., *A quantitative assessment of residual protein levels on dental instruments reprocessed by manual, ultrasonic and automated cleaning methods*. *Br Dent J*, 2011. **210**(9): p. E14.
 29. Bundeszahnärztekammer, *Statistisches Jahrbuch 2012/2013*. 2013.
 30. Statistisches Bundesamt, *Alle politisch selbständigen Gemeinden in Deutschland nach Bevölkerung am 31.12.2011 auf Grundlage des Zensus 2011 und früherer Zählungen*. 2013.
 31. <http://www.gelbeseiten.de/>.
 32. http://www.dget.de/de/dget/1043/behandlersuche_zahnaerzte.htm.
 33. Barnes, J.J., S. Patel, and F. Mannocci, *Why do general dental practitioners refer to a specific specialist endodontist in practice?* *Int Endod J*, 2011. **44**(1): p. 21-32.
 34. Orafi, I. and V.E. Rushton, *A questionnaire study to derive information on the working environment, clinical training, use of ancillary staff and optimization of patient radiation dose within UK dental practice*. *Int Endod J*, 2012. **45**(8): p. 763-72.

35. Gupta, R. and R. Rai, *The adoption of new endodontic technology by Indian dental practitioners: a questionnaire survey*. J Clin Diagn Res, 2013. **7**(11): p. 2610-4.
36. Smith, G.W., et al., *Survey of the decontamination and maintenance of dental handpieces in general dental practice*. Br Dent J, 2009. **207**(4): p. E7; discussion 160-1.
37. Keeter, S., et al., *Consequences of reducing nonresponse in a national telephone survey*. Public Opin Q, 2000. **64**(2): p. 125-48.
38. Sonntag, D. and A. Klocke, *Einmal- vs. Mehrfachgebrauch endodontischer Instrumente*. Zahnmedizin up2date6, 2011.
39. Van Eldik, D.A., et al., *A SEM evaluation of debris removal from endodontic files after cleaning and steam sterilization procedures*. Aust Dent J, 2004. **49**(3): p. 128-35.
40. Assaf, M., A.C. Mellor, and A.J. Qualtrough, *Cleaning endodontic files in a washer disinfectant*. Br Dent J, 2008. **204**(10): p. E17; discussion 562-3.
41. Perakaki, K., A.C. Mellor, and A.J. Qualtrough, *Comparison of an ultrasonic cleaner and a washer disinfectant in the cleaning of endodontic files*. J Hosp Infect, 2007. **67**(4): p. 355-9.
42. Davis, D. and E.A. BeGole, *Compliance with infection-control procedures among Illinois orthodontists*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1998. **113**(6): p. 647-54.
43. McCarthy, G.M., A.H. Mamandras, and J.K. MacDonald, *Infection control in the orthodontic office in Canada*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1997. **112**(3): p. 275-81.
44. Angelillo, I.F., et al., *Dental hygienists and infection control: knowledge, attitudes and behaviour in Italy*. J Hosp Infect, 2001. **47**(4): p. 314-20.
45. Smith, A., et al., *Management of infection control in dental practice*. J Hosp Infect, 2009. **71**(4): p. 353-8.
46. Heudorf, U., et al., *[Infection control and compliance with national recommendations among dentists in Frankfurt/M, Germany: results of a pilot project, 2005]*. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 2006. **49**(7): p. 648-59.
47. Aasim, S.A., A.C. Mellor, and A.J. Qualtrough, *The effect of pre-soaking and time in the ultrasonic cleaner on the cleanliness of sterilized endodontic files*. Int Endod J, 2006. **39**(2): p. 143-9.
48. Sonntag, D. and O.A. Peters, *Effect of prion decontamination protocols on nickel-titanium rotary surfaces*. J Endod, 2007. **33**(4): p. 442-6.
49. Walker, J.T., et al., *Cleanability of dental instruments--implications of residual protein and risks from Creutzfeldt-Jakob disease*. Br Dent J, 2007. **203**(7): p. 395-401.
50. Department of Health (DH), *Advice for dentists on re-use of endodontic instruments and variant Creutzfeldt-Jakob Disease (vCJD)* 2007.
51. Parashos, P. and H.H. Messer, *Questionnaire survey on the use of rotary nickel-titanium endodontic instruments by Australian dentists*. Int Endod J, 2004. **37**(4): p. 249-59.
52. Bird, D.C., D. Chambers, and O.A. Peters, *Usage parameters of nickel-titanium rotary instruments: a survey of endodontists in the United States*. J Endod, 2009. **35**(9): p. 1193-7.
53. VDW GmbH, *Einfach immer hygienisch: Sterile Endo-Instrumente von VDW. Information und Produktübersicht VW000288 Rev.0/13.03.11*. p. 5.

54. Sofola, O.O. and K.O. Savage, *Assessment of the compliance of Nigerian dentists with infection control: a preliminary study*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2003. **24**(10): p. 737-40.
55. Cheng, H.C., et al., *Changes in compliance with recommended infection control practices and affecting factors among dentists in Taiwan*. J Dent Educ, 2012. **76**(12): p. 1684-90.
56. McCarthy, G.M., et al., *Infection control practices across Canada: do dentists follow the recommendations?* J Can Dent Assoc, 1999. **65**(9): p. 506-11.

8 Anhang

8.1 Anschreiben an die Zahnarztpraxen

**Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und
Endodontologie**

Universitätsklinikum Düsseldorf AöR • Moorenstraße 5 • 40225 Düsseldorf

Ansprechpartner:
PD Dr. David Sonntag

Durchwahl:
0211 81-08639

E-Mail:
David.Sonntag@med.uni-duesseldorf.de

Datum:
Im Juli

Umfrage zur Aufbereitung von Wurzelkanalinstrumenten

Sehr geehrte Damen und Herren,

für eine repräsentative Umfrage der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf möchten wir Sie um Ihre Unterstützung bitten.

Bekanntermaßen besteht die Dekontamination von Wurzelkanalinstrumenten aus zahlreichen Arbeitsschritten und enthält vor dem Sterilisationszyklus einen aufwändigen Reinigungs- und Desinfektionsprozess.

In unserer Umfrage möchten wir ermitteln, wie die Aufbereitung von Wurzelkanalinstrumenten erfolgt und mit welchem Zeitaufwand sie verbunden ist. Selbstverständlich wird die Auswertung der Fragebögen anonym durchgeführt.

Bitte senden Sie uns hierfür den ausgefüllten Fragebogen bis zum 25.07.2014 im beigefügten Rückumschlag zurück. Die dafür anfallenden Portokosten werden selbstverständlich von uns übernommen. Bei Rückfragen oder Interesse am Ergebnis unserer Studie können Sie sich jederzeit unter evelyn.martin@med.uni-duesseldorf.de an uns wenden.

Für Ihre Unterstützung unserer Studie möchten wir uns im Voraus herzlich bedanken!

Univ.-Prof. Dr. W. H.-M Raab

Priv.- Doz. Dr. David Sonntag

Anlagen
Fragebogen
Rückumschlag

ZÄ Evelyn Martin (Doktorandin)

Direktor:
Univ.-Prof. Dr. W. H.-M. Raab
Telefon: 0211 81-18144
Fax: 0211 81-19244
raab@med.uni-duesseldorf.de

Stellv. Direktor:
OA PD Dr. D. Sonntag

Geschäftsführender Oberarzt:
OA Prof. Dr. S. Rüttermann

Sekretariat
Sonja Theisen
Telefon: 0211 81-18144
Fax: 0211 81-19244
sonja.theisen@med.uni-duesseldorf.de

Privatambulanz
Claudia Bernards
Telefon: 0211 81-16859
Fax: 0211 81-16078
bernards@med.uni-duesseldorf.de

Leiter der Sektion Parodontologie:
Univ.-Prof. Dr. Dr. T. Beikler
Telefon: 0211 81-19880
beikler@med.uni-duesseldorf.de

Oberärzte:
OÄ Dr. A. Klocke
Telefon: 0211 81-04490
Astrid.Klocke@med.uni-duesseldorf.de

OA Prof. Dr. S. Rüttermann
Telefon: 0211 81-19203
Ruettermann@med.uni-duesseldorf.de

OA PD Dr. D. Sonntag
Telefon: 0211 81-08639
David.Sonntag@med.uni-duesseldorf.de

Webseite des Universitätsklinikums
www.uniklinik-duesseldorf.de

8.2 Fragebogen

Repräsentative Umfrage zur Aufbereitung von Wurzelkanalinstrumenten in Deutschland

1. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:
☐ Weiblich
☐ Männlich
2. Wie alt sind Sie?

☐ Unter 35 Jahre	☐ 50 bis 54 Jahre
☐ 35 bis 39 Jahre	☐ 55 bis 59 Jahre
☐ 40 bis 44 Jahre	☐ 60 bis 64 Jahre
☐ 45 bis 49 Jahre	☐ Über 64 Jahre
3. Wie häufig führen Sie Wurzelkanalbehandlungen in Ihrer Praxis durch?
☐ Unter 1 mal wöchentlich
☐ Ungefähr 1 bis 3 mal wöchentlich
☐ Ungefähr 4 bis 6 mal wöchentlich
☐ Ungefähr 7 bis 9 mal wöchentlich
☐ Über 9 mal wöchentlich
4. Wie erfolgt die Wurzelkanalaufbereitung?
☐ Manuell
☐ Maschinell
☐ Manuell und Maschinell
5. Bei wie vielen Patienten werden die Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung durchschnittlich verwendet?
☐ 1 Patient
☐ 2 - 4 Patienten
☐ 5 - 7 Patienten
☐ Über 7 Patienten
6. Wer führt die Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Wurzelkanalinstrumente durch?
☐ Ausgebildete ZFA (Zahnmedizinische Fachangestellte)
☐ ZFA in Ausbildung
☐ Angelerntes Hilfspersonal
7. Werden vor der Reinigung die Silikonstopper entfernt?
Nie ☐☐☐☐☐ Immer
8. Wie erfolgt die Desinfektion?

a. Manuell (mittels Eintauchverfahren, mit/ohne Ultraschall):	Nie ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Immer
b. Maschinell (mittels Reinigungs- und Desinfektionsgerät, RDG):	Nie ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Immer
9. Wie hoch schätzen Sie den Gesamtzeitaufwand zur Aufbereitung der Wurzelkanalinstrumente nach Abschluss der Behandlung pro Patient ein (Vorbereitung der Instrumente, Verpackung und Beschriftung, Ein- und Ausräumen von Ultraschallbad/RDG und Sterilisator, ohne Einwirkzeit und Laufzeit von RDG und Sterilisator)?

☐ Unter 5 Minuten	☐ 15 bis 19 Minuten
☐ 5 bis 9 Minuten	☐ 20 bis 29 Minuten
☐ 10 bis 14 Minuten	☐ Über 29 Minuten

8.3 Tabelle der ermittelten Zahnärztezahlen

Gemeindename	31.12.2011 auf Grundlage des Zensus 2011 Bevölkerung		Quelle: Gelbe Seiten 10./11.12.2013		Anzahl Umfrage
	insgesamt	Anteil in %	Zahnärzte	Anteil in %	
Köln, Stadt	1 013 665	5,78%	769	7,49%	300
Düsseldorf, Stadt	589 649	3,36%	471	4,59%	184
Dortmund, Stadt	571 403	3,26%	365	3,56%	142
Essen, Stadt	565 900	3,23%	363	3,54%	141
Duisburg, Stadt	487 470	2,78%	220	2,14%	86
Bochum, Stadt	362 585	2,07%	254	2,47%	99
Wuppertal, Stadt	342 570	1,95%	183	1,78%	71
Bielefeld, Stadt	327 199	1,86%	173	1,69%	67
Bonn, Stadt	307 530	1,75%	283	2,76%	110
Münster, Stadt	293 393	1,67%	202	1,97%	79
Gelsenkirchen, Stadt	257 994	1,47%	136	1,32%	53
Mönchengladbach, Stadt	254 834	1,45%	159	1,55%	62
Aachen, Stadt	238 665	1,36%	199	1,94%	78
Krefeld, Stadt	221 864	1,26%	142	1,38%	55
Oberhausen, Stadt	210 256	1,20%	101	0,98%	39
Hagen, Stadt	187 333	1,07%	84	0,82%	33
Hamm, Stadt	176 474	1,01%	103	1,00%	40
Mülheim an der Ruhr, Stadt	166 804	0,95%	119	1,16%	46
Leverkusen, Stadt	159 373	0,91%	109	1,06%	42
Solingen, Stadt	155 080	0,88%	80	0,78%	31
Herne, Stadt	154 887	0,88%	89	0,87%	35
Neuss, Stadt	151 070	0,86%	99	0,96%	39
Paderborn, Stadt	143 174	0,82%	78	0,76%	30
Bottrop, Stadt	117 074	0,67%	63	0,61%	25
Recklinghausen, Stadt	115 648	0,66%	76	0,74%	30
Remscheid, Stadt	110 132	0,63%	54	0,53%	21
Bergisch Gladbach, Stadt	109 026	0,62%	101	0,98%	39
Moers, Stadt	103 831	0,59%	66	0,64%	26
Siegen, Stadt	99 230	0,57%	64	0,62%	25
Witten, Stadt	96 221	0,55%	57	0,56%	22
Iserlohn, Stadt	94 367	0,54%	47	0,46%	18
Gütersloh, Stadt	94 290	0,54%	56	0,55%	22
Düren, Stadt	88 567	0,50%	66	0,64%	26
Ratingen, Stadt	86 882	0,50%	70	0,68%	27
Lünen, Stadt	85 554	0,49%	55	0,54%	21
Marl, Stadt	84 680	0,48%	49	0,48%	19
Velbert, Stadt	81 192	0,46%	46	0,45%	18

Minden, Stadt	79 940	0,46%	46	0,45%	18
Dorsten, Stadt	76 518	0,44%	53	0,52%	21
Viersen, Stadt	74 974	0,43%	36	0,35%	14
Castrop-Rauxel, Stadt	74 323	0,42%	47	0,46%	18
Arnsberg, Stadt	74 125	0,42%	47	0,46%	18
Gladbeck, Stadt	74 045	0,42%	32	0,31%	12
Detmold, Stadt	73 717	0,42%	51	0,50%	20
Lüdenscheid, Stadt	73 568	0,42%	49	0,48%	19
Rheine, Stadt	72 942	0,42%	44	0,43%	17
Troisdorf, Stadt	72 584	0,41%	47	0,46%	18
Bocholt, Stadt	71 233	0,41%	31	0,30%	12
Dinslaken, Stadt	67 743	0,39%	38	0,37%	15
Lippstadt, Stadt	65 861	0,38%	40	0,39%	16
Herford, Stadt	65 008	0,37%	38	0,37%	15
Kerpen, Stadt	63 569	0,36%	34	0,33%	13
Dormagen, Stadt	62 312	0,36%	32	0,31%	12
Grevenbroich, Stadt	61 374	0,35%	35	0,34%	14
Herten, Stadt	61 178	0,35%	40	0,39%	16
Wesel, Stadt	60 227	0,34%	34	0,33%	13
Unna, Stadt	59 145	0,34%	46	0,45%	18
Bergheim, Stadt	58 749	0,33%	37	0,36%	14
Langenfeld (Rheinland), Stadt	56 989	0,32%	35	0,34%	14
Stolberg (Rhld.), Stadt	56 044	0,32%	29	0,28%	11
Hürth, Stadt	55 581	0,32%	32	0,31%	12
Euskirchen, Stadt	55 437	0,32%	31	0,30%	12
Eschweiler, Stadt	54 651	0,31%	34	0,33%	13
Hilden, Stadt	54 500	0,31%	37	0,36%	14
Meerbusch, Stadt	54 378	0,31%	43	0,42%	17
Menden (Sauerland), Stadt	54 292	0,31%	30	0,29%	12
Hattingen, Stadt	54 241	0,31%	34	0,33%	13
Sankt Augustin, Stadt	54 100	0,31%	35	0,34%	14
Pulheim, Stadt	53 208	0,30%	31	0,30%	12
Bad Salzuflen, Stadt	52 303	0,30%	29	0,28%	11
Ahlen, Stadt	52 036	0,30%	24	0,23%	9
Willich, Stadt	50 676	0,29%	30	0,29%	12
Ibbenbüren, Stadt	50 644	0,29%	27	0,26%	11
Frechen, Stadt	50 141	0,29%	31	0,30%	12
Gummersbach, Stadt	49 838	0,28%	32	0,31%	12
Erftstadt, Stadt	49 172	0,28%	28	0,27%	11
Bergkamen, Stadt	48 892	0,28%	24	0,23%	9
Bad Oeynhausen, Stadt	48 360	0,28%	34	0,33%	13
Kleve, Stadt	47 622	0,27%	32	0,31%	12
Rheda-Wiedenbrück, Stadt	46 661	0,27%	18	0,18%	7
Soest, Stadt	46 644	0,27%	25	0,24%	10
Herzogenrath, Stadt	46 601	0,27%	22	0,21%	9
Schwerte, Stadt	46 518	0,27%	35	0,34%	14

Alsdorf, Stadt	46 434	0,26%	18	0,18%	7
Bornheim, Stadt	46 320	0,26%	28	0,27%	11
Dülmen, Stadt	46 178	0,26%	23	0,22%	9
Gronau (Westf.), Stadt	45 622	0,26%		0,00%	0
Bünde, Stadt	45 406	0,26%	22	0,21%	9
Hennef (Sieg), Stadt	44 937	0,26%	22	0,21%	9
Erkrath, Stadt	43 812	0,25%	25	0,24%	10
Kamen, Stadt	43 765	0,25%	19	0,19%	7
Brühl, Stadt	43 483	0,25%	38	0,37%	15
Erkelenz, Stadt	43 066	0,25%	19	0,19%	7
Kaarst, Stadt	41 941	0,24%	29	0,28%	11
Borken, Stadt	41 491	0,24%	23	0,22%	9
Nettetal, Stadt	41 429	0,24%	20	0,19%	8
Heinsberg, Stadt	40 949	0,23%	23	0,22%	9
Lemgo, Stadt	40 949	0,23%	22	0,21%	9
Monheim am Rhein, Stadt	40 254	0,23%	20	0,19%	8
Königswinter, Stadt	40 081	0,23%	22	0,21%	9
Löhne, Stadt	39 661	0,23%	16	0,16%	6
Siegburg, Stadt	38 809	0,22%	41	0,40%	16
Hückelhoven, Stadt	38 774	0,22%	19	0,19%	7
Ahaus, Stadt	38 443	0,22%	16	0,16%	6
Mettmann, Stadt	37 874	0,22%	24	0,23%	9
Würselen, Stadt	37 317	0,21%	22	0,21%	9
Haltern am See, Stadt	37 216	0,21%	26	0,25%	10
Kamp-Lintfort, Stadt	37 166	0,21%	20	0,19%	8
Warendorf, Stadt	36 980	0,21%	20	0,19%	8
Voerde (Niederrhein), Stadt	36 891	0,21%	20	0,19%	8
Niederkassel, Stadt	36 528	0,21%	23	0,22%	9
Beckum, Stadt	36 106	0,21%	17	0,17%	7
Coesfeld, Stadt	35 777	0,20%	21	0,20%	8
Hemer, Stadt	35 658	0,20%	17	0,17%	7
Porta Westfalica, Stadt	35 483	0,20%	14	0,14%	5
Emsdetten, Stadt	35 275	0,20%	18	0,18%	7
Wesseling, Stadt	35 081	0,20%	22	0,21%	9
Kempfen, Stadt	34 937	0,20%	24	0,23%	9
Wermelskirchen, Stadt	34 781	0,20%	22	0,21%	9
Lage, Stadt	34 761	0,20%	9	0,09%	4
Greven, Stadt	34 710	0,20%	18	0,18%	7
Datteln, Stadt	34 543	0,20%	21	0,20%	8
Steinfurt, Stadt	33 376	0,19%	24	0,23%	9
Geldern, Stadt	32 889	0,19%	17	0,17%	7
Goch, Stadt	32 750	0,19%	13	0,13%	5
Korschenbroich, Stadt	32 026	0,18%	17	0,17%	7
Jülich, Stadt	31 909	0,18%	19	0,19%	7
Gevelsberg, Stadt	31 112	0,18%	13	0,13%	5
Rheinberg, Stadt	30 836	0,18%	19	0,19%	7

Kreuztal, Stadt	30 792	0,18%	15	0,15%	6
Oer-Erkenschwick, Stadt	30 727	0,18%	14	0,14%	5
Meschede, Stadt	30 637	0,17%	20	0,19%	8
Werl, Stadt	30 565	0,17%	11	0,11%	4
Delbrück, Stadt	30 451	0,17%	11	0,11%	4
Ennepetal, Stadt	30 241	0,17%	18	0,18%	7
Höxter, Stadt	30 112	0,17%	14	0,14%	5
Emmerich am Rhein, Stadt	29 944	0,17%	18	0,18%	7
Haan, Stadt	29 794	0,17%	22	0,21%	9
Lohmar, Stadt	29 624	0,17%	20	0,19%	8
Werne, Stadt	29 555	0,17%	19	0,19%	7
Tönisvorst, Stadt	29 551	0,17%	14	0,14%	5
Waltrop, Stadt	28 953	0,17%	16	0,16%	6
Oelde, Stadt	28 877	0,16%	12	0,12%	5
Rietberg, Stadt	28 571	0,16%	10	0,10%	4
Sundern (Sauerland), Stadt	28 365	0,16%	16	0,16%	6
Schwelm, Stadt	28 225	0,16%	19	0,19%	7
Wetter (Ruhr), Stadt	27 909	0,16%	20	0,19%	8
Wegberg, Stadt	27 813	0,16%	11	0,11%	4
Kevelaer, Stadt	27 553	0,16%	14	0,14%	5
Rösrath, Stadt	27 446	0,16%	18	0,18%	7
Leichlingen (Rheinland), Stadt	27 400	0,16%	10	0,10%	4
Neukirchen-Vluyn, Stadt	27 134	0,15%	19	0,19%	7
Overath, Stadt	26 788	0,15%	20	0,19%	8
Mechernich, Stadt	26 736	0,15%	12	0,12%	5
Rheinbach, Stadt	26 534	0,15%	20	0,19%	8
Baesweiler, Stadt	26 405	0,15%	9	0,09%	4
Hamminkeln, Stadt	26 372	0,15%	14	0,14%	5
Schloß Holte-Stukenbrock, Stadt	26 352	0,15%	11	0,11%	4
Geilenkirchen, Stadt	26 351	0,15%	17	0,17%	7
Lennestadt, Stadt	26 348	0,15%	13	0,13%	5
Plettenberg, Stadt	26 134	0,15%	13	0,13%	5
Petershagen, Stadt	25 915	0,15%	10	0,10%	4
Selm, Stadt	25 827	0,15%	19	0,19%	7
Warstein, Stadt	25 766	0,15%	13	0,13%	5
Brilon, Stadt	25 690	0,15%	11	0,11%	4
Heiligenhaus, Stadt	25 479	0,15%	18	0,18%	7
Lübbecke, Stadt	25 426	0,14%	15	0,15%	6
Sprockhövel, Stadt	25 367	0,14%	25	0,24%	10
Wiehl, Stadt	25 307	0,14%	11	0,11%	4
Schmallenberg, Stadt	25 277	0,14%	10	0,10%	4
Verl, Stadt	24 877	0,14%	11	0,11%	4
Olpe, Stadt	24 762	0,14%	17	0,17%	7
Espelkamp, Stadt	24 743	0,14%	7	0,07%	3
Bad Honnef, Stadt	24 653	0,14%	25	0,24%	10
Salzkotten, Stadt	24 541	0,14%	8	0,08%	3

Attendorn, Stadt	24 426	0,14%	15	0,15%	6
Übach-Palenberg, Stadt	24 208	0,14%	8	0,08%	3
Harsewinkel, Stadt	23 785	0,14%	9	0,09%	4
Lüdinghausen, Stadt	23 581	0,13%	15	0,15%	6
Meckenheim, Stadt	23 555	0,13%	17	0,17%	7
Warburg, Stadt	23 521	0,13%	16	0,16%	6
Netphen, Stadt	23 296	0,13%	11	0,11%	4
Alfter	22 992	0,13%	9	0,09%	4
Bedburg, Stadt	22 988	0,13%	13	0,13%	5
Herdecke, Stadt	22 800	0,13%	18	0,18%	7
Vreden, Stadt	22 380	0,13%	7	0,07%	3
Radevormwald, Stadt	22 377	0,13%	6	0,06%	2
Jüchen	22 177	0,13%	7	0,07%	3
Lengerich, Stadt	21 843	0,12%	10	0,10%	4
Büren, Stadt	21 627	0,12%	9	0,09%	4
Wipperfürth, Stadt	21 563	0,12%	14	0,14%	5
Rees, Stadt	21 402	0,12%	9	0,09%	4
Xanten, Stadt	21 223	0,12%	15	0,15%	6
Lindlar	21 162	0,12%	13	0,13%	5
Halle (Westf.), Stadt	21 148	0,12%	7	0,07%	3
Wülfrath, Stadt	21 143	0,12%	13	0,13%	5
Meinerzhagen, Stadt	20 974	0,12%	9	0,09%	3
Versmold, Stadt	20 864	0,12%	11	0,11%	4
Elsdorf, Stadt	20 820	0,12%	6	0,06%	2
Fröndenbergruhr, Stadt	20 806	0,12%	11	0,11%	4
Geseke, Stadt	20 700	0,12%	9	0,09%	3
Enger, Stadt	20 380	0,12%	7	0,07%	3
Wilnsdorf	20 363	0,12%	6	0,06%	2
Marsberg, Stadt	20 232	0,12%	10	0,10%	4
Steinhagen	20 183	0,12%	6	0,06%	2
Stadtlohn, Stadt	20 130	0,11%	10	0,10%	4
Senden	19 944	0,11%	12	0,12%	5
Neunkirchen-Seelscheid	19 744	0,11%	9	0,09%	3
Hiddenhausen	19 721	0,11%	6	0,06%	2
Zülpich, Stadt	19 688	0,11%	7	0,07%	3
Wenden	19 688	0,11%	6	0,06%	2
Hörstel, Stadt	19 652	0,11%	10	0,10%	4
Bad Berleburg, Stadt	19 616	0,11%	6	0,06%	2
Wachtberg	19 614	0,11%	7	0,07%	3
Ennigerloh, Stadt	19 614	0,11%	12	0,12%	5
Kürten	19 481	0,11%	12	0,12%	5
Engelskirchen	19 375	0,11%	17	0,17%	7
Nottuln	19 206	0,11%	12	0,12%	5
Vlotho, Stadt	19 131	0,11%	10	0,10%	4
Rhede, Stadt	19 112	0,11%	9	0,09%	3
Ochtrup, Stadt	18 971	0,11%	9	0,09%	3

Schwalmtal	18 965	0,11%	7	0,07%	3
Waldbröl, Stadt	18 929	0,11%	10	0,10%	4
Windeck	18 895	0,11%	5	0,05%	2
Reichshof	18 855	0,11%	6	0,06%	2
Bergneustadt, Stadt	18 842	0,11%	11	0,11%	4
Telgte, Stadt	18 828	0,11%	13	0,13%	5
Eitorf	18 750	0,11%	7	0,07%	3
Bad Driburg, Stadt	18 538	0,11%	10	0,10%	4
Werdohl, Stadt	18 351	0,10%	7	0,07%	3
Burscheid, Stadt	18 099	0,10%	10	0,10%	4
Altena, Stadt	18 079	0,10%	6	0,06%	2
Bönen	18 057	0,10%	11	0,11%	4
Freudenberg, Stadt	18 013	0,10%	7	0,07%	3
Swisttal	17 578	0,10%	13	0,13%	5
Bad Münstereifel, Stadt	17 431	0,10%	12	0,12%	5
Horn-Bad Meinberg, Stadt	17 312	0,10%	7	0,07%	3
Kreuzau	17 196	0,10%	10	0,10%	4
Finnentrop	17 097	0,10%	5	0,05%	2
Wassenberg, Stadt	16 929	0,10%		0,00%	0
Gescher, Stadt	16 837	0,10%	6	0,06%	2
Holzwickede	16 754	0,10%	14	0,14%	5
Brakel, Stadt	16 746	0,10%	6	0,06%	2
Oerlinghausen, Stadt	16 699	0,10%	9	0,09%	3
Nümbrecht	16 693	0,10%	6	0,06%	2
Halver, Stadt	16 413	0,09%	8	0,08%	3
Kierspe, Stadt	16 265	0,09%	9	0,09%	3
Kirchlengern	16 058	0,09%	6	0,06%	2
Hille	16 000	0,09%	5	0,05%	2
Leopoldshöhe	15 837	0,09%	6	0,06%	2
Herzebrock-Clarholz	15 815	0,09%	6	0,06%	2
Hövelhof	15 779	0,09%	7	0,07%	3
Erwitte, Stadt	15 647	0,09%	6	0,06%	2
Blomberg, Stadt	15 621	0,09%	5	0,05%	2
Weilerswist	15 604	0,09%	5	0,05%	2
Rahden, Stadt	15 540	0,09%	5	0,05%	2
Brüggen	15 486	0,09%	9	0,09%	3
Straelen, Stadt	15 350	0,09%	7	0,07%	3
Hilchenbach, Stadt	15 315	0,09%	11	0,11%	4
Hückeswagen, Stadt	15 218	0,09%	7	0,07%	3
Drensteinfurt, Stadt	15 132	0,09%	6	0,06%	2
Bad Lippspringe, Stadt	15 051	0,09%	7	0,07%	3
Niederkrüchten	15 049	0,09%	3	0,03%	1
Ascheberg	15 040	0,09%	7	0,07%	3
Simmerath	15 026	0,09%	6	0,06%	2
Olsberg, Stadt	14 941	0,09%	6	0,06%	2
Grefrath	14 915	0,09%	5	0,05%	2

Spenge, Stadt	14 797	0,08%	5	0,05%	2
Odenthal	14 795	0,08%	7	0,07%	3
Burbach	14 443	0,08%	5	0,05%	2
Reken	14 344	0,08%	6	0,06%	2
Bad Laasphe, Stadt	14 094	0,08%	6	0,06%	2
Much	14 074	0,08%	4	0,04%	2
Kalletal	14 069	0,08%	4	0,04%	2
Sassenberg, Stadt	13 924	0,08%	6	0,06%	2
Neunkirchen	13 810	0,08%	4	0,04%	2
Lotte	13 758	0,08%	6	0,06%	2
Aldenhoven	13 745	0,08%	2	0,02%	1
Stemwede	13 711	0,08%	3	0,03%	1
Kalkar, Stadt	13 705	0,08%	8	0,08%	3
Beverungen, Stadt	13 685	0,08%	5	0,05%	2
Neuenkirchen	13 674	0,08%	8	0,08%	3
Niederzier	13 672	0,08%	3	0,03%	1
Marienheide	13 666	0,08%	5	0,05%	2
Hünxe	13 517	0,08%	8	0,08%	3
Langerwehe	13 410	0,08%	4	0,04%	2
Schermbeck	13 376	0,08%	9	0,09%	3
Hüllhorst	13 143	0,07%	4	0,04%	2
Borchen	13 122	0,07%	5	0,05%	2
Velen	13 011	0,07%	6	0,06%	2
Steinheim, Stadt	13 008	0,07%	6	0,06%	2
Schleiden, Stadt	12 995	0,07%		0,00%	0
Winterberg, Stadt	12 967	0,07%	6	0,06%	2
Sendenhorst, Stadt	12 873	0,07%	6	0,06%	2
Alpen	12 769	0,07%	6	0,06%	2
Preußisch Oldendorf, Stadt	12 671	0,07%	5	0,05%	2
Linnich, Stadt	12 665	0,07%	1	0,01%	0
Bedburg-Hau	12 608	0,07%	4	0,04%	2
Kerken	12 521	0,07%	4	0,04%	2
Rommerskirchen	12 454	0,07%	4	0,04%	2
Wadersloh	12 400	0,07%	7	0,07%	3
Ense	12 261	0,07%	3	0,03%	1
Welver	12 190	0,07%	3	0,03%	1
Neuenrade, Stadt	12 120	0,07%	5	0,05%	2
Bad Wünnenberg, Stadt	12 085	0,07%	4	0,04%	2
Olfen, Stadt	12 075	0,07%	8	0,08%	3
Monschau, Stadt	12 042	0,07%	5	0,05%	2
Kirchhundem	12 020	0,07%	4	0,04%	2
Lippetal	11 923	0,07%	5	0,05%	2
Issum	11 848	0,07%	7	0,07%	3
Drolshagen, Stadt	11 803	0,07%	4	0,04%	2
Mettingen	11 796	0,07%	5	0,05%	2
Extertal	11 787	0,07%	6	0,06%	2

Balve, Stadt	11 709	0,07%	7	0,07%	3
Havixbeck	11 601	0,07%	8	0,08%	3
Bestwig	11 498	0,07%	6	0,06%	2
Bad Sassendorf	11 486	0,07%	4	0,04%	2
Wickede (Ruhr)	11 483	0,07%	4	0,04%	2
Billerbeck, Stadt	11 448	0,07%	7	0,07%	3
Gangelt	11 437	0,07%	2	0,02%	1
Werther (Westf.), Stadt	11 337	0,06%	5	0,05%	2
Kall	11 336	0,06%	4	0,04%	2
Recke	11 275	0,06%	5	0,05%	2
Raesfeld	11 106	0,06%	6	0,06%	2
Möhnesee	11 035	0,06%	2	0,02%	1
Isselburg, Stadt	10 937	0,06%	4	0,04%	2
Westerkappeln	10 931	0,06%	5	0,05%	2
Schalksmühle	10 727	0,06%	5	0,05%	2
Ostbevern	10 625	0,06%	6	0,06%	2
Rüthen, Stadt	10 577	0,06%	3	0,03%	1
Lichtenau, Stadt	10 498	0,06%	3	0,03%	1
Rosendahl	10 477	0,06%	5	0,05%	2
Nörvenich	10 466	0,06%	2	0,02%	1
Morsbach	10 462	0,06%	6	0,06%	2
Anröchte	10 402	0,06%	7	0,07%	3
Ruppichteroth	10 222	0,06%	3	0,03%	1
Kranenburg	10 164	0,06%	4	0,04%	2
Weeze	10 138	0,06%	5	0,05%	2
Lügde, Stadt	10 105	0,06%	5	0,05%	2
Altenberge	10 041	0,06%	7	0,07%	3
Selfkant	9 919	0,06%	3	0,03%	1
Nideggen, Stadt	9 860	0,06%	4	0,04%	2
Merzenich	9 842	0,06%	3	0,03%	1
Rödinghausen	9 785	0,06%	4	0,04%	2
Nordkirchen	9 704	0,06%	4	0,04%	2
Augustdorf	9 598	0,05%	5	0,05%	2
Nordwalde	9 346	0,05%	5	0,05%	2
Everswinkel	9 320	0,05%	9	0,09%	3
Altenbeken	9 286	0,05%	4	0,04%	2
Borgentreich, Stadt	9 071	0,05%	2	0,02%	1
Breckerfeld, Stadt	9 029	0,05%	12	0,12%	5
Eslohe (Sauerland)	9 023	0,05%	3	0,03%	1
Barntrup, Stadt	8 977	0,05%	2	0,02%	1
Vettweiß	8 953	0,05%	1	0,01%	0
Schlangen	8 921	0,05%	3	0,03%	1
Südlohn	8 914	0,05%	4	0,04%	2
Schieder-Schwalenberg, Stadt	8 904	0,05%	3	0,03%	1
Tecklenburg, Stadt	8 806	0,05%	4	0,04%	2
Borgholzhausen, Stadt	8 716	0,05%	4	0,04%	2

Waldfeucht	8 715	0,05%	2	0,02%	1
Sonsbeck	8 655	0,05%	5	0,05%	2
Hürtgenwald	8 647	0,05%	3	0,03%	1
Blankenheim	8 607	0,05%	2	0,02%	1
Lienen	8 551	0,05%	4	0,04%	2
Willebadessen, Stadt	8 388	0,05%	3	0,03%	1
Heek	8 362	0,05%	4	0,04%	2
Roetgen	8 336	0,05%	6	0,06%	2
Titz	8 260	0,05%	3	0,03%	1
Langenberg	8 215	0,05%	3	0,03%	1
Hellenthal	8 207	0,05%	2	0,02%	1
Dörentrup	8 169	0,05%	2	0,02%	1
Uedem	8 136	0,05%	5	0,05%	2
Heiden	8 056	0,05%	3	0,03%	1
Medebach, Stadt	7 923	0,05%	1	0,01%	0
Wachtendonk	7 856	0,04%	3	0,03%	1
Wettringen	7 764	0,04%	5	0,05%	2
Hopsten	7 602	0,04%	3	0,03%	1
Nettersheim	7 550	0,04%	2	0,02%	1
Herscheid	7 305	0,04%	3	0,03%	1
Erndtebrück	7 255	0,04%	3	0,03%	1
Schöppingen	7 169	0,04%	3	0,03%	1
Saerbeck	7 144	0,04%	4	0,04%	2
Legden	6 946	0,04%	4	0,04%	2
Inden	6 935	0,04%	2	0,02%	1
Rheurdt	6 685	0,04%	3	0,03%	1
Nachrodt-Wiblingwerde	6 652	0,04%	2	0,02%	1
Nieheim, Stadt	6 508	0,04%	2	0,02%	1
Laer	6 487	0,04%	5	0,05%	2
Horstmar, Stadt	6 448	0,04%	3	0,03%	1
Metelen	6 409	0,04%	3	0,03%	1
Ladbergen	6 375	0,04%	4	0,04%	2
Beelen	6 270	0,04%	3	0,03%	1
Marienmünster, Stadt	5 314	0,03%	1	0,01%	0
Hallenberg, Stadt	4 521	0,03%	2	0,02%	1
Heimbach, Stadt	4 397	0,03%	1	0,01%	0
Dahlem	4 210	0,02%	2	0,02%	1
	17 544 938	100,00%	10.266	100,00%	4.000

[30, 31]

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. dent. David Sonntag für die Überlassung des Dissertationsthemas und das mir entgegengebrachte Vertrauen sowie die Freiheit bei der Gestaltung und Durchführung dieser Studie.

Ich danke dem Team der .05 Statistikberatung, im Besonderen Herrn Sebastian Ullrich, für die tolle Zusammenarbeit.

Meinem Kollegen Herrn Dr. med. dent. Thorsten Blauhut danke ich für seine schnelle Hilfe bei Computerproblemen jeder Art.

Ich danke allen Zahnärztinnen und Zahnärzten, die an dieser Studie bereitwillig teilgenommen haben.

Großen Dank an meine Freundin Julia Kerscher für ihre immerwährende Unterstützung und ihren treuen Beistand.

Für die liebevolle Unterstützung meines beruflichen Werdeganges bin ich meinem Ehemann Florian Martin und meinen Eltern Angela und Wilhelm Prestele zu großen Dank verpflichtet.

Ihnen widme ich diese Arbeit von ganzem Herzen.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Düsseldorf, den

Evelyn Martin