

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und
Endodontologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Komm. Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Michelle A. Ommerborn

**Klinische Erfolgsrate endodontischer Behandlungen im
studentischen Behandlungskurs
- Eine Follow-up-Studie -**

Dissertation

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

vorgelegt von

Sara Berndt

2024

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

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. dent. Wolfgang H.-M. Raab

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Majeed Rana

Für meine liebe Familie.

Zusammenfassung

Die praktische und theoretische Ausbildung im Bereich Endodontologie ist ein unverzichtbarer Bestandteil des Studiums der Zahnheilkunde in Deutschland. Die hohe Versagensrate endodontischer Behandlungen im Rahmen studentischer Behandlungskurse wirft die Frage nach möglichen organisatorischen Defiziten auf. Bisherige Studien haben vor allem den endodontischen Behandlungsprozess selbst, nicht aber die administrativen Rahmenbedingungen der Behandlungskurse untersucht. Das Ziel dieser Follow-up-Studie war daher, neben der internen Qualitätskontrolle, Optimierungsmöglichkeiten der administrativen Struktur der Behandlungskurse zu ermitteln. Dabei wurden unter anderem der Vergabeprozess der endodontischen Behandlungsfälle an die Studierenden, die Qualifikation der Supervisoren und der Schwierigkeitsgrad nach dem *AAE case difficulty assesment* Formular betrachtet.

Insgesamt wurden 219 endodontische Behandlungsfälle aus der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf aus den Jahren 2012 bis 2014 nach einem Zeitraum von 5 bis 7 Jahren untersucht. Die Datenerhebung erfolgte durch die Auswertung der Behandlungsdokumentationen sowie durch die Erhebung von Informationen bei Nachuntersuchungen. Erfolgreiche endodontische Behandlungen wurden als solche gewertet, die sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen noch in ihrer ursprünglichen Form in situ befanden. Als Misserfolg wurden Behandlungen gewertet, die eine Folgebehandlung an der betrachteten Wurzelfüllung erforderten.

Die ermittelte Erfolgsrate betrug 50,22 %, und die 5- Jahres- Überlebensrate der untersuchten endodontischen Behandlungsfälle betrug 58,82 %. Bei 61,18 % der Wurzelkanalbehandlungen zeigte das postoperative Röntgenbild eine adäquate Qualität. Eine differenzierte Betrachtung der Erfolgsrate zeigte einen signifikanten Einfluss des Zeitpunktes der postendodontischen koronalen Versorgung auf das Behandlungsergebnis. Therapierte Zähne, die keine definitive Versorgung erhielten, wiesen ein signifikant höheres Misserfolgsrisiko auf. Zudem stellte die Bewertung der Wurzelfüllung durch die Supervisoren einen Prädiktor für den operationalisierten Erfolg dar. Intraoperative Komplikationen traten signifikant häufiger bei therapierten Molaren auf als bei anderen Zahntypen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass eine Restrukturierung des Vergabeprozesses der Behandlungsfälle, beispielsweise auf Grundlage des ermittelten Schwierigkeitsgrades, nicht zwangsläufig mit einer erhöhten Erfolgswahrscheinlichkeit einhergeht. Die Erfolgswahrscheinlichkeit endodontischer Behandlungen könnte durch das konsequente Einleiten einer Revisionsbehandlung bei durch Supervisoren als insuffizient bewerteten Wurzelfüllungen verbessert werden. Zudem kann eine Optimierung der postendodontischen Versorgung das Auftreten von Misserfolgen reduzieren. Einen Lösungsansatz hierfür bieten sogenannte Integrierte Behandlungskurse.

Summary

The practical and theoretical training in the discipline of endodontology is an indispensable part of dentistry studies at German universities.

Endodontic treatments as a part of the educational curriculum in universities are accompanied with a high rate of failure, which suggests there may be deficiencies at the structure of the course level.

Previous studies examined the process of the endodontic treatment itself, but not the administrative tasks that are connected with the practical training.

The goal of this study is to optimize the administrative process, as well as monitor interns and the quality of their work. Particularly, one must consider the following; allocation of treatment cases to the students, qualification grade and level of difficulty of students and supervisors, according to *AAE case difficulty assessment form*.

Included in this study are 219 endodontical treatment cases from the Department of Tooth Preservation, Parodontology and Endodontology of the *Heinrich-Heine-Universität*. Treatments were executed from 2012-2014 and follow-up examinations were within 5-7 years. All data collected was based on the evaluation of treatment documentation and information obtained within the follow-up examinations.

Endodontical treatments were deemed “successful” when the tooth was situated *in situ* (in its original shape). All follow-up treatments where there was the extraction of the tooth, surgical root canal treatments, or retreatments were deemed a failure.

The rate of success was 50.22% and the 5 year-survival-rate of the examined treatment cases was 58.82%. The quality of the root canal fillings was evaluated by X-ray taken after the treatment. It appeared that 61.82% of all root canal fillings showed adequate quality.

There are further considerations to the success rate demonstrated, as well as parameters that significantly influenced the results of the treatments:

The timing of the restorative post-treatment affected the treatment outcome. A tooth without any restoration had a significantly higher risk of failure. The assessments of the course supervisors with regards to root canal filling were a predictor for operationalized success. Intraoperative complications occurred significantly more often with molars than with any other type of teeth.

This study attempts to answer the question: Would a new administrative process of practical courses lead to a higher success rate? The results indicate that with modification and allocation of treatment cases to students on a predetermined difficulty level, would not necessarily lead to more successful treatment cases.

In order to improve the success rate, a negative evaluation of a supervisor should be accompanied with the retreatment process. With this in mind, the post-endodontical treatment procedure may then be optimized. There may be an opportunity to realize these improvements with so named, Integrated Treatment Courses.

Abkürzungsverzeichnis

AAE	American Association of Endodontists
CAE	Canadian Association of Endodontics
DETI	Dutch Endodontic Treatment Index
DGET	Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie
DGZ	Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltungskunde
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
ETC	Endodontic Treatment Classification Form
M. Sc.	Master of Science
RIOTN	Restorative Dentistry Index of Treatment Need

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Literaturübersicht	7
2.1. Möglichkeiten zur Bestimmung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungsfälle	7
2.2. Weiterbildung und Spezialisierung im Fachbereich Endodontologie	8
2.3. Erfolgsrate und Qualität endodontischer Behandlungen	11
3. Ziel der Studie und Arbeitshypothese	18
4. Material und Methode	19
4.1. Patientenkollektiv	20
4.2. Datenerhebung.....	22
4.2.1. Allgemeine und persönliche Daten	22
4.2.2. Behandlungsspezifische Daten	22
4.2.3. Röntgenologische Daten	24
4.2.4. Datenerhebung zur Bewertung des Schwierigkeitsgrades des Behandlungsfalls.....	27
4.2.5. Datenerhebung im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung.....	28
4.3. Endodontologie als Bestandteil der studentischen Ausbildung	29
4.4. Die Wurzelkanalbehandlung im klinischen Kurs	30
4.4.1. Vorbereitende Maßnahmen	30
4.4.2. Endodontische Kavität	31
4.4.3. Bestimmung der Arbeitslänge.....	33
4.4.4. Aufbereitung des Wurzelkanals	34
4.4.5. Spülung des Wurzelkanals und medikamentöse Einlagen	36
4.4.6. Wurzelkanalfüllung.....	38
4.5. Definition von endodontischem Erfolg/ Misserfolg	39
4.6. Statistische Auswertung.....	39
5. Ergebnisse	40
5.2. Betrachtung der Behandlungsverläufe.....	44
5.3. Ermittlung der Erfolgsrate	51
5.4. Differenzierte Betrachtung der Erfolgsrate.....	55
6. Diskussion	62
6.1. Methodik.....	62
6.1.1. Probanden und Datenerhebung	62
6.1.2. Bestimmung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungsfälle.....	67
6.1.3. Definition von Erfolg und Misserfolg.....	71
6.2. Ergebnisse.....	74
6.2.1. Komplikationen.....	74
6.2.2. Qualität der Wurzelfüllungen.....	74
6.2.3. Erfolgsrate endodontischer Behandlungen im Studentenkurs.....	76
6.2.4. Administrativer Vergabeprozess und weitere Faktoren	78
6.2.5. Spezialisierungsgrad der Supervisoren.....	80
6.3. Schlussfolgerung	84

7. Literaturverzeichnis	86
8. Anhang.....	94
8.1. Patientenanschreiben	94
8.2. Probandeninformation	95
8.3. Einwilligungserklärung.....	96
8.4. AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines.....	97
8.5. Auswertungsbogen	99

1. Einleitung

Die Wurzelkanalbehandlung ist ein etabliertes Konzept der endodontischen Therapie in der Zahnmedizin und stellt eine zahnerhaltende Behandlungsalternative zur Zahnextraktion dar. Sie ist ein wesentliches Element der klinischen Praxis und wird daher Studierenden als fester Bestandteil der zahnmedizinischen Ausbildung vermittelt. Dabei werden Ätiologie, Diagnostik und Therapie nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen gelehrt. Die Abteilungen für Zahnerhaltung haben hierbei eine besondere Bedeutung, da sie nicht nur theoretisches Wissen, sondern auch praktische Fertigkeiten gemäß der Approbationsordnung vermitteln. Im Rahmen der Ausbildung erwerben die Studierenden zuerst durch Übungen an extrahierten Zähnen und später im klinischen Studienabschnitt durch endodontische Behandlungen an Patienten die notwendigen Kenntnisse. Der Lernerfolg wird in praktischer Hinsicht auch im Rahmen des zahnmedizinischen Staatsexamens überprüft. Wissenschaftliche Mitarbeitende der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie leiten die Studierenden kontinuierlich an und überprüfen die sachgerechte Durchführung der einzelnen Arbeitsschritte. Zusätzlich zur Betreuung durch Zahnärzte ohne endodontische Zusatzqualifikation, stehen den Studierenden auch Mitarbeitende zur Seite, die eine zusätzliche Qualifikation auf dem Gebiet der Endodontologie besitzen, beispielsweise einen Master of Science.

Verschiedene Studien untersuchten mögliche Faktoren, die einen Einfluss auf die Erfolgsrate von Wurzelkanalbehandlungen im Rahmen studentischer Behandlung haben. Der klinische Erfolg wurde abhängig von verschiedenen prä-, intra- und postoperativen Faktoren verglichen. Allerdings haben keine der veröffentlichten Studien explizit den administrativen Auswahlprozess der Abteilungsverwaltung berücksichtigt, der studentischen Wurzelkanalbehandlungen vorausgeht. Daher ist es von besonderem Interesse, nach welchen Kriterien Behandlungsfälle an die Studierenden vergeben werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu überprüfen, ob das derzeitige Vergabesystem der Behandlungsfälle sinnvoll ist, um eine möglichst hohe Erfolgsrate zu erzielen, oder ob ein alternatives Vergabesystem sinnvoller wäre. Insbesondere soll geprüft werden, inwiefern der Behandlungserfolg vom Schwierigkeitsgrad des Behandlungsfalls nach AAE-Klassifikation und dem Ausbildungsgrad des durchführenden Studierenden oder der Qualifikation des Supervisors der Behandlung abhängt.

2. Literaturübersicht

2.1. Möglichkeiten zur Bestimmung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungsfälle

Schwierige endodontische Behandlungsfälle können die Fähigkeiten und Erfahrungen des Behandelnden überfordern und somit ein erhöhtes Risiko für Komplikationen begründen. Daher können Bewertungsbögen zur Ermittlung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungsfälle hilfreich sein, um individuell zu entscheiden, ob eine Überweisung zu einem Spezialisten für Endodontie sinnvoll und zielführend ist [aae1, 2]. Es gibt jedoch keine konkrete Leitlinie oder Empfehlung, wann eine Überweisung angebracht ist. Auch in der studentischen Ausbildung fehlt oft eine eindeutige Definition, ab wann ein Behandlungsfall als schwierig eingestuft wird und von den Studierenden nicht mehr eigenständig durchgeführt werden sollte.

Eine korrekte Einschätzung des Schwierigkeitsgrades und entsprechendes Management der Behandlung führt häufiger zu einem erfolgreichen Behandlungsergebnis und trägt zur langfristigen Schmerzfreiheit und Zahnerhaltung bei. So können Revisionsbehandlungen und Extraktionen häufiger vermieden werden [3].

Im Folgenden werden einige Beispiele für Untersuchungsbögen dieser Art angeführt:

1. *American Association of Endodontists (AAE) case difficulty assessment form (AAE form)*[4]. Im Jahr 1999 veröffentlichte die AAE erstmals eine Datei zur Auswahl geeigneter endodontischer Behandlungsfälle für die studentische Ausbildung. Eine modifizierte Version erschien 2006, die sich an bereits approbierte Zahnärztinnen und Zahnärzte richtete und wurde sowohl 2017 als auch 2019 in einer überarbeiteten Fassung veröffentlicht. Der Bewertungsbogen umfasst 17 Kriterien und ermöglicht es, den Schwierigkeitsgrad einer endodontischen Behandlung zu bestimmen, der als leicht, mittel oder hoch eingestuft wird. Eine neue Entwicklung der AAE ist eine Applikation zum Gebrauch auf dem Smartphone, die eine effizientere und einheitlichere Bestimmung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungen ermöglichen soll.

2. *Canadian Academy of Endodontics case classification system (CAE)* [5]. Das *CAE form* umfasst 13 Kriterien, für die jeweils eine Antwort von drei Optionen ausgewählt wird. Abhängig vom Schwierigkeitsgrad des Behandlungsfalles werden entweder 1, 2 oder 5 Punkte zugeordnet. Basierend auf der Summe der Punktzahl wird der Behandlungsfall einer entsprechenden Kategorie zugeordnet.
3. *Dutch Endodontic Treatment Index (DETI) and Endodontic Treatment Classification form (ETC)* [1]. Der *DETI*-Fragebogen wurde entwickelt, um schnell und einfach zu bestimmen, ob ein leichter und schwieriger Behandlungsfall vorliegt. Falls ein Behandlungsfall als schwierig eingestuft wird, kann das *ETC*-Formular als zusätzliches Instrument zur Differenzierung des Schwierigkeitsgrades und zur Erstellung eines angemessenen Behandlungsplanes eingesetzt werden. Das *ETC*-Formular ähnelt dem *CAE*-Formular und betrachtet 16 Kriterien des Behandlungsfalles.
4. *Restorative Dentistry Index of Treatment Need (RIOTN)* [6]. Durch den Einsatz des *RIOTN* können Zahnärzte den Schwierigkeitsgrad von Wurzelkanalbehandlungen, von prothetischen Behandlungen und Parodontitistherapien ermitteln. Das Ergebnis informiert darüber, für welchen Behandelnden das therapeutische Vorgehen angemessen ist. Die Empfehlungen werden je nach Fall differenziert und können eine Behandlung durch einen Assistenz Zahnarzt, einen erfahrenen Zahnarzt oder einen Zahnarzt mit spezieller Zusatzqualifikation für Endodontie anraten.
5. Die *Endodontic Case Difficulty Application (EndoApp)* ist eine computerbasierte Anwendung, die das *AAE*-Formular und den *Dutch Endodontic Treatment Index (DETI)* vereint. Sie ermöglicht die Einschätzung des Schwierigkeitsgrades von endodontischen Behandlungsfällen auf Grundlage der Berücksichtigung von Risiken und der Vergabe von Punkten. Dabei wird der Schwierigkeitsgrad als gering, mittelmäßig, hoch oder sehr hoch klassifiziert. Die *EndoApp* wurde auf Grundlage von Auswertungsbögen entwickelt und basierend auf dem Feedback von Pilotstudienteilnehmern weiter überarbeitet [3].

2.2. Weiterbildung und Spezialisierung im Fachbereich Endodontologie

Das Ziel der Auswertungsbögen zur Bestimmung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungen besteht darin, zu entscheiden, ob eine Überweisung von einem allgemein-zahnärztlichen Behandelnden an einen Spezialisten für Endodontologie erforderlich ist.

In der vorliegenden Studie wird unter anderem untersucht, ob die Supervision von Studierenden bei endodontischen Behandlungen durch Fachkräfte mit einer Weiterbildung im Bereich Endodontologie das Behandlungsergebnis beeinflusst. Im Folgenden werden zunächst die verschiedenen Spezialisierungen im Fachbereich der Endodontologie erläutert:

In Deutschland gibt es die Bezeichnungen „Tätigkeitsschwerpunkt Endodontologie“ und „Spezialist für Endodontologie“, die auf endodontisch spezialisierte Zahnärztinnen und -ärzte hinweisen können. Es gibt jedoch keine bundesweit einheitliche Regelung für beide Bezeichnungen. Um einen „Tätigkeitsschwerpunkt Endodontologie“ nachzuweisen, fordern einige Kammerbereiche als Qualifikationsnachweis das Absolvieren mehrtägiger Fortbildungsreihen, während an anderen Stellen kein Qualifikationsnachweis erbracht werden muss. Die Zeugnisse und Spezialistentitel einzelner Institute und Firmen sind oft schwer vergleichbar. Derzeit gibt es in Deutschland etwa 14 verschiedene Curricula für Endodontologie.

Seit 2006 bietet die Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET) eine Weiterbildung zum „Spezialisten der Endodontologie der DGET“ an. Die Ausbildung umfasst eine mindestens dreijährige, ganztägige Tätigkeit als approbierte Zahnärztin oder -arzt in einer von der DGET anerkannten Ausbildungsstätte sowie mindestens 300 Stunden Fortbildung in verschiedenen Teilbereichen der Endodontologie oder dentalen Traumatologie. Um die besondere Erfahrung und die schwerpunktmäßige Tätigkeit im Bereich der Endodontologie nachzuweisen, müssen mindestens 250 Wurzelkanalbehandlungen innerhalb von 6 Jahren durchgeführt werden. Zusätzlich müssen 20 dokumentierte, eigenständig erbrachte endodontische Behandlungsfälle vorgelegt, eine mündliche Prüfung absolviert und Publikationen aus dem Bereich der Endodontologie oder zahnärztlichen Traumatologie nachgewiesen werden [7].

Das postgraduale Masterstudium zum Master of Science (M. Sc.) für Endodontologie wird von der Heinrich-Heine-Universität angeboten und richtet sich an approbierte Zahnärztinnen und Zahnärzte mit mindestens zwei Jahren Berufserfahrung. Der Studiengang umfasst 8 Module und dauert 4 Semester, mit einem Zeitaufwand von ca.

1.500 Arbeitsstunden. Die Anwesenheit an Lehrveranstaltungen beträgt ca. 50 Unterrichtstage, während die übrigen Studienleistungen in Selbstlernphasen durch Patientenbehandlung, Vorbereitung der Module sowie der Ausarbeitung einer Masterthesis erbracht werden sollen. Die Weiterbildung für Post- Graduierte wird von einer gemeinsam gegründeten Gesellschaft der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (HHU), der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) sowie der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltungskunde (DGZ) getragen. Die Initiative für die Gründung dieses Studienganges geht auf den damaligen Lehrstuhlinhaber für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie Prof. Dr. W. H.-M. Raab zurück [8].

Im deutschsprachigen Raum erfordert der Titel „Spezialist für Endodontologie“ im Vergleich zum Master (M.Sc.) für Endodontologie ein breiteres praktisches Spektrum [9].

Verschiedene internationale Studien vergleichen die Ergebnisse von endodontischen Behandlungen von Spezialisten für Endodontologie mit denen von allgemein Zahnärztlich tätigen Kollegen [10-12]. Sowohl die Ergebnisse der Studie von Burry *et al.* als auch von Alley *et al.* zeigten ein signifikant besseres Outcome bei Therapie durch einen Spezialisten für Endodontologie. Lazarski *et al.* zeigte keine signifikant voneinander abweichende Behandlungsergebnisse auf. Die durch Spezialisten therapierten Behandlungsfälle wurden durch die Autoren als komplexer definiert.

Inwiefern die Supervision durch Spezialisten für Endodontologie Einfluss auf das Behandlungsergebnis von Studierenden hat, wurde bisher nur in einer Studie von Baaij *et al.* untersucht [13]. Das Ausbildungsprogramm der Institution wurde 2010 reformiert, um effizienter Kompetenzen im Bereich der Endodontologie zu erwerben. Studierende des reformierten Ausbildungsweges begannen nach der präklinischen Ausbildung mit einem simulierenden Training unter der Betreuung von Spezialisten für Endodontologie, bevor sie zu den klinischen Kursen zugelassen wurden. Einfache Fälle wurden von allgemein Zahnärztlichen Betreuenden begleitet, während komplexere Fälle in der Klinik für Endodontologie von Endodontologen betreut wurden. Der Schwierigkeitsgrad wurde mittels des *DETI* und des *ETC*- Formulars bestimmt.

Um die Qualität der durchgeführten Wurzelkanalbehandlung zu überprüfen, wurden die postoperativen Röntgenbilder der ersten Wurzelkanalbehandlung, die von Studierenden an einem Patienten durchgeführt wurden, von zwei Gutachtern separat bewertet.

Verglichen wurden die Ergebnisse einer Kohorte, die das herkömmliche Ausbildungsprogramm absolviert hatte, mit denen einer Kohorte, die am reformierten Ausbildungsprogramm teilgenommen hatte. Das Behandlungsergebnis wurde als zufriedenstellend bewertet, wenn die Wurzelfüllung der natürlichen Kanalanatomie entsprach, 0 - 2 mm vor dem radiologischen Apex endete und sich röntgenologisch homogen und ohne frakturierte Instrumente oder Perforationen darstellte. Die Begutachtung der Röntgenbilder wurde nach einigen Monaten wiederholt.

47 von 76 (62 %) der Wurzelfüllungen der Studierenden, die am reformierten Ausbildungsprogramm teilgenommen hatten, zeigten eine zufriedenstellende Qualität. Im Vergleich dazu waren es nur 7 von 15 (47 %) Wurzelfüllungen des vorherigen Programmes der Fall. Weniger komplexe Behandlungsfälle wurden häufiger zufriedenstellend behandelt, wenn die Studierenden von Endodontologen betreut wurden (88 %) als bei einer Supervision durch allgemein Zahnärztliches Personal. Bei komplexen Behandlungsfällen hatte die Supervision keinen Einfluss auf das Behandlungsergebnis [13].

2.3. Erfolgsrate und Qualität endodontischer Behandlungen

Das Niveau der studentischen Ausbildung im Bereich der Endodontologie kann die Qualität und Erfolgsaussichten endodontischer Behandlungen in der Zahnärztlichen Praxis beeinflussen [14]. Im Jahr 2004 verabschiedete das *General Assembly of the Association for Dental Education in Europe* einen Artikel, der die von ihr als notwendig erachteten Kompetenzen von europäischen Zahnärztinnen und Zahnärzten zusammenfasst. Für den Bereich der Endodontologie und Kariologie wird eine umfassende Fähigkeit zur Diagnostik und Therapie von Karies und pulpalen und periradikulären Veränderungen bei Patienten aller Altersgruppen vorausgesetzt, einschließlich der Durchführung endodontischer Behandlungen an unkomplizierten ein- oder mehrwurzligen Zähnen [15]. Der niedrige Standard endodontischer Behandlungen von allgemein Zahnärztlichen Behandelnden in Europa könnte auf die Qualität und Quantität der Lehre dieses Fachbereichs während des Zahnmedizinstudiums zurückzuführen sein. Um europaweit einen angemessenen Ausbildungsstandard zu gewährleisten, hat die *European Society of Endodontology* die *Undergraduate Curriculum Guidelines for Endodontology* veröffentlicht. Das Curriculum legt die

Kompetenzen der Endodontologie fest, die Studierende bis zum Abschluss ihres Studiums beherrschen sollten. Diese werden in drei verschiedene Gebiete unterteilt: wissenschaftliche Grundlagen der endodontischen Therapie, die nicht-chirurgische endodontische Therapie und die chirurgische endodontische Therapie. Es wird die Durchführung einer Wurzelkanalbehandlung von adäquater Qualität erwartet, sowie eine eigenständige Diagnosefindung, die Evaluation des Behandlungsergebnisses und eine angemessene interdisziplinäre Kommunikation. Die *European Society of Endodontology* empfiehlt, dass Studierende von Spezialisten im Bereich Endodontologie betreut werden sollten [16].

Eine Untersuchung des Niveaus der präklinischen Ausbildung an deutschen Hochschulen wurde von Sonntag *et al.* untersucht. Die Ergebnisse zeigten eine erhebliche Varianz in Bezug auf Ablauf und Struktur der Lehre. Das Verhältnis zwischen Studierenden und Lehrenden variierte zwischen 9 : 1 und 30 : 1, mit einem Durchschnitt von 16 : 1. Dieses Ergebnis wird im europäischen Vergleich als eher schlecht angesehen [17].

In internationalen Fachzeitschriften mit Fokus auf Endodontologie sind verschiedene Studien zu finden, die sich mit dem Ergebnis von Wurzelkanalbehandlungen, die von Studierenden durchgeführt wurden, beschäftigen. Die Qualität endodontischer Behandlungen in studentischen Behandlungskursen wird aus gutem Grund beachtet, da Studierende in Zukunft für die zahnmedizinische Versorgung der Patienten verantwortlich sein werden.

Die korrekte Einschätzung der Erfolgsaussichten einer endodontischen Behandlung ist von entscheidender Bedeutung für die Behandlungsplanung. Im Rahmen der Patientenaufklärung sollten die Prognose des Zahnes, mögliche Behandlungsalternativen und Risiken der Behandlung besprochen werden. Der Patient hat das Recht zu erfahren, welche Heilungschance eine bestimmte Therapieform bietet, dies ist Teil der „Eingriffsaufklärung“.

Die Qualität von Wurzelkanalbehandlungen im Rahmen studentischer Behandlungskurse wird in deutlich mehr Studien untersucht als die Überlebensrate von wurzelkanalbehandelten Zähnen. Eine Meta- Analyse von Ribeiro *et al.* fasst die Ergebnisse von 24 Studien zur Qualität von Wurzelfüllungen im Rahmen der studentischen Ausbildung zusammen. Insgesamt lag die Häufigkeit von Wurzelfüllungen mit akzeptabler Qualität bei 48,75 %, wobei die höchste Erfolgsrate bei Frontzähnen (51,95 %) zu verzeichnen war [18].

Bisher hat keine der vorliegenden Studien differenziert betrachtet, inwiefern die Qualität und Erfolgsrate von Wurzelfüllungen vom Ausbildungsgrad der Studierenden abhängig ist. Ebenfalls wurde bislang nicht untersucht, ob das Langzeitergebnis endodontischer Behandlungen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad des Behandlungsfalls auf Grundlage des *AAE Endodontic Case Difficulty Assessment* Formulars variiert.

Folgende chronologisch aufgeführten Publikationen widmen sich der Fragestellung nach der Erfolgsrate nicht-chirurgischer endodontischer Behandlungen im Rahmen der studentischen Ausbildung:

Kerekes *et al.* untersuchten die Langzeitergebnisse von Wurzelkanalbehandlungen, die von Studierenden der University of Oslo im Jahr 1971 nach der standardisierten Technik nach Ingle durchgeführt wurden. Insgesamt wurden 647 Wurzeln von 333 Patienten in Kontrollintervallen von 6 Monaten, einem Jahr, 2 Jahren und 3 bis 5 Jahren untersucht. Erfolg wurde definiert als Zähne, in denen röntgenologisch der Parodontalspalt keine Veränderungen gegenüber der Norm zeigte oder er sich ohne Aufweitung um möglicherweise extendiertes Füllmaterial legte, während Misserfolg auftrat, wenn röntgenologisch eine periradikuläre Transluzenz sichtbar war. Die Qualität der Wurzelkanalfüllung wurde mittels der Parameter „Länge“ (Entfernung der Wurzelfüllung zum radiologischen Apex) und „Homogenität“ röntgenologisch evaluiert.

Nach 3 bis 5 Jahren konnten 91 % der 501 untersuchten Wurzelfüllungen als Erfolg und 5 % als Misserfolg gewertet werden. Bessere Behandlungsergebnisse wurden erzielt, wenn die Pulpa präoperativ vital war (Erfolgsrate von 93 % vs. 89 % bei avitaler Pulpa). Die Qualität der Wurzelfüllung hatte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Technische Komplikationen traten vergleichsweise gering bei 2 % der behandelten Wurzelkanäle auf, was auf das standardisierte Vorgehen der Studierenden zurückgeführt werden könnte [19].

Molven *et al.* untersuchten in zwei Studien die Erfolgsrate endodontischer Behandlungen der School of Dentistry der University of Bergen aus den Jahren 1963 - 1969 nach einem Untersuchungszeitraum von 10 - 17 Jahren und 20 - 27 Jahren.

Das Patientenkollektiv der ersten Studie bestand aus 239 Patienten mit 878 wurzelkanalbehandelten Zähnen und 1.111 Wurzeln [20]. Von diesen wurden 175 Patienten (70 %) nach 10 Jahren erneut untersucht [21]. Die periapikalen Befunde der

röntgenologischen Untersuchungen wurden in drei Gruppen eingeteilt: (i) keine Erkrankung ersichtlich, (ii) Vorliegen eines erweiterten Parodontalspalt und (iii) offensichtliches Vorliegen einer Erkrankung. Nach 10 - 17 Jahren zeigten 77,4 % der behandelten Zähne keine röntgenologischen Auffälligkeiten, nach 20 - 27 Jahren waren es 88,7 %.

In einer von Sjögren *et al.* veröffentlichten Studie wurde untersucht, welche Faktoren die Langzeitergebnisse von Wurzelkanalbehandlungen beeinflussen. Die Wurzelkanalbehandlungen wurden zwischen 1977 und 1979 von Studierenden der University of Umea in Schweden durchgeführt. Im Rahmen der Studie wurden 770 Patienten kontaktiert, wovon 356 Patienten nach einem Zeitraum von 8 bis 10 Jahren untersucht werden konnten. Damit konnten 635 Zähne bzw. 849 Wurzeln in die Studie eingeschlossen werden. Zähne, die während der Follow- up- Periode extrahiert wurden, wurden von der Studie ausgeschlossen (n = 68). Als Erfolg wurde die röntgenologisch nachweisbare vollständige periradikuläre Ausheilung der Läsion definiert. Alle Fälle, bei denen dieses Kriterium nicht erfüllt werden konnte, wurden als Misserfolg gewertet. Ergänzend wurde auch die Qualität der Wurzelfüllung, speziell die Länge und die Homogenität, bewertet. 91 % der untersuchten Wurzelkanalbehandlungen konnten als Erfolg gewertet werden. Die Ergebnisse zeigten eine direkte Abhängigkeit vom präoperativen Befund der Pulpa und dem periapikalen Gewebe. Die Erfolgsrate in Fällen mit vitaler oder avitaler Pulpa, die keine radiologisch sichtbare Transluzenz zeigten, betrug 96 %. Bei Zähnen, bei denen eine Pulpanekrose vorlag und zudem eine periapikale Transluzenz röntgenologisch ersichtlich war, zeigten nur 86 % der Fälle eine apikale Ausheilung. Bei Revisionsbehandlungen lag die Erfolgsrate nur bei 62 %. Die Länge beeinflusste signifikant die Erfolgsrate, wohingegen dies bei der Homogenität nicht der Fall war [22].

Burke und Lynch untersuchten in einer Follow- up- Studie den Einfluss der Qualität der Wurzelfüllung auf die Überlebensrate wurzelkanalbehandelter Zähne nach einem Untersuchungszeitraum von 5 Jahren. Dabei wurden sowohl die Ergebnisse studentischer Behandlungen als auch die der wissenschaftlichen Mitarbeitenden, die als approbierte Zahnärztinnen und Zahnärzte an der Cardiff University School of Dentistry beschäftigt waren, integriert. Zähne, bei denen nach Abschluss der endodontischen Behandlung keine definitive koronale Versorgung erfolgte, wurden ausgeschlossen. Die Länge der Wurzelfüllung wurde als (i) „akzeptabel“, (ii) „zu kurz“ oder (iii) „zu lang“ bewertet.

Insgesamt wurden 129 Zähne von 148 in die Studie einbezogen. 69,6 % der Wurzelfüllungen waren akzeptabel, 23,6 % zu kurz und 6,8 % zu lang. Eine höhere Anzahl intraoperativ angefertigter Röntgenbilder korrelierte signifikant mit akzeptabler Qualität. Signifikante Unterschiede in der Qualität der Wurzelkanalbehandlung zeigten sich auch zwischen den behandelten Zahntypen; während nur 3,1 % der Wurzelfüllungen von Molaren überextendiert waren, waren es bei den Frontzähnen 7,9 %. Die Überlebensrate nach einem durchschnittlichen Zeitraum von 40 Monaten (12 - 60 Monate) betrug 83 %. Wurzelfüllungen mit einer akzeptablen Länge zeigten eine signifikant höhere Überlebensrate [14].

Ilgüy *et al.* untersuchten nach einem Untersuchungszeitraum von zwei Jahren die Qualität von Wurzelfüllungen bei 319 endodontisch behandelten Zähnen von 158 Patienten, die von Studierenden der Yeditepe University Faculty of Dentistry im Jahr 2009 durchgeführt wurden. Die Qualität der Wurzelfüllung wurde anhand der Länge und Homogenität des Wurzelfüllmaterials definiert und in Bezug auf die Entwicklung des PAIs (Periapical Index) vom präoperativen bis zum im Rahmen der Untersuchung durchgeführten postoperativen Röntgenbild untersucht. Eine akzeptable Länge der Wurzelfüllung wurde definiert, wenn sie 0 - 2 mm vor dem radiologischen Apex endete. Der Einfluss der Wurzelkrümmung und der postendodontischen Versorgung auf die Qualität der Wurzelfüllung und die Veränderung des PAIs wurden ebenfalls untersucht. Von den betrachteten Wurzelfüllungen hatten 54,2 % eine akzeptable Länge, 37,3 % waren zu kurz und 7,2 % waren über den radiologischen Apex hinaus extendiert. Darüber hinaus zeigten 52,7 % der untersuchten Wurzelfüllungen Inhomogenitäten im Wurzelfüllmaterial. Die Häufigkeit von Inhomogenitäten war signifikant abhängig von der behandelten Zahngruppe. Zudem hatten Zähne mit einer Wurzelkrümmung von mehr als 30° häufiger zu kurze Wurzelfüllungen (65,7 %). Eine unzureichende Qualität der Wurzelfüllung hatte einen negativen Einfluss auf den PAI. Eine postendontische Versorgung mittels einer Krone hatte hingegen einen positiven Einfluss auf die Veränderung des PAIs [23].

Eine weitere Follow-up-Studie wurde von Polyzos *et al.* durchgeführt, welche Wurzelkanalbehandlungen an der Aristotle University of Thessaloniki nach einem Zeitraum von 2 bis 5 Jahren untersuchte. In die Studie wurden ein- und mehrwurzelige

Zähne der bleibenden Dentition eingeschlossen, die von Studierenden wurzelkanalbehandelt wurden.

Zähne, die den Einschlusskriterien der Studie entsprachen, wurden 2016 und 2017 erneut untersucht und als „Erfolg“ oder „Misserfolg“ bewertet.

Radiologisch wurde die Qualität der Wurzelfüllung anhand der Parameter (i) „Länge der Wurzelfüllung“ und (ii) „Homogenität der Wurzelfüllung“ bewertet. Die Qualität der Wurzelfüllung wurde als „akzeptabel“ beschrieben, wenn beide Parameter als „akzeptabel“ bewertet werden konnten. Zwei postgraduierte Zahnärzte untersuchten 286 wurzelgefüllte Zähne von 159 Patienten und prüften das Auftreten von Beschwerden, Schmerzen und Schwellungen, die Taschensondierungstiefen und die Palpationsempfindlichkeit der behandelten Zähne. Zusätzlich wurde ein Röntgenbild zur Verlaufskontrolle angefertigt.

Als „Erfolg“ wurden diejenigen Behandlungsfälle definiert, die keine radiologischen Anzeichen einer apikalen Parodontitis zeigten ($PAI < 3$) oder bei denen innerhalb eines Untersuchungszeitraums von weniger als 3 Jahren noch keine vollständige Heilung eingetreten war (Verkleinerung des PAI, aber dennoch > 2) und die darüber hinaus keine klinischen Anzeichen einer Entzündung aufwiesen. Ein „Misserfolg“ lag dann vor, wenn die röntgenologische Heilung durch Bewertung des PAIs nicht als abgeschlossen betrachtet werden konnte und wenn klinische Anzeichen einer Entzündung vorlagen.

Von den 286 nachuntersuchten Zähnen wurden 42 aufgrund von nichtvorhandenen definitiven koronalen Versorgungen ausgeschlossen und 31, da sie im Untersuchungszeitraum extrahiert wurden. Daraus ergab sich die Betrachtung von 133 Patienten mit insgesamt 244 Zähnen bzw. 349 Wurzeln.

141 (40,4 %) der 349 betrachteten Wurzeln hatten eine akzeptable Qualität, während 208 Wurzeln eine inakzeptable Wurzelfüllung aufwiesen. 254 der Wurzeln (72,8 %) wurden als „Erfolg“ bewertet, 95 Wurzeln (27,2 %) als „Misserfolg“. Die geringste Erfolgsrate zeigte sich bei Molaren mit einer inakzeptablen Wurzelfüllung [24].

Haug *et al.* haben in einer Studie untersucht, ob der Schwierigkeitsgrad von endodontischen Behandlungen nach dem *American Association of Endodontists case difficulty assessment* Formular einen Einfluss auf das Auftreten von iatrogenen Komplikationen hat, die von Studierenden im Rahmen ihrer Ausbildung durchgeführt wurden. Zu diesem Zweck wurden 257 Behandlungen analysiert, die zwischen 2015 und 2016 von Studierenden des Department of Clinical Dentistry der University of Bergen

durchgeführt wurden. Zwei Gutachter bewerteten prä- und intraoperative Röntgenbilder, um Komplikationen zu erfassen.

In 82 Fällen (31,9 %) traten Komplikationen auf, wobei die Überinstrumentierung am häufigsten vorkam (17,51 %), gefolgt vom Verlust der Arbeitslänge (8,56 %) und der Inserierung einer Wurzelfüllung, die mehr als 2 mm vor dem radiologischen Apex endete (8,56 %). Mehr als die Hälfte der Fälle (52,9 %) wurden als schwierig kategorisiert, während nur 9 Fälle als einfach (3,5 %) eingestuft wurden und die restlichen 113 Fälle als moderat. Es zeigte sich, dass Komplikationen signifikant häufiger bei schwierigen Behandlungsfällen auftraten. Es konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen der Diagnose und dem Auftreten von Komplikationen festgestellt werden [25].

Einer ähnlichen Fragestellung widmeten sich auch Alamouddi *et al.* in einer Studie, die 1.000 zufällig ausgewählte endodontische Behandlungsfälle der Jahre 2016 - 2017 einschloss. Alle Wurzelkanalbehandlungen wurden von Studierenden des fünften und sechsten Studienjahres an der Dentistry School der King Abdulaziz University durchgeführt. Im Rahmen des ersten Behandlungstermins wurde unter Berücksichtigung eines präoperativen Zahnfilms der Schwierigkeitsgrad ermittelt. Das Ziel der Studie war die Ermittlung der Häufigkeit von iatrogenen Komplikationen, zu denen Perforationen, Instrumentenfraktur, Stufenbildung bei der Präparation sowie Über- und Unterfüllung gezählt wurden. Das Auftreten von iatrogenen Komplikationen wurde anhand intraoperativer oder unmittelbar postoperativ angefertigter Röntgenbilder erfasst, die durch vier Betrachter bewertet wurden. Die Einschätzung des Schwierigkeitsgrades erfolgte mittels des *AAE Case Difficulty Assesment* Formulars.

Komplikationen traten bei 221 (22,1 %) Fällen auf, davon 72 bei Studierenden des fünften und 157 bei Studierenden des sechsten Studienjahres. Mehr als die Hälfte der Fälle (54 %) hatte einen geringen Schwierigkeitsgrad, 27 % einen mittleren und 19 % einen hohen Schwierigkeitsgrad. 71 % der Komplikationen traten bei Behandlungsfällen mit hohem Schwierigkeitsgrad auf, 24 % bei mittlerem Schwierigkeitsgrad und 5 % bei geringem Schwierigkeitsgrad. Die häufigsten Komplikationen waren die Unter- und Überfüllung des Wurzelkanals mit einer Häufigkeit von 8,4 % bzw. 4 % aller betrachteten Behandlungsfälle [26].

3. Ziel der Studie und Arbeitshypothese

Ziel dieser retrospektiven Follow- up- Studie ist es, die Qualität und die Erfolgsrate von Wurzelkanalbehandlungen zu untersuchen, die von Studierenden der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie des Universitätsklinikums Düsseldorf durchgeführt wurden.

Es wird geprüft, ob der Ausbildungsgrad des behandelnden Studierenden (7. oder 9. Fachsemester) sowie die klinische Erfahrung des Supervisors das Behandlungsergebnis beeinflussen.

Zudem wird untersucht, ob die graduelle Einstufung der Behandlungsfälle nach ihrem Schwierigkeitsgrad gemäß des *AAE Case difficulty assessment* Formulars sinnvoll ist.

Die folgenden Nullhypothesen werden aufgestellt:

1. Der Schwierigkeitsgrad nach dem *AAE Case difficulty assessment* Formular hat keinen Einfluss auf die Erfolgsrate und Qualität der Wurzelfüllungen, die in den studentischen Behandlungskursen durchgeführt wurden.
2. Die Qualifikation des betreuenden Supervisors hat keinen Einfluss auf die Erfolgsrate und die Qualität der Wurzelfüllungen.
3. Der Ausbildungsstand der Studierenden beeinflusst nicht die Erfolgsrate und die Qualität der Wurzelfüllungen.

4. Material und Methode

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine retrospektive Follow-up-Studie. Die dabei erhobenen Informationen entstammen der Kartei der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Bei der Datenerfassung und Verarbeitung wurde streng darauf geachtet, dass alle Bestimmungen des Datenschutzgesetzes Nordrhein-Westfalen und der „ärztlichen Schweigepflicht“ nach §203 des Strafgesetzbuches eingehalten wurden.

Die Daten und Informationen des Behandlungsverlaufs der Patienten wurden aus den Patientenakten, Röntgenbildern und Exceltabellen der Poliklinik für Zahnerhaltung der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf entnommen.

Die Untersuchungsergebnisse wurden statistisch ausgewertet und anonymisiert veröffentlicht, um eine Identifizierung der Betroffenen auszuschließen. Die Anonymisierung erfolgte mittels eines vierstelligen Codes, der durch Verschlüsselung der Patientenummer erstellt wurde. Die Patientenummern wurden in einer verschlüsselten Excel-Tabelle aufsteigend sortiert und anschließend durch einen vierstelligen Code nummeriert.

Die gewonnenen Daten wurden ausschließlich für die vorliegende Dissertation verwendet. Und werden strikt vertraulich behandelt. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte.

Aus den anonymisierten Aufzeichnungen ist kein Rückschluss auf den einzelnen Patienten möglich.

Für die Auswertung wurden Daten über den Behandlungsablauf, das Behandlungsergebnis und die Folgebehandlungen aus den Patientenakten und den vorhandenen Röntgenbildern herangezogen. Die Sichtung der Akten fand in einem speziell für die Studie reservierten Raum in der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie der Westdeutschen Kieferklinik statt. Die untersuchten Wurzelkanalbehandlungen wurden im Zeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2014 durchgeführt, wobei der Beobachtungszeitraum 5 bis 7 Jahre betrug.

Eine Übersicht über die Patienten, die im genannten Untersuchungszeitraum eine Wurzelkanalbehandlung an der Westdeutschen Kieferklinik erhielten, und somit als potenzielle Probanden in Frage kamen, wurde auf Basis der Abrechnungsdaten erstellt, wobei die Datenschutzbestimmungen berücksichtigt wurden. Anschließend wurden die

Akten der möglichen Studienteilnehmer gesichtet und geprüft, ob der Behandlungsfall den Einschlusskriterien der Studie entsprach.

Als Misserfolg der Behandlung wurden Zähne gewertet, bei denen eine Wurzelspitzenresektion durchgeführt wurde, die extrahiert wurden oder die Wurzelfüllung revidiert wurde. Der Zeitraum zwischen der ersten Wurzelfüllung und der nachfolgenden Revision oder Extraktion wurde dabei nicht berücksichtigt. Wenn diese Information aus der Patientenakte entnommen werden konnte, wurde sie im Auswertungsbogen erfasst. In diesem Fall war keine weitere Nachuntersuchung notwendig. Andernfalls wurden die Patienten zu einer Nachuntersuchung in die Westdeutsche Kieferklinik in Düsseldorf eingeladen.

Die Genehmigung zur Durchführung dieser Studie erfolgte durch Zustimmung der Ethik-Kommission am Fachbereich Medizin unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Klaus-Dietrich Kröncke am 17.08.2017. Die Studiennummer des Ethikvotums ist 5985R, die Registrierungs-ID 2017074376.

4.1. Patientenkollektiv

Der Untersuchungsaufbau für die Erstellung des Patientenkollektivs sah folgendermaßen aus: Auf Basis der Abrechnungsdaten der Westdeutschen Kieferklinik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wurde eine Liste aller Patienten erstellt, die zwischen dem 01.01.2012 und dem 31.12.2014 eine Wurzelkanalbehandlung erhalten hatten. Diese Liste wurde manuell selektiert, um nur Patienten zu erfassen, bei denen die Wurzelkanalbehandlung im Rahmen der klinischen Kurse I und II, sowie des Staatsexamens der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie von Studierenden durchgeführt wurde. Die Studienteilnahme war nur möglich, wenn die Wurzelkanalaufbereitung und -füllung von einem Studierenden durchgeführt wurde. Es wurden ausschließlich wurzelkanalbehandelte Zähne der bleibenden Dentition untersucht. Ausgeschlossen wurden Fälle, in denen die genannten Schritte durch einen Zahnarzt oder eine Zahnärztin durchgeführt wurden. Patienten, die nicht kontaktiert werden konnten oder sich nicht zurückgemeldet haben, wurden nicht in die Studie aufgenommen. Einige Patienten gaben nach schriftlicher oder telefonischer Kontaktaufnahme an, nicht an der Studie teilnehmen zu können oder zu wollen, und wurden daher ebenfalls ausgeschlossen. Zudem wurden keine Zähne in die Studie aufgenommen, bei denen eine chirurgische endodontische Therapie gewählt wurde.

In einigen Fällen gaben die Patienten nach der Kontaktaufnahme an, dass der behandelte Zahn anderweitig nachbehandelt wurde. Einige Patienten stimmten zu, dass Behandlungsdaten und Röntgenbilder des behandelnden Zahnarztes an die Westdeutsche Kieferklinik weitergeleitet werden. Wenn die übermittelten Daten den Qualitätsvorgaben der Studie entsprachen, wurde das Datum der Weiterbehandlung des Zahnes erfasst. Zusätzlich wurde geprüft, ob ein Röntgenbild vorlag, das den Kriterien der Verlaufskontrolle entsprach. Wenn dies der Fall war, wurde es gemäß dem unten beschriebenen Verfahren ausgewertet. Patienten, bei denen die Übermittlung der Daten nicht gewünscht oder nicht erfolgreich war, konnten nicht in der Studie berücksichtigt werden.

Ausschlusskriterien für die Teilnahme an einer Nachuntersuchung waren fehlende Deutschkenntnisse und eine bestehende Schwangerschaft. Das Vorhandensein und die Vollständigkeit der Patientenakte waren Voraussetzung für die Datenerhebung.

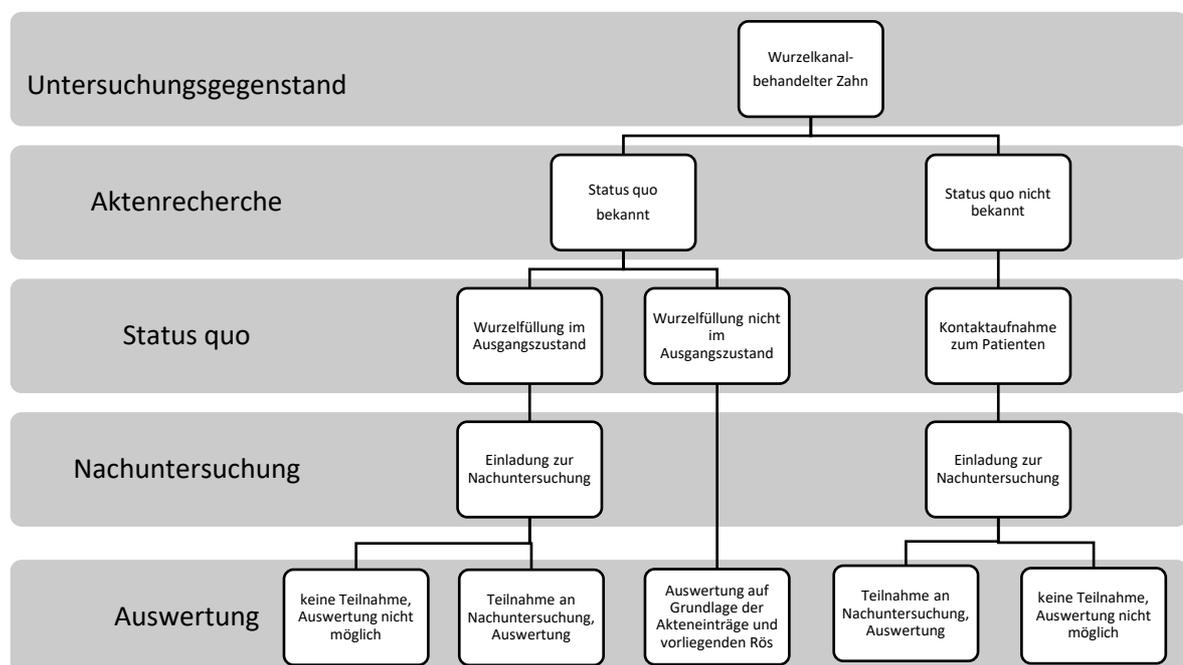


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Datenerhebung.

4.2. Datenerhebung

Der erste Teil der Datenerhebung basierte auf der Sichtung relevanter Patientenakten. Die erhobenen Daten wurden anonymisiert auf einem speziell für die Studie konzipierten Auswertungsbogen manuell erfasst (s. Anhang). Nach der Nachuntersuchung wurden die erhobenen Daten in digitaler Form übertragen, gespeichert und anschließend statistisch ausgewertet.

Im zweiten Teil der Datenerhebung, wurden die im Rahmen der Nachuntersuchung gewonnenen neuen Informationen über den Zustand des behandelten Zahnes im Auswertungsbogen ergänzt.

Für die statistische Auswertung wurden die Ergebnisse der Auswertungsbögen in eine bedarfsgerecht erstellte Excel-Tabelle in Excel ® 16.40 übertragen, die als Grundlage einer individuellen Datenbank und der statistischen Analyse mittels SPSS und Jamovi ® diente.

Wenn bei einem Patienten mehrere wurzelkanalbehandelte Zähne untersucht wurden, wurden diese jeweils einzeln bewertet. Wenn eine Wurzelfüllung innerhalb des Untersuchungszeitraums revidiert und erneut durchgeführt werden musste, wurde die Revision als separater Fall betrachtet.

4.2.1. Allgemeine und persönliche Daten

Folgende allgemeine und persönliche Daten der Probanden wurden aus der Akte entnommen und im Auswertungsbogen erfasst:

- Geburtsdatum des Probanden
- Geschlecht
- Datum der Wurzelfüllung

4.2.2. Behandlungsspezifische Daten

Folgende Daten zum Behandlungsverlauf wurden aus den Akten entnommen und ebenfalls im Auswertungsbogen erfasst:

- Zahntyp
- Anzahl der aufbereiteten Kanäle
- Präoperative Versorgungsform des Zahnes
- Therapieform
- Qualifikation der betreuenden Zahnärzte
- Qualifikation der behandelnden Studierenden
- Vorliegen einer akuten odontogenen Infektion am betrachteten Zahn
- Einbringen eines präendodontischen Aufbaus vor oder während der endodontischen Behandlung
- Verwendetes Feilensystem
- Durchführung der Wurzelkanalbehandlung im Single- bzw. Multiple- Visit-Verfahren
- Auftreten von Komplikationen
- Anzahl der medikamentösen Einlagen
- Postendodontische Versorgung
- Einbringen eines Stiftsystems nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung
- Zeitspanne bis zum Einbringen der definitiven Versorgung
- Durchführung einer Folgebehandlung
- Datum der Folgebehandlung

Im Auswertungsbogen wurde ein Kürzel verwendet, um den betreuenden Mitarbeiter oder die betreuende Mitarbeiterin zu kennzeichnen. Die Identität des Supervisors wurde mithilfe der Signatur in der Behandlungsakte des entsprechenden Kurstages erfasst. In einigen Fällen wurde die Wurzelkanalbehandlung von mehreren Studierenden durchgeführt oder von verschiedenen Mitarbeitenden mit unterschiedlichen Qualifikationen betreut. In solchen Fällen wurde die Qualifikation des Studierenden oder Mitarbeiters erfasst, der bei den meisten Arbeitsschritten der endodontischen Behandlung anwesend war. Die Unterscheidung der Qualifikation der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen bezog sich auf das Vorhandensein einer speziellen Weiterbildung im Bereich der Endodontologie. Die Qualifikation der Studierenden wurde auf Grundlage der von ihnen absolvierten Fachsemestern bewertet.

Als Wurzelkanalbehandlungen im Single- Visit- Verfahren wurden diejenigen definiert, bei denen die Aufbereitung der Wurzelkanäle und die Wurzelfüllung an einem einzigen Behandlungstermin durchgeführt wurden.

Der Zeitraum zwischen Einbringen der Wurzelfüllung und Abschluss der endgültigen Versorgung wurde als Zeitspanne bis zur definitiven Versorgung definiert.

Bei Zähnen, die ausschließlich einen provisorischen Verschluss erhielten, konnte dieser Zeitraum nicht erfasst werden. Der Verschluss des wurzelkanalbehandelten Zahnes mit einem für prothetische Versorgungen geeigneten Aufbaumaterial aus Kunststoff (Supercure®, Fa. Centrix®, Shelton, USA) wurde als provisorischer Verschluss gewertet, sofern keine anschließende prothetische Versorgung vorgenommen wurde.

4.2.3. Röntgenologische Daten

In dieser Studie wurden pro untersuchtem Behandlungsfall drei Röntgenbilder ausgewertet: das präoperative, das postoperative und das Röntgenbild zur Verlaufskontrolle.

Die röntgenologischen Aufnahmen wurden von zwei voneinander unabhängigen Untersucherinnen ausgewertet.

Als präoperatives Röntgenbild galt das Bild, das den kürzesten zeitlichen Abstand zum Beginn der endodontischen Behandlung hatte und den Zahn im Ausgangszustand zeigte. Falls kein präoperativer Zahnfilm zur Auswertung vorlag, wurde auf ein OPTG zurückgegriffen.

Auf Basis des präoperativen Röntgenbildes wurde der periapikale Zustand mithilfe des PAI nach Ørstavik (1986) beurteilt. Dieses Scoring- System beinhaltet fünf Klassen von 1 (gesund) bis 5 (schwere Parodontitis mit Anzeichen einer Exazerbation). Es basiert auf dem Vergleich des vorliegenden Röntgenbildes mit Referenzröntgenbildern von Zähnen,

deren Diagnose anschließend histologisch gesichert wurde [27].

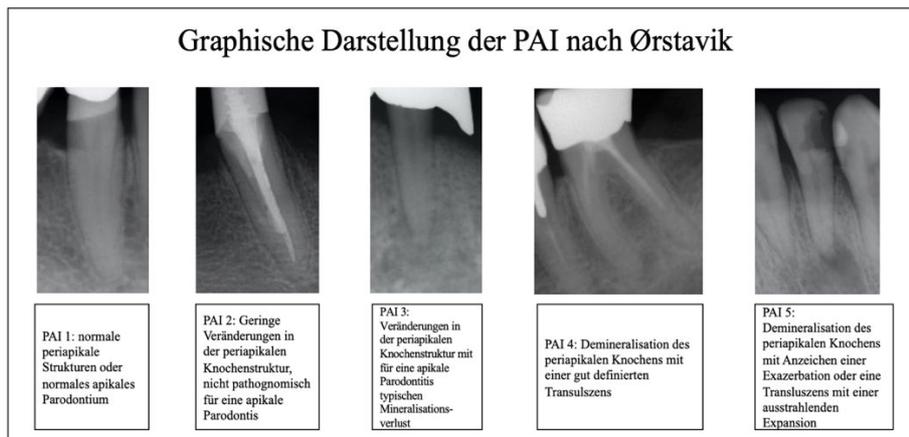


Abbildung 2: Graphische Darstellung des PAI nach Ørstavik.

Zusätzlich wurden eventuelle röntgenologische Besonderheiten festgehalten und der Grad der Wurzelkrümmung gemessen. Hierbei wurde das Verfahren zur Berechnung des Krümmungswinkels nach Schneider (1971) [28], modifiziert nach Zhang & Hu [29] verwendet. Bei mehrwurzigen Zähnen wurde das Ergebnis für die am stärksten gekrümmte Wurzel notiert.

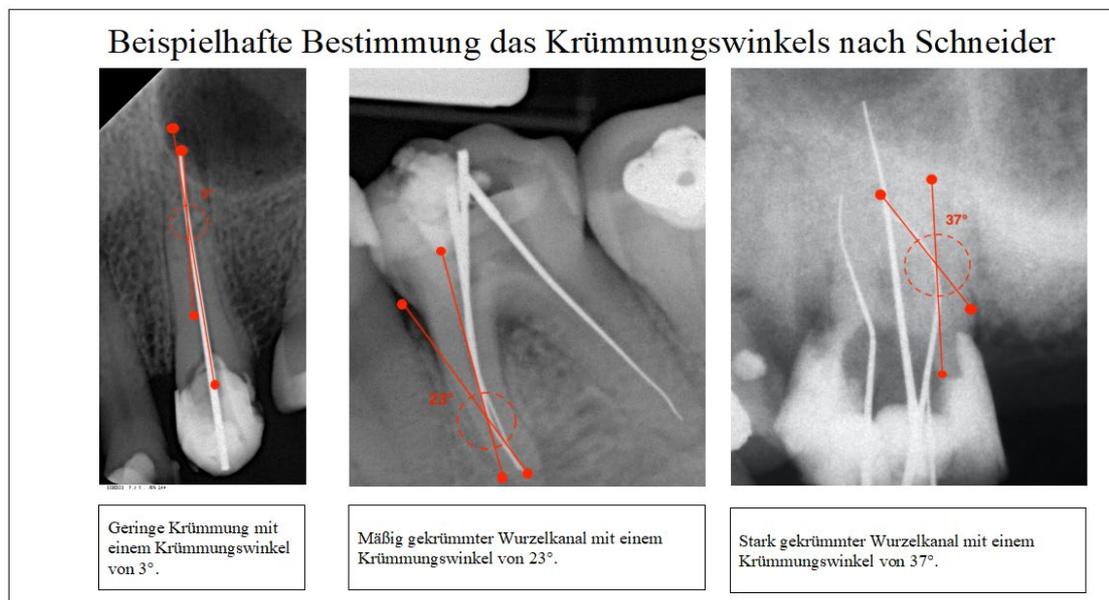


Abbildung 3: Beispielhafte Messung des Krümmungswinkels nach Schneider.

Das postoperative Röntgenbild wurde von Studierenden unter Betreuung eines Fachkundigen nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung angefertigt, um die Qualität

der Wurzelfüllung zu überprüfen. In dieser Studie wurde erfasst, ob die Wurzelfüllung unmittelbar nach der Behandlung durch den betreuenden Zahnarzt oder die Zahnärztin als suffizient eingeschätzt wurde. Die beiden Untersucherinnen der Röntgenbilder dokumentierten, ob für sie diese Analyse nachvollziehbar war. Andernfalls gaben sie ihre Stellungnahme in einem gesonderten Feld ab.

Das für die Studie relevante Röntgenbild zur Verlaufskontrolle ist das zeitlich neueste Röntgenbild des Zahnes, das die Wurzelfüllung zeigt.

Wenn dokumentiert wurde, dass der Zahn extrahiert, eine Wurzelspitzenresektion durchgeführt oder die Wurzelkanalfüllung revidiert wurde, bewerteten die Untersucherinnen das vor der Weiterbehandlung angefertigte Röntgenbild, das den ursprünglichen Zustand der Wurzelfüllung zeigte.

Für die Auswertung dieser Studie wurde ein Röntgenbild des zu untersuchenden Zahnes herangezogen, das innerhalb der letzten sechs Monate, ausgehend vom Tag der Auswertung, aufgenommen wurde. Falls kein aktuelles Röntgenbild vorlag, wurde es im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung mit Zustimmung des Patienten angefertigt.

Die Qualität der Wurzelkanalfüllung wurde anhand der von der European Association of Endodontics empfohlenen Kriterien bewertet, darunter Länge, Dichte und Konizität der Wurzelkanalfüllung. Jeder Parameter wurde gemäß Tab. 1 mit 0 oder 1 bewertet [30]. Bei mehrwurzligen Zähnen wurden alle Wurzeln im Gesamten beurteilt und ein Parameter wurde nur als adäquat bewertet, wenn er auf alle Wurzeln zutraf.

Parameter	Kriterium	Definition	Score
Länge der Wurzelfüllung	Adäquat	Wurzelfüllung endet 0-2 mm vor dem radiologischen Apex	1
	Überfüllt	Wurzelfüllung endet nach radiologischem Apex	0
	Unzureichende Länge	Wurzelfüllung endet > 2 mm vor dem radiologischen Apex	0
Dichte der Wurzelfüllung	Adäquat	Keine Blasen sichtbar innerhalb der Wurzelfüllung oder an den Wänden des Wurzelkanals	1

	Inadäquat	Sichtbare Blasen innerhalb der Wurzelfüllung oder an den Wänden des Wurzelkanals	0
Konizität der Wurzelfüllung	Adäquat	Einheitliche Konizität vom Eingang des Kanals bis zum Apex	1
	Inadäquat	Keine einheitliche Konizität vom Eingang des Kanals bis zum Apex	0

Abbildung 4: Klassifikation der Qualität von Wurzelfüllungen.

Des Weiteren wurde der PAI wie bereits im präoperativen Röntgenbild (s. o.) ermittelt und der Abstand der Wurzelfüllung zum röntgenologischen Apex gemessen. Bei mehrwurzligen Zähnen wurde das Messergebnis der Wurzel mit dem größten Abstand zum radiologischen Apex im Auswertungsbogen notiert.

Vor Beginn der Studiendurchführung wurden beide Untersucherinnen an das Auswertungssystem konfiguriert. Die Bewertung der Röntgenbilder erfolgte zunächst separat durch jede Untersucherin und wurde dann gemeinsam abgeglichen. Konnte kein Konsens bei der Bewertung der röntgenologischen Aufnahme gefunden werden, wurde eine dritte unabhängige Untersucherin konsultiert. Im Anschluss an die Bewertungen wurde ein Kappa- Test durchgeführt, um die Übereinstimmungen bei der Bewertung durch beide Untersucherinnen zu quantifizieren.

4.2.4. Datenerhebung zur Bewertung des Schwierigkeitsgrades des Behandlungsfalls

Auf Grundlage des präoperativen Röntgenbildes und der aus der Akte entnommenen Informationen wurde der Schwierigkeitsgrad des Behandlungsfalls nach der Klassifikation der AAE bewertet. Mithilfe des *AAE Endodontic Case Difficulty Assessment* Formulars (Stand: Feb. 2019; s. Anhang) wurde der Schwierigkeitsgrad des Behandlungsfalls individuell ermittelt und im Auswertungsbogen erfasst.

Für die Einschätzung der patientenspezifischen Betrachtungen wurden Informationen zur allgemeinen Anamnese, Anästhesieverträglichkeit, Patientencompliance, Mundöffnung, Würgereflex und Beschwerdebild bei akutem Entzündungszustand aus den Karteieinträgen in der Patientenakte und einem aktuellen Anamnesebogen erhoben. Wenn zu einem oder mehreren Aspekten keine Aufzeichnungen vorlagen, wurden diese in der Bewertung nicht berücksichtigt.

Zur Beantwortung der Fragen bezüglich der Diagnose und Therapie, wurde eine Befundung des präoperativen Röntgenbildes vorgenommen. Dabei wurde die Morphologie der Krone, die röntgenologische Darstellung und Sichtbarkeit der Kanäle, die Kanal- und Wurzelkonfiguration, sowie das Vorliegen von Resorptionen betrachtet. Zudem wurde notiert, ob es Schwierigkeiten bei der Bewertung und Interpretation des Röntgenbildes gab.

Unter dem Aspekt der ergänzenden Betrachtungen wurde erfragt, ob ein Trauma des Zahnes vorlag, ob der Wurzelkanalbehandlung in der Vergangenheit endodontische Behandlungen vorausgegangen sind und ob es Anhaltspunkte für das Bestehen einer parodontal- endodontischen Läsion gab. Zur Beantwortung dieser Fragen wurden die aus der Patientenakte entnommenen Informationen genutzt.

4.2.5. Datenerhebung im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung

Wenn aus den Akteneinträgen hervorging, dass in der Westdeutschen Kieferklinik keine Weiterbehandlung durchgeführt wurde, wurden die Patienten entweder telefonisch oder schriftlich zu einer Nachuntersuchung eingeladen.

Vor Beginn der Nachuntersuchung wurden die Patienten sowohl mündlich als auch schriftlich über den Untersuchungsablauf und die Röntgenuntersuchung aufgeklärt. Voraussetzung für eine Teilnahme war das Unterzeichnen der Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie und zum Datenschutz (s. Anhang). Die Nachuntersuchung umfasste eine klinische Untersuchung des Zahnes sowie die Aufnahme eines Röntgenbildes und dauerte ungefähr 15 Minuten.

Das Hauptkriterium der Nachuntersuchung war die Überprüfung, ob der Zahn noch vorhanden war. Darüber hinaus wurden die subjektiv vom Patienten beschriebene Beschwerdefreiheit, das Vorhandensein von Aufbiss- und Loslassschmerz sowie die Perkussionsempfindlichkeit dokumentiert. Die koronale Versorgung des Zahnes wurde auf ihre Qualität überprüft. Dafür wurde eine Modifikation von Ryge's Kriterien zur marginalen Adaptation genutzt. Je nach Befund wurde die koronale Versorgung als akzeptabel oder unakzeptabel bewertet [31].

1. Guter Randschluss (akzeptabel)
2. Einhaken der Sonde, kein sichtbarer Spalt (akzeptabel)
3. Spalt auf den Schmelz beschränkt (akzeptabel)
4. Spalt penetriert in das Dentin (unakzeptabel)
5. Fraktur der Restauration (unakzeptabel)
6. Gelöste Restauration (unakzeptabel)
7. Verlorene Restauration (unakzeptabel)

Der Lockerungsgrad wurde nach der Einteilung der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie erfasst [32]:

- Grad 0 = physiologische, nicht erhöhte Zahnbeweglichkeit
Grad 1 = erhöhte Zahnbeweglichkeit, spürbar oder sichtbar bis 1 mm horizontal
Grad 2 = erhöhte Zahnbeweglichkeit, sichtbar über 1 mm horizontal
Grad 3 = erhöhte Zahnbeweglichkeit, beweglich auf Lippen- und Zungendruck und / oder in axialer Richtung

Abbildung 5: Einteilung des Lockerungsgrades nach der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie.
Zahnfilm des zu untersuchenden Zahnes angefertigt, der als studienrelevantes Röntgenbild zur Verlaufskontrolle diene.

4.3. Endodontologie als Bestandteil der studentischen Ausbildung

Die Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie unterrichtet Endodontologie über einen Zeitraum von drei Fachsemestern. Der Phantomkurs der Zahnerhaltung, der im sechsten Fachsemester stattfindet, stellt den ersten Kurs des klinischen Studienabschnittes dar. Das Ziel des Kurses ist es, sämtliche Grundprinzipien der Zahnerhaltung, der präventiven Zahnmedizin sowie der Parodontologie und Endodontologie zu erlernen. Die Studierenden erwerben diese Fertigkeiten durch praktisches Training an einem Phantomarbeitsplatz sowie durch gegenseitige Übungen. Theoretische Kenntnisse werden in 16 Unterrichtsstunden gelehrt, die von wissenschaftlichen Mitarbeitenden referiert werden. Zur praktischen Schulung, führen

Studierende Wurzelkanalbehandlungen an extrahierten Zähnen durch, die in einem Röntgenmodell (Fa. Frasco, Tettang, Germany) fixiert werden. Für die Aufbereitung der Wurzelkanäle werden sowohl das maschinelle als auch das manuelle Verfahren an verschiedenen Zähnen genutzt. Das maschinelle Aufbereitungsverfahren wird an einem Oberkiefer- und Unterkieferprämolare sowie an einem Ober- und Unterkiefermolar angewendet. Für die einzelnen Leistungen können Punkte erreicht werden, die aufgrund von mangelhafter Durchführung oder ungenügenden theoretischen Kenntnissen reduziert werden können. Zum Bestehen des Kursteils ist ein Erreichen von 90 % der Gesamtpunktzahl notwendig.

Im ersten klinischen Kurs werden die Grundkenntnisse vertieft und die Durchführung von endodontischen Behandlungen erstmalig an Patienten unter Aufsicht von Zahnärztinnen und Zahnärzten durchgeführt. Um den Kurs erfolgreich zu absolvieren, wird die erfolgreiche Durchführung von drei Wurzelkanalaufbereitungen an vorzugsweise zwei verschiedenen Zähnen sowie drei definitiven Wurzelfüllungen vorausgesetzt. Mindestens eine Wurzelkanalaufbereitung muss manuell erfolgen.

Für den zweiten klinischen Kurs ist eine Wurzelkanalaufbereitung und eine definitive Wurzelfüllung aller Kanäle eines Molaren erforderlich.

In der Zahnärztlichen Prüfung muss der Kandidat eine endodontische Behandlung an einem Molaren eigenständig durchführen.

4.4. Die Wurzelkanalbehandlung im klinischen Kurs

4.4.1. Vorbereitende Maßnahmen

Wurzelkanalbehandlungen werden von Studierenden der Zahnheilkunde an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf im Kurs der Zahnerhaltungskunde I und II sowie im Staatsexamen durchgeführt.

Einer endodontischen Behandlung geht die klinische Befunderhebung und Diagnostik voraus. Bei der klinischen Untersuchung des Zahnes werden sowohl die horizontale als auch die vertikale Perkussion, die Sensibilität getestet sowie eine Palpation durchgeführt.

Die Sensibilität des Zahnes wird mit einem mit einem Wattepellet, das mit Kältespray (Fa. Pluradent, Offenbach) benetzten ist, oder mit Kohlendäureschnee überprüft. Der Lockerungsgrad und die Taschensondierungstiefe werden ebenfalls bestimmt.

Für die Durchführung der Behandlung ist ein präoperatives Röntgenbild notwendig. Die Darstellung der Röntgenbilder erfolgt digital an den Behandlungseinheiten der Studierenden mit Hilfe des Microsoft-Programmes *Sidexis XG* (Sirona, Wals, Österreich). Der Zahnfilm soll die gesamten Wurzeln des entsprechenden Zahnes sowie 2-3 mm der periapikalen Region abbilden.

In der Patientenakte wird der Behandlungsverlauf dokumentiert. Dies soll das Rekapitulieren vereinfachen und es anderen Behandlern ermöglichen, die Behandlung weiterzuführen. Die notwendige Dokumentation umfasst die gegenwärtigen Symptome, die Vorgeschichte der Beschwerden einschließlich möglicher Vorbehandlungen, die Ergebnisse der klinischen Untersuchung und der Sensibilitätstests, die Röntgenbefunde, die Diagnose sowie den Behandlungsplan [30].

Sofern der zu behandelnde Zahn sensibel reagiert, ist eine Infiltrations- oder Leitungsanästhesie zu Gunsten einer schmerzfreien Behandlung bei einer Vitalexstirpation empfehlenswert und wird nach Aufklärung des Patienten und dessen Einverständniserklärung sowie zwingend erforderlicher Rücksprache mit dem kursbetreuenden Zahnarzt oder Zahnärztin durchgeführt. Im studentischen Behandlungskurs ist es obligat, vor dem Beginn der Wurzelkanalbehandlung einen Kofferdam (Ivory® Premium Rubber Dam, Heraeus, Hanau, Deutschland) anzulegen, um eine speichelfreie und aseptische Behandlung zu ermöglichen. Durch die Verwendung eines Kofferdams wird das Risiko des Verschluckens oder Aspirierens von Spülflüssigkeit und Instrumenten minimiert [33].

4.4.2. Endodontische Kavität

Um Zugang zur apikalen Konstruktion zu erhalten und ein vollständiges Debridement der Pulpakammer zu ermöglichen, wird eine endodontische Kavität geschaffen. Dabei soll möglichst viel gesunde Zahnschubstanz erhalten bleiben, und die Kavität soll einen provisorischen, bakteriendichten Verschluss ermöglichen.

Didaktisch wird die primäre Zugangskavität zur Pulpakammer von der sekundären Zugangskavität zu den einzelnen Kanalsystemen unterschieden.

Um den Zahn möglichst substanzschonend zu eröffnen, geht der Trepanation des Zahns das Erkennen der Anatomie und der Morphologie der Pulpakammer im Röntgenbild voraus. Kariöse Zahnschmelz, nicht abgestützter Schmelz und undichte Restaurationen werden entfernt. Anschließend wird die Pulpakammer lokalisiert und das Kammerdach eröffnet. Die Zugangskavität soll eine gute Übersicht über die Kanaleingänge und einen geradlinigen Zugang zu ihnen schaffen. Ziel ist, die zum Sondieren der Kanäle verwendeten Instrumente möglichst geradlinig in den Kanal einführen zu können.

Bei stark substanzgeschwächten Zähnen ist es teilweise nicht möglich, die Kavität vor Neuzutritt von Mikroorganismen zu schützen. In diesen Fällen kann der Zahn mit einer präendodontischen Aufbaufüllung aus einem lighthärtenden Komposit-Stumpfaufbaumaterial (Encore SuperCure®) aufgebaut werden, um das Anlegen eines Kofferdams zu ermöglichen. [34]

Bei behandlungsbedürftigen Zähnen, die vor Behandlungsbeginn prothetisch mittels einer Krone versorgt waren, hängt das Vorgehen vom klinischen und röntgenologischen Befund des Zahnes ab. Die Untersuchung umfasst die Überprüfung des Randschlusses, der Funktion und der Umsetzbarkeit parodontalhygienischer Maßnahmen. Sofern die prothetische Versorgung des Zahnes als suffizient eingeschätzt wird oder ausgeschlossen werden kann, dass kariöse Läsionen zu einer Rekontamination des Wurzelkanals führen, wird die Krone belassen, und die Trepanation erfolgt identisch zu dem Vorgehen bei einer physiologischen Zahnkrone.

Schließt der Zerstörungsgrad des Zahnes oder der prothetischen Versorgung ein Belassen aus, wird die Krone vor Behandlungsbeginn entfernt [35].

Für einen geradlinigen Zugang der Instrumente müssen vorhandene Dentinüberhänge entfernt werden. Um den Pulpakammerboden zu schützen, bietet sich die Verwendung eines Batt-Bohrers (Fa. Meisinger, Neuss, Deutschland) an.

Mit der sekundären Zugangskavität wird der Zugang zum Kanalsystem geschaffen. Die Kanaleingänge werden mit einer Scout-Feile (ISO 08/10 C-Pilot, Fa. VDW, München) ertastet, ggf. unter Zuhilfenahme eines OP-Mikroskops. Der Begriff „Preflaring“ bezeichnet die konische Aufbereitung des koronalen Kanalabschnitts, wobei das koronale Drittel der Wurzelkanäle mit Gates-Glidden Bohrern (Fa. Dentsply Sirona, York, USA)

erweitert und Dentin abgetragen wird, um einen besseren Zugang für Aufbereitungsinstrumente zu schaffen.

Anschließend erfolgt die drucklose Erschließung der Kanäle mit Handinstrumenten (C-Pilot, ISO- Größe 06, 08 oder 10). Die Bewegungen ähneln dabei dem Aufziehen einer Armbanduhr. Durch die initiale Erweiterung bis zu einer ISO-Größe 15 wird ein Gleitpfand geschaffen, der das „Gleiten“ nachfolgender Instrumente bis auf die Arbeitslänge ermöglicht [36].

4.4.3. Bestimmung der Arbeitslänge

Für die Bestimmung der Arbeitslänge wird die kombinierte Verwendung von Endometrie und einer Röntgenmessaufnahme empfohlen [37]. Für jeden Kanal muss ein eindeutiger Referenzpunkt zur Bestimmung der Länge festgelegt werden. Ist ein passives Instrumentieren mit einer Kerr-Feile der ISO-Größe 15 möglich, kann die Arbeitslänge endometrisch mit elektrischen Messgeräten (z.B. Raypex 4, Fa. VDW, München, Deutschland) bestimmt und anschließend in der radiologischen Annäherungstechnik nach Ingle überprüft werden. Das Ziel besteht darin, die Wurzelkanäle bis 1 mm vor den radiologisch sichtbaren Apex - der apikalen Konstruktion- aufzubereiten und zu füllen [38].

Für die endometrische Längenmessung wird eine Feile, die als Elektrode und somit als Messinstrument dient, verwendet. Diese wird über eine Klemme am Messgerät befestigt und muss sich ohne Widerstand in den Wurzelkanal einführen lassen. Sehr trockene Kanäle müssen für eine adäquate Messung durch Spülung befeuchtet werden. Die Gegenelektrode bildet eine Schleimhautelektrode, die am Mundwinkel der Schleimhaut aufgelegt wird. Das Messgerät verfügt über ein Display, welches die Entfernung der Feilenspitze zum Apex anzeigt. Die Feile wird bis zum Erreichen des Foramen apicale in den Kanal eingebracht. Der Länge vom definierten Referenzpunkt bis zum Foramen apicale wird 0,5 - 1 mm subtrahiert. Das Ergebnis wird notiert und anschließend röntgenologisch überprüft.

Als Referenzobjekte für die Röntgenaufnahme werden Silberstifte mit ausreichend Klemmpassung verwendet. Der Silberstift wird auf die zuvor endometrisch ermittelte Länge gekürzt. Bei mehrwurzigen Zähnen ist es ratsam, Silberstifte (Fa. VDW) unterschiedlichen Durchmessers zu verwenden, um eine röntgenologische Zuordnung der Kanäle zu ermöglichen. [39]

Besteht eine Differenz von mehr als 10% zwischen der im Analyseprogramm gemessenen Länge des Silberstiftes und der zuvor abgemessenen realen Länge, ist eine Kalibrierung der Länge im Sidexis-Programm notwendig.

Wenn der Silberstift mehr als 3 mm vor dem radiologischen Apex endet, muss die gemessene Länge mittels endometrischer Längenmessung und erneuter röntgenologischer Messaufnahme reevaluiert werden. Wenn sich der Apex im Röntgenbild nicht vollständig darstellt oder es zur Überlagerung von Wurzeln kommt und damit eine Auswertung nicht möglich ist, muss erneut geröntgt werden. Erst nach Festlegen einer definitiven Arbeitslänge sollte mit der Aufbereitung des Wurzelkanals begonnen werden [38].

4.4.4. Aufbereitung des Wurzelkanals

Für die mechanische Aufbereitung des Wurzelkanals stehen ein maschinelles und ein manuelles Verfahren zur Verfügung [40]. Beide Verfahren haben die Entfernung des Pulpagewebes, die Reinigung und konische Formgebung des Wurzelkanals zum Ziel. Zur Aufbereitung der Wurzelkanäle wird in den studentischen Behandlungskursen der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie die maschinelle Methode präferiert. Die manuelle Aufbereitung wird gewählt, wenn das Lumen der Wurzelkanäle einen zu großen Durchmesser für die Feilen des maschinellen Systems hat und kein ausreichender Abtrag des infizierten Dentins gewährleistet werden kann.

Für die manuelle Aufbereitung wird ein kombiniertes Verfahren aus der Step- Back- und der Crown- down- Technik verwendet, durch das eine konische Präparation des Kanals erreicht wird [41].

Durch die Crown-down-Technik wird der Wurzelkanal schrittweise von koronal nach apikal erweitert, um einen ungehinderten Zugang der Feilen zur apikalen Konstruktion zu schaffen. Ist dies gelungen, erfolgt die weitere Aufbereitung mithilfe der Step-back-Technik von apikal nach koronal. Die Feile mit der höchsten ISO-Größe zur Aufbereitung des Kanals auf die festgelegte Arbeitslänge wird als AMF (apikale Master-Feile) bezeichnet. Die folgenden Instrumente aufsteigender ISO-Größe werden im Sinne dieser Technik jeweils – abhängig vom Krümmungsgrad des Wurzelkanals - 0,5 bis 1 mm kürzer als das vorhergehende Instrument in den Kanal eingeführt. Das abschließend benutzte Instrument wird als FF (finale Feile) bezeichnet [36, 42]. Der apikale Anteil des

Wurzelkanals muss um drei Größen und auf mindestens ISO-Größe 35 erweitert werden, um ein Einführen der Spülkanüle zu ermöglichen.

Die Balanced-force-Technik ermöglicht die Aufbereitung gekrümmter Kanäle und reduziert das Risiko der Verlagerung des ursprünglichen Kanalverlaufs. Eine spezielle Feile (K-Flex-File) wird zunächst im Uhrzeigersinn mit einer 45-Grad-Drehung in den Kanal rotiert und anschließend unter leichtem Fingerdruck 360° gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Anschließend wird die Feile passiv rotiert, um das abgetragene Dentin in die Feilenwindungen zu transportieren. Dies wird so lange fortgesetzt, bis das verwendete Instrument locker in den Kanal eingeführt werden kann und ohne Friktion hinein gleitet. Kann die nächstgrößere Feile nicht auf die gewünschte Länge in den Kanal eingebracht werden, ist eine Rekapitulation mit der vorangegangenen Feile notwendig, um eine Instrumentenfraktur und eine Stufenbildung zu verhindern. Regelmäßig vor jedem Instrumentenwechsel werden die Kanäle mit Natriumhypochlorit (NaOCl) gespült, um einen Verschluss mit abgetragenen Dentinspänen zu vermeiden [43].

Für das maschinelle Aufbereitungsverfahren werden Nickel-Titan-Instrumente und drehmomentbegrenzte Bohrantriebe, sog. Endomotoren (VDW.GOLD RECIPROC) verwendet. Für die Aufbereitung des Wurzelkanals wird ein modifiziertes Mtwo®-System genutzt, bei dem die ersten zwei Feilen durch Nickel-Titan-Instrumente des Flexmaster®-Systems ersetzt wurden und mit dem die Kanäle im Crown-down-Verfahren aufbereitet werden. Folgende Feilen werden in entsprechender Reihenfolge verwendet:

Modifiziertes maschinelles Aufbereitungsverfahren

1. Flex Master® 15.02 o
2. Flexmaster® 20.02 ■
3. Mtwo® 20.06 ■
4. Mtwo® 25.06 ●
5. Mtwo® 30.05 ●
6. Mtwo® 35.04 ●
7. Mtwo® 40.04 ●
8. Mtwo® 25.07 ●



Abbildung 6: Modifiziertes maschinelles Aufbereitungsverfahren der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Unter Berücksichtigung des Kanaltyps wird entschieden, ob der Kanal auf ISO-Größe 35 oder 40 aufbereitet wird. Bei weitlumigen Kanälen wird als Finale Feile die Feile in ISO-Größe 40 verwendet, bei englumigen Kanäle wird auf Verwendung der Mtwo® Feile 40.04 verzichtet. Zeigt sich ein Widerstand beim Einbringen der Feilen, muss noch einmal auf das nächstkleinere Instrument zurückgegriffen werden.

Analog zur manuellen Aufbereitung werden die Kanäle nach jeder Feile mit NaOCl gespült und mit einer ISO 10 Handfeile rekapituliert.

4.4.5. Spülung des Wurzelkanals und medikamentöse Einlagen

Ziel des Aufbereitungsprozesses ist die Eliminierung von Mikroorganismen durch eine chemo-mechanische Aufbereitung des Wurzelkanals [44]. Sowohl die manuelle als auch die maschinell unterstützte Wurzelkanalaufbereitung werden durch den Einsatz geeigneter Spüllösungen ergänzt. Das Spülprotokoll umfasst nach Abschluss der vollständigen Aufbereitung die Verwendung von 17% EDTA. Mit 5 ml werden für je 3 Minuten die Kanäle kontinuierlich gespült und mit Schall oder Ultraschall für 30 Sekunden aktiviert. Daran schließt sich die Spülung mit 3ml NaOCl (3%) je Kanal an.

Endo-Spülprotokoll der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, modifiziert nach Prof. D. Sonntag

Bei Vitalexstirpation, infizierter Nekrose, Revision:

Spülen während der mechanischen Aufbereitung mit 3% NaOCl
(Zimmertemperatur)

Nach Abschluss der vollständigen Aufbereitung

EDTA 17% (5ml je Kanal, für 3 min im Kanal stehen lassen)

3% NaOCl (3 ml je Kanal)

Aktivierung der Spülflüssigkeit mit Schall oder Ultraschall für 30 Sekunden

Abbildung 7: Modifiziertes Endo-Spülprotokoll nach Prof. D. Sonntag.

Die Kanäle werden nach Abschluss der Aufbereitung und Spülung mit Papierspitzen der entsprechenden ISO-Größe getrocknet [45].

Bei zweizeitiger Durchführung der Wurzelkanalbehandlung wird eine medikamentöse Einlage in die Kanäle appliziert [46].

Als Standardpräparat wird ein Kalziumhydroxidpaste (UltraCal™, Ultradent, South Jordan, USA) verwendet, welches eine gewebeauflösende Wirkung hat und antimikrobiell wirksam ist [36].

Ist der Zahn noch nicht vollständig devitalisiert oder bestehen beim Patienten Schmerzen, wird das Kortikoid-Antibiotika-Präparat Ledermix® (Riemser, Greifswald, Deutschland) in den Kanal eingebracht.

Der Zahn wird mit einem Schaumstoff-Pellet und einem Glasionomermaterial (Ketac Fil®), 3M Espe) verschlossen.

4.4.6. Wurzelkanalfüllung

Das Abfüllen des Wurzelkanals setzt eine vollständige Beschwerdefreiheit des Zahns voraus. Ist dies nicht der Fall, sollte eine weitere medikamentöse Einlage eingebracht werden.

Als Füllmaterial dienen Gutta-Percha-Stifte, welche gemeinsam mit dem chemisch härtenden Zwei-Pasten-System AH Plus (Fa. Dentsply Sirona, New York) in den Wurzelkanal eingebracht werden. Der als erstes verwendete Gutta-Percha-Stift ist der Master-Point in der ISO-Größe der Apikalen Master Feile. Vor einem finalen Einbringen mit Sealer wird überprüft, ob der verwendete Master-Point Klemmpassung aufweist, um während der Obturation eine Verlagerung des Stiftes nach apikal zu verringern.

Durch eine Röntgenaufnahme kann die Länge des Stiftes bzw. dessen Abstand zum radiologischen Apex kontrolliert werden, dies ist jedoch nicht obligatorisch notwendig. Bei eindeutiger Längenbestimmung mit elektrometrischer Längenmessung und Validierung durch eine Röntgenaufnahme sowie einer einfachen Kanalanatomie kann darauf verzichtet werden. Vor dem endgültigen Einbringen des Masterpoints wird er mit Ethanol gereinigt, getrocknet und mit einer dünnen Schicht Sealer benetzt.

Um eine möglichst konische und randständige Wurzelfüllung zu erreichen, wird die Wurzelfüllung mit akzessorischen Points, Gutta-Percha-Stiften der ISO-Größe 20 und 15, ergänzt. Um diese einzubringen, wird der Masterpoint mithilfe eines Spreaders, zunächst in ISO Größe 25, anschließend in ISO Größe 20, horizontal in Richtung der Kanalwand bewegt (laterale Kondensation). Anschließend werden die nach koronal über den Kanal reichenden Guttapercha-Points mit einem erhitzten Gutta-Cut® (Fa. VDW Dental, München) abgetrennt. Plugger zwei verschiedener Durchmesser werden eingesetzt, um die noch weiche Guttapercha vertikal zu kompaktieren.

Eine abschließende Röntgenaufnahme wird angefertigt, um die Qualität der Wurzelkanalfüllung zu überprüfen. Erfüllt die Wurzelfüllung die Kriterien einer sachgerechten Wurzelkanalfüllung, kann ein definitiver adhäsiver Verschluss in zwei Schritten geschaffen werden. Nach Konditionierung des Kanals mit 37%iger Phosphorsäure und einem Dentinhaftvermittler (Optibond FL, Fa. Kerr), wird ein fließfähiges Komposit (Tetric flow, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein) auf die Kanaleingänge appliziert. Das Pulpakavum und die Trepanationsöffnung werden anschließend mit einem herkömmlichen Kompositmaterial gefüllt. Der definitive Verschluss hat die Aufgabe die Wurzelkanäle vor einer Rekontamination zu schützen,

die durch ein koronales Leakage entstehen kann. Ist eine prothetische Versorgung des Zahnes notwendig, sollte diese zeitnah nach Abschluss eines Beobachtungszeitraums von 3-6 Monaten angefertigt werden [43].

Klinische und röntgenologische Nachuntersuchungen sollten gemäß der Richtlinien der DGZMK nach 6 Monaten, 1 Jahr, 2 und 4 Jahren nach Abschluss der Behandlung vorgenommen werden [40].

4.5. Definition von endodontischem Erfolg/ Misserfolg

In dieser Studie wurden Wurzelkanalfüllungen als erfolgreich betrachtet, wenn sie zum Zeitpunkt der Untersuchung noch in ihrer ursprünglichen Form in situ waren.

Als Misserfolg wurden jegliche Interventionen an der Wurzelfüllung gewertet, einschließlich der Extraktion des behandelten Zahnes, der Revision der Wurzelfüllung und einer Wurzelspitzenresektion an einer oder mehreren Wurzelspitzen. In diesem Fall wurde das Datum notiert, an welchem die Folgebehandlung vorgenommen wurde.

4.6. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mithilfe der Programme Microsoft Office Excel und Jamovi durchgeführt. Zunächst wurden deskriptive Statistiken erstellt, um die Daten zu charakterisieren und als Grundlage für die hypothesengeleitete Auswertung zu nutzen. Eine Überlebensfunktion nach Kaplan- Meier wurde berechnet, um die Zeitdauer des Verbleibs der Wurzelfüllungen darzustellen. Für die Multivariaten statistischen Analysen wurde das Signifikanzniveau auf 0.05 festgelegt. Wenn die Voraussetzungen erfüllt waren, wurde der Fischers-Test verwendet, um die Mittelwertunterschiede zu untersuchen. Wenn die Annahme der Normalverteilung nicht möglich war, wurde der non- parametrische Mann- Whitney- U Test verwendet. Der Chi- Quadrat- Test wurde gerechnet, um statistische Abhängigkeiten zweier Variablen festzustellen. Um neben der statistischen Bedeutsamkeit auch eine reale bzw. klinische Relevanz abschätzen zu können, wurde neben möglichen Effektstärken auch das 95 % - Konfidenzintervall für Gruppenmittelwerte angegeben. Zusätzlich wurde für die hypothesengeleiteten Fokustests eine post- hoc Poweranalyse durchgeführt, um die Fehlerwahrscheinlichkeit zweiter Art zu bewerten.

5. Ergebnisse

Im Folgenden soll die Summe aller dokumentierten, endodontisch behandelten Zähne betrachtet werden. Aus den Abrechnungsdaten der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf konnte entnommen werden, dass im Zeitraum von Januar 2012 bis Dezember 2014 insgesamt 1.563 endodontische Behandlungen an 750 Patienten durchgeführt wurden. Von diesen Patienten erhielten 472 im Untersuchungszeitraum mehr als eine endodontische Behandlung.

298 Patienten wurden aufgrund vorab definierter Ausschlusskriterien nicht in die Studie aufgenommen. Tabelle 1 zeigt die Häufigkeit und Art der Ausschlusskriterien.

Ausschlusskriterien	Exkludierte Behandlungsfälle (n)	Prozent (%)
• Behandlung durch einen wissenschaftlichen Mitarbeitenden	159	53,36
• Durchführung einer Wurzelspitzenresektion	51	17,11
• Behandlung in der zahnärztlichen Ambulanz	33	11,07
• Unauffindbarkeit der vollständigen Behandlungsakte	29	9,74
• Behandlung in einer anderen Fachabteilung	13	4,36
• Keine Wurzelfüllung	9	3,02
• Zahn der ersten Dentition	4	1,34
Insgesamt	298	100

Tabelle 1: Übersicht über die Ausschlusskriterien.

Die verbleibenden 452 Patienten bildeten den Ausgangspool der Studie. Von diesen wurden 362 Probanden telefonisch oder schriftlich kontaktiert und zur Nachuntersuchung eingeladen. 145 Patienten reagierten nicht auf die Kontaktaufnahme, 63 gaben an, nicht

an einer Nachuntersuchung teilnehmen zu wollen. 36 Patienten waren körperlich nicht in der Lage, einen Termin wahrzunehmen. 9 Patienten waren verzogen, 7 verstorben und 9 gaben an, bei einem anderen Zahnarzt weiterbehandelt worden zu sein. Eine Übermittlung der Behandlungsdaten ließ sich in diesen Fällen nicht realisieren. Mit 7 Patienten wurde ein Termin zur Nachuntersuchung vereinbart, den sie jedoch nicht wahrnahmen.

Letztendlich konnten die Daten von insgesamt 176 Patienten erfasst werden, die das Gesamtkollektiv der Studie bildeten. Von diesen konnten bei 90 Probanden die Daten direkt aus der Patientenakte entnommen werden, ohne dass eine Nachuntersuchung erforderlich war. 86 Patienten erklärten sich bereit, an einer Nachuntersuchung teilzunehmen.

5.1. Allgemeine Merkmale des Kollektivs

Die vorliegende Studie umfasst ein Gesamtkollektiv von 176 Patienten mit insgesamt 219 untersuchten endodontischen Behandlungsfällen und 467 behandelten Wurzelkanälen. Im Durchschnitt wurden bei jedem der 176 Patienten 1,24 Zähne endodontisch versorgt.

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass der Großteil der Patienten nur eine oder zwei Wurzelkanalbehandlungen benötigte. Die höchste, in dieser Arbeit berücksichtigte Anzahl, lag bei 5 Wurzelkanalbehandlungen an einem Patienten.

Therapierte Zähne (n)	Patienten (n)	Prozent (%)
1	150	85,23
2	14	7,96
3	8	4,54
4	3	1,7
5	1	0,57
	Insgesamt	176

Tabelle 2: Therapierte Zähne pro Patient.

Die Verteilung der Geschlechter im Gesamtkollektiv war exakt gleich, 88 Patienten waren männlich und 88 weiblich.

Die Altersverteilung des Kollektivs zeigte einen Peak zwischen 50 und 59 Jahren. Die untersuchten Patienten waren zum großen Teil (84,1 %) zwischen 40 und 79 Jahre alt. Nur selten wurden Zähne bei Patienten behandelt, die jünger als 29 Jahre alt waren (5,68 %) oder das 79. Lebensjahr überschritten hatten (2,27 %). Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 56 Jahre.

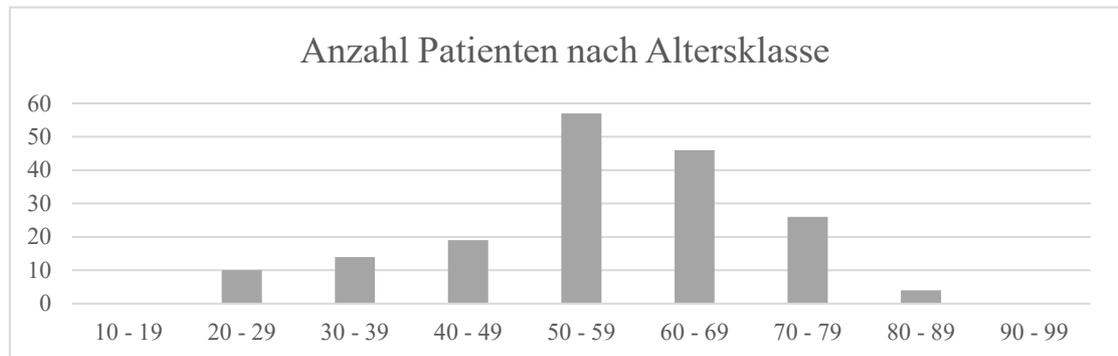


Abbildung 9: Altersstruktur des Kollektivs.

Der größere Anteil der untersuchten endodontischen Behandlungen wurde an Zähnen des Unterkiefers vorgenommen (54,8 %). Die Molaren des Oberkiefers stellten die kleinste Gruppe der behandelten Zähne dar (10,05 %), während die Molaren des Unterkiefers die größte Fraktion bildeten (26,94 %).

Zahntyp	Absolute Anzahl (n)	Prozent (%)
Oberkiefer	99	45,2
Frontzahn	28	12,78
Prämolar	22	10,05
Molar	49	22,37
Unterkiefer	120	54,8
Frontzahn	23	10,51
Prämolar	38	17,35
Molar	59	26,94
Insgesamt	219	100

Tabelle 3: Übersicht Therapierte Zahntypen.

Ein Drittel aller betrachteten Wurzelkanalbehandlungen wurde im dritten Quadranten durchgeführt. Am seltensten wurden Zähne des ersten Quadranten therapiert.

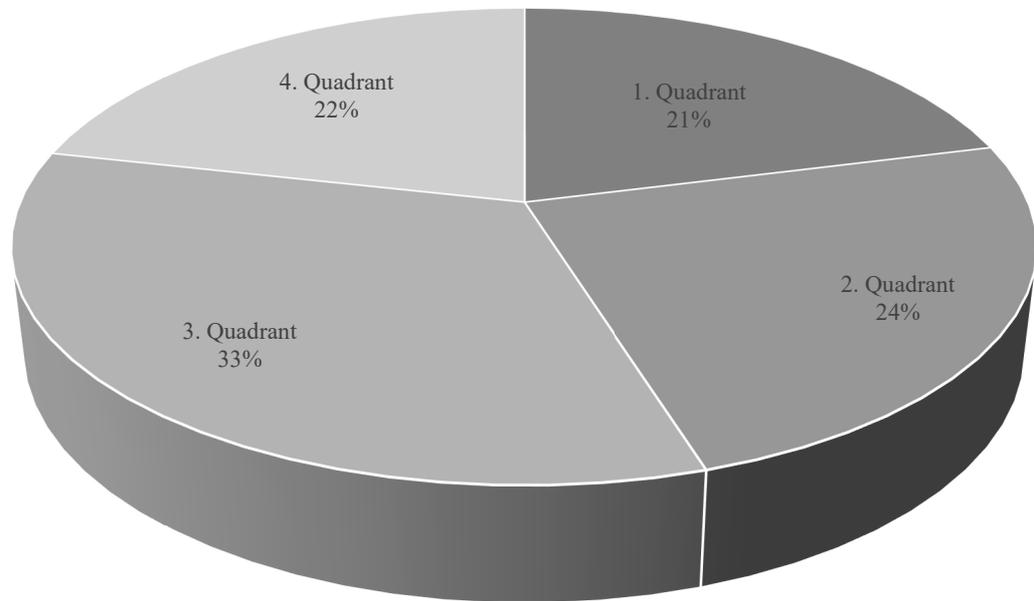


Abbildung 10: Endodontische Behandlungsfälle nach Quadranten.

Die folgende Tabelle zeigt die absolute Anzahl der wurzelgefüllten Zähne im Ober- und Unterkiefer.

Anzahl	1	6	12	7	7	5	3	5	6	3	6	5	3	17	12	1
Zahn	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
Zahnschema																
Zahn	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
Anzahl	3	13	9	9	6	2	3	2	5	6	5	7	16	20	14	0

Tabelle 4: Absolute Anzahl der behandelten Zähne im Zahnschema.

Wie in Abbildung 11 und 12 dargestellt, weist die Anzahl therapierter Kanäle je Zahn eine große Varianz auf, abhängig davon, um welchen Zahntypen es sich handelt.

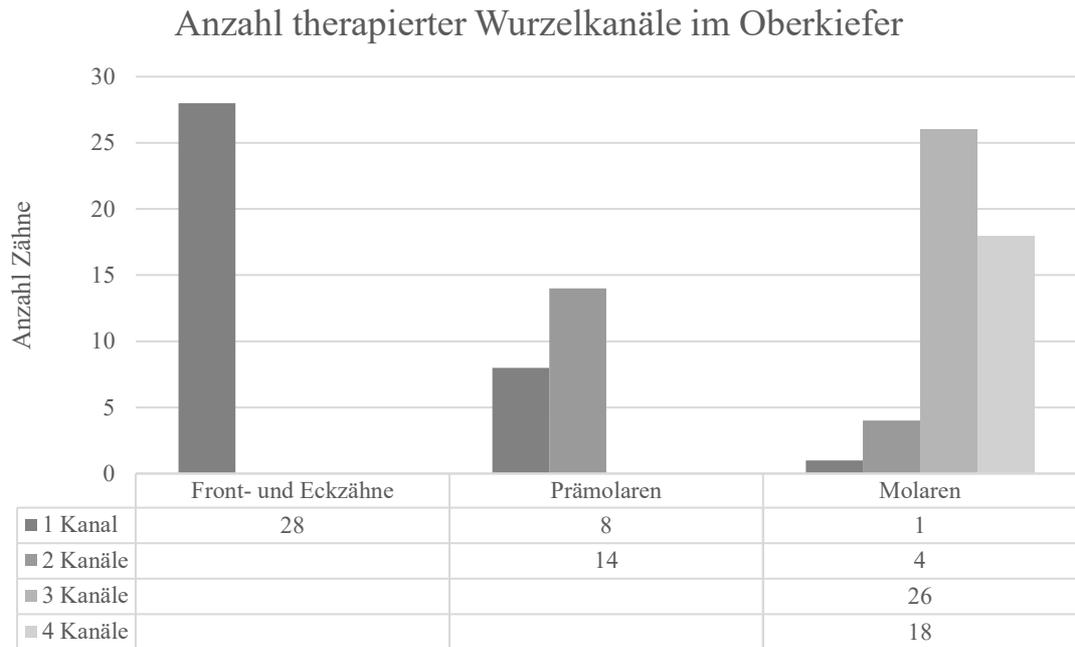


Abbildung 11: Anzahl der behandelten Wurzelkanäle nach Zahntyp im Oberkiefer.

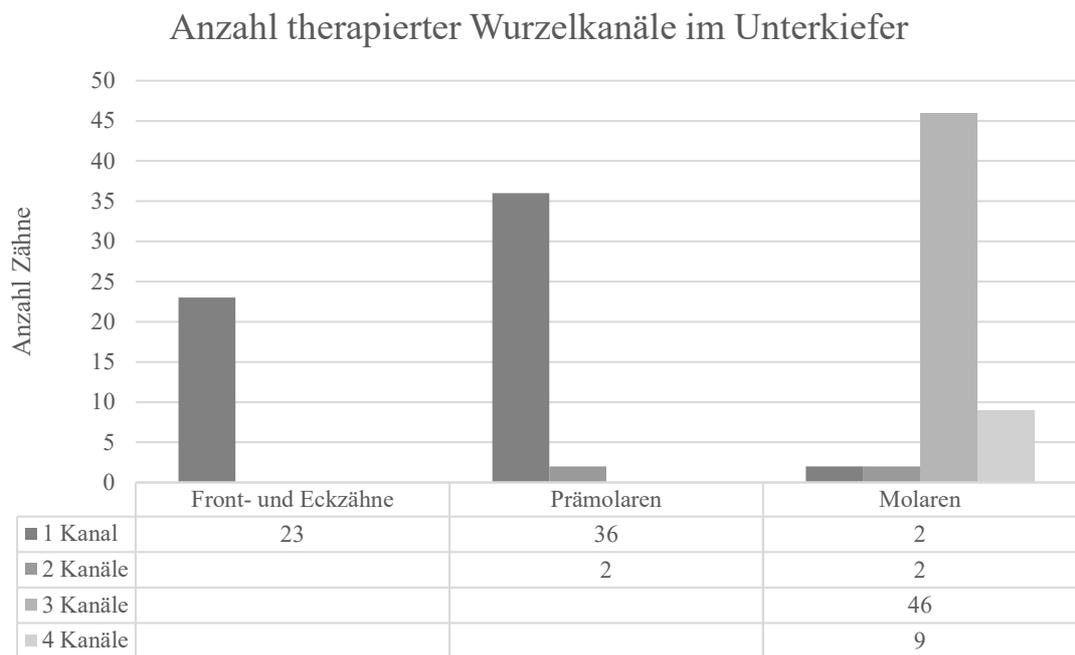


Abbildung 12: Anzahl der behandelten Wurzelkanäle nach Zahntyp im Unterkiefer.

5.2. Betrachtung der Behandlungsverläufe

Die Verteilung der koronalen Restauration der untersuchten Zähne vor Behandlungsbeginn geht aus Tabelle 5 hervor.

Art der koronalen Restauration	Absolute Anzahl (n)	Prozent (%)
Prothetische Versorgung	78	35,61
Konservierende Versorgung	96	43,84
Keine Versorgung	45	20,55
Insgesamt	219	100

Tabelle 5: Koronale Restauration vor Behandlungsbeginn.

Die röntgenologische Ausgangssituation wurde mit Hilfe des PAI durch zwei Betrachterinnen auf Grundlage des präoperativen Röntgenbildes bewertet. Die Verteilung dieser Bewertungen ist in Abbildung 5 dargestellt.

Periapikal Index (PAI)

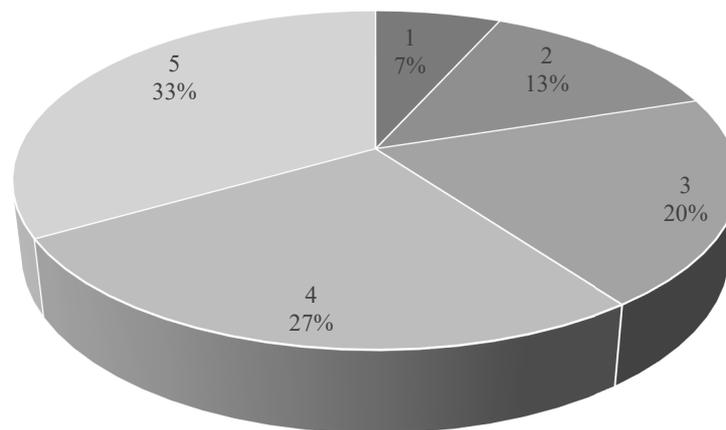


Abbildung 8: Verteilung des präoperativen PAIs der endodontisch behandelten Zähne.

Der Krümmungswinkel des Wurzelkanals wurde röntgenologisch gemessen und in drei Kategorien eingeteilt.

Krümmungswinkel (°)	Absolute Anzahl der (n)	Prozent (%)
0 - 10	99	45,21
11 - 30	89	40,64
➤ 30	31	14,15

Insgesamt	219	100
------------------	-----	-----

Tabelle 6: Krümmungswinkel der Wurzelkanäle.

Der durchschnittliche Krümmungswinkel der untersuchten Zähne betrug 15,3 °. Der höchste gemessene Krümmungswinkel betrug 48 °.

Eine akute odontogene Infektion wurde bei 22 Behandlungsfällen dokumentiert. Von 219 Zähnen zeigten 9 (4,1 %) zu Behandlungsbeginn einen odontogenen Abszess und 13 (5,9 %) einen Fistelgang.

Auf Grundlage der Behandlungsakte und des präoperativen Röntgenbildes wurde der Schwierigkeitsgrad der Behandlungsfalls nach der AAE-Klassifikation bewertet.

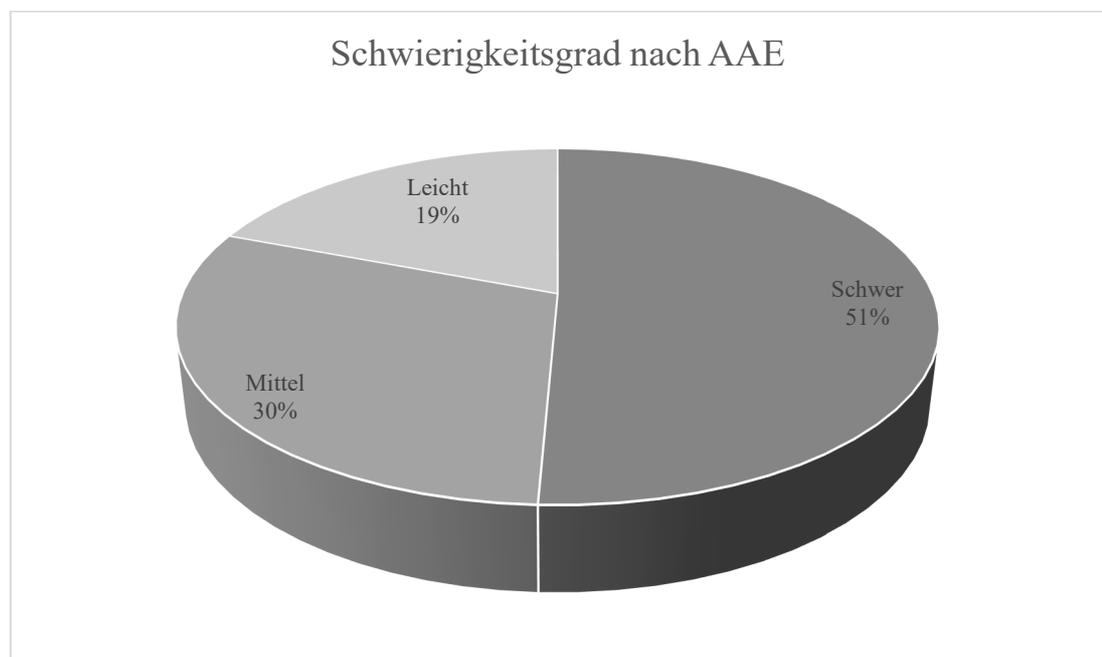


Abbildung 9: Verteilung des Schwierigkeitsgrades nach AAE.

Die am häufigsten gewählte Therapieform war die Aufbereitung des Wurzelkanalsystems mit anschließender Wurzelkanalfüllung, die in 111 Fällen (50,69 %) durchgeführt wurde. Eine Revisionsbehandlung wurde in 65 Fällen (29,68 %) und eine Vitalexstirpation im Rahmen der endodontischen Behandlung in 43 Fällen (19,63 %) vorgenommen.

Eine präendodontische Aufbaufüllung wurde in 101 Fällen (46,19 %) durchgeführt, während in 118 Fällen (53,88 %) darauf verzichtet wurde.

Die meisten Behandlungen, 171 Fälle (78,08 %), wurden im Multiple- Visit- Verfahren durchgeführt, während 48 Zähne (21,92 %) im Single- Visit- Verfahren behandelt wurden.

Das maschinelle Aufbereitungssystem wurde insgesamt bevorzugt gegenüber einer manuellen Aufbereitung. Bei den Molaren wurde der Großteil der Aufbereitungen (80 %) maschinell durchgeführt, während die Wurzelkanäle der Prämolaren zum gleichen Anteil maschinell und manuell aufbereitet wurden. Bei Eck- und Frontzähnen wurde die manuelle Aufbereitung mit 70,37 % bevorzugt gegenüber der maschinellen Aufbereitung.

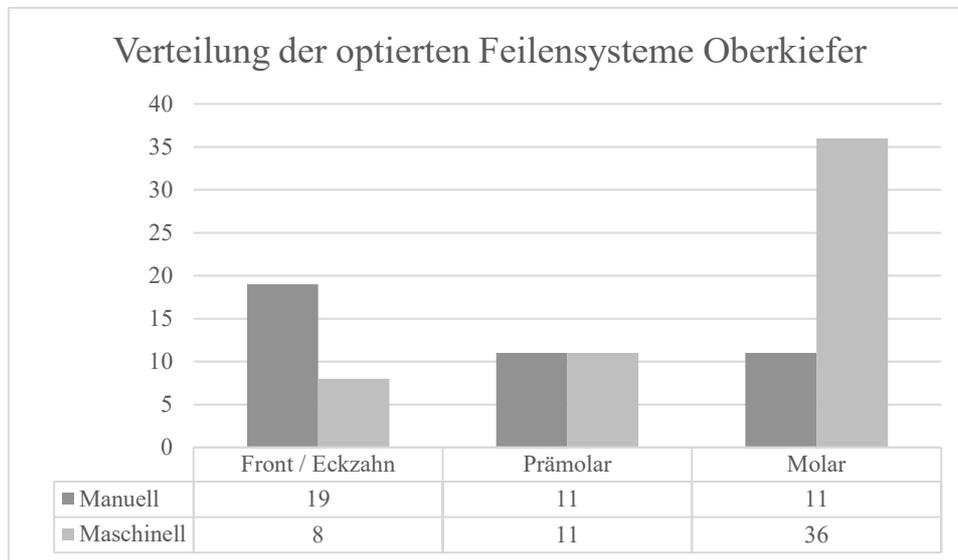


Abbildung 10: Feilensysteme je Zahntyp im Oberkiefer.

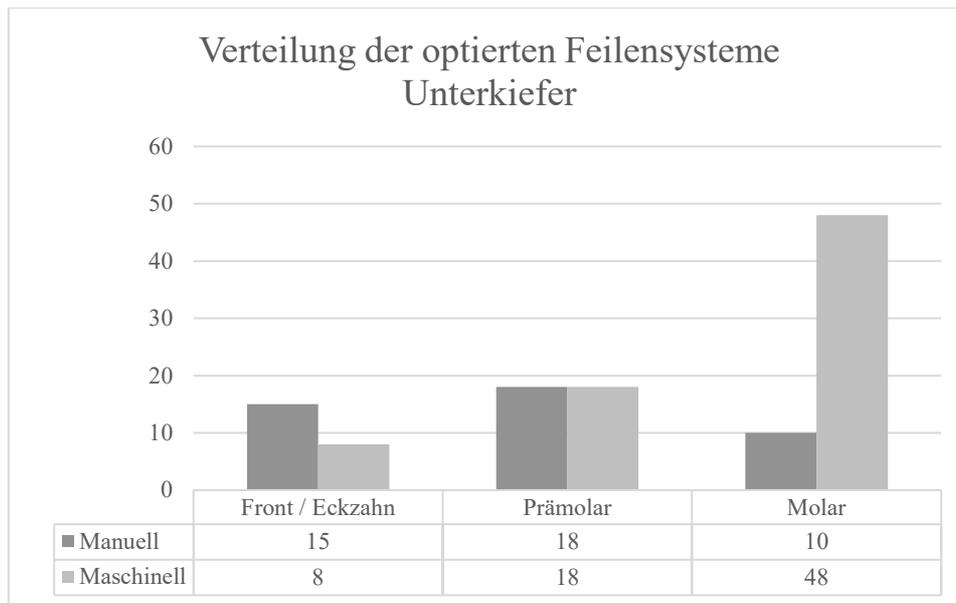


Abbildung 11: Feilensysteme je Zahntyp im Unterkiefer.

Die durchschnittliche Anzahl medikamentöser Einlagen pro Zahn betrug 2,23 mit einer Standardabweichung von 1,38. Die folgende Tabelle zeigt die durchschnittliche Anwendung von medikamentösen Einlagen pro Zahntyp.

Oberkiefer	Molare	Prämolare	Frontzahn	Summe
Anzahl Zähne (n)	49	22	28	99
Durchschnitt pro Zahn	2,84	1,95	1,54	2,27

Unterkiefer	Molare	Prämolare	Frontzahn	Summe
Anzahl Zähne(n)	59	38	23	120
Durchschnitt	2,76	1,76	1,65	2,23

Tabelle 7: Durchschnittliche Anzahl medikamentöser Einlagen.

Im Durchschnitt wurden bei Oberkiefermolaren die meisten medikamentösen Einlagen verwendet. In der Mehrzahl der Behandlungsfälle (81,73 %) kamen ein, zwei oder drei medikamentöse Einlagen zum Einsatz.

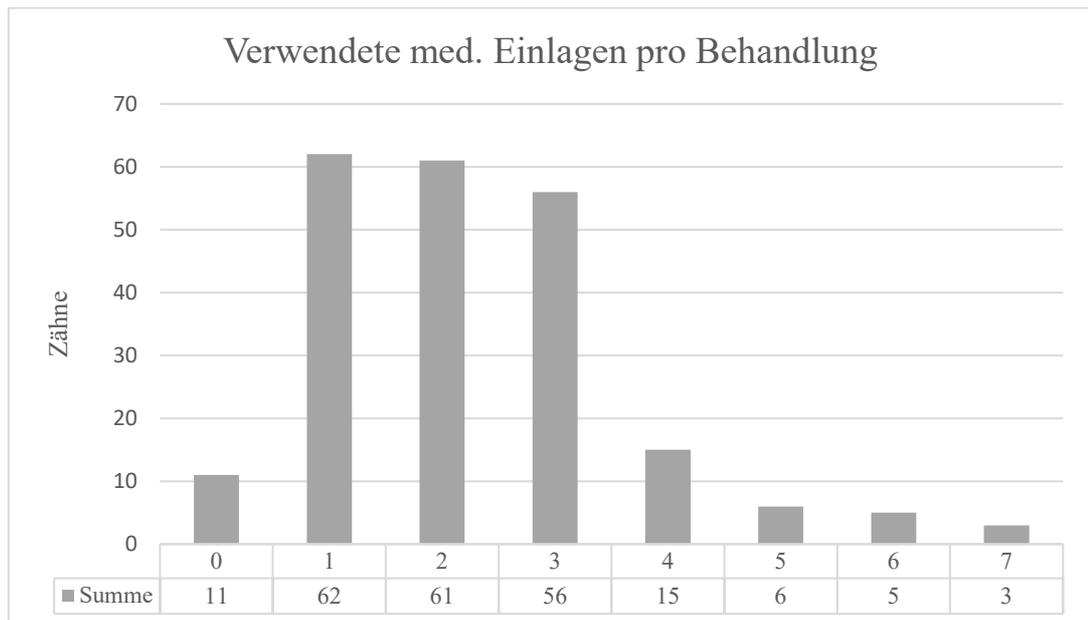


Abbildung 9: Verteilung der Anzahl medikamentöser Einlagen.

Von den untersuchten endodontischen Behandlungen wurden 117 (53,43 %) von Studierenden des ersten studentischen Behandlungskurses (Kurs 1), 73 (33,33 %) von Studierenden des zweiten studentischen Behandlungskurses (Kurs 2) und 29 (13,24 %) im Rahmen der zahnärztlichen Prüfung (Staatsexamen) durchgeführt.

Die Supervision der endodontischen Behandlungen erfolgte in 70 Fällen (31,96 %) durch einen Mitarbeiter mit einer Zusatzqualifikation im Bereich der Endodontologie und in 149 Fällen (68,04 %) von wissenschaftlichen Mitarbeitenden mit allgemein Zahnärztlichem Behandlungsprofil.

Im Verlauf der endodontischen Therapie trat in 48 Behandlungsfällen (21,92 %) eine Komplikation auf, die in der Patientenakte dokumentiert wurde. Die folgende Abbildung zeigt die Häufigkeit der dokumentierten Komplikationen.

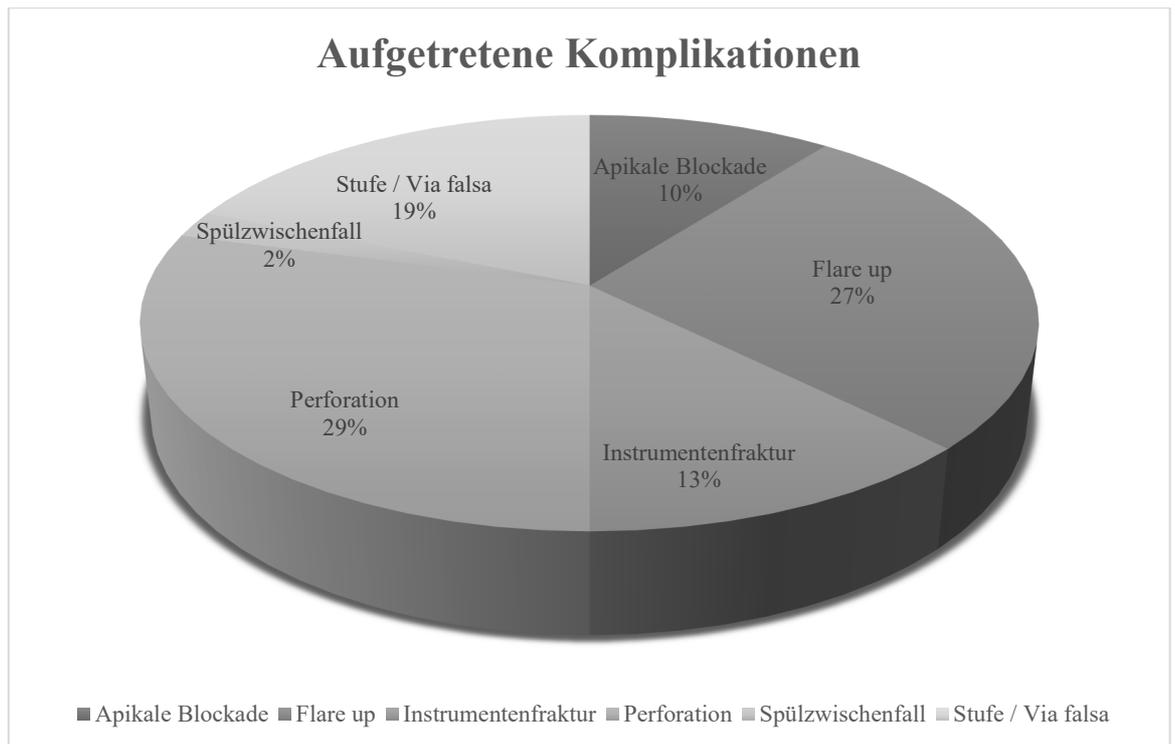


Abbildung 10: Komplikationen im Behandlungsverlauf.

Die Verteilung der Komplikationen war in Kurs 1 mit 22 %, Kurs 2 mit 41 % und im Staatsexamen mit 27% nicht signifikant unterschiedlich.

Insgesamt wurde bei 32 Zähnen (14,62 %) ein Wurzelstift inseriert.

69 (31,5 %) endodontisch behandelte Zähne wurden nicht definitiv konservierend oder prothetisch versorgt. 94 Zähne (42,92 %) wurden mit einer plastischen Füllung verschlossen. 9 Zähne (4,11 %) wurden im Rahmen einer prothetischen Versorgung als Brückenpfeiler, 5 Zähne (2,29 %) als Teleskopfeiler genutzt. Kronen und Teilkronen wurden in 42 Fällen (19,18 %) als häufigste prothetische postendodontische Versorgungsform gewählt. Die durchschnittliche Zeitspanne zwischen der Wurzelfüllung und Einbringen der definitiven koronalen Versorgung betrug 5,2 Monate.

Dauer bis zur definitiven Versorgung (Monate)	
N	150
Missing	69
Mean	5,25
Median	0,00
Standart deviation	12,2
Minimum	0
Maximum	84,0

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Dauer bis zur zeitlichen Versorgung.

5.3. Ermittlung der Erfolgsrate

Die Supervisoren der studentischen Behandlungskurse bewerteten 194 (88,45 %) der Wurzelkanalfüllungen als suffizient. In 21 Fällen (9,59 %) wurde das Vorliegen einer insuffizienten Wurzelfüllung vermerkt, während in 4 Fällen (1,83 %) keine Bewertung dokumentiert wurde.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden insgesamt 219 endodontisch behandelte Zähne postoperativ kontrolliert und hinsichtlich der Qualität der Wurzelfüllung bewertet. Dabei wurden die Parameter Konizität, Homogenität und Abstand zum radiologischen Apex herangezogen.

Als ausreichend konisch und randständig wurden 185 (84,47 %) der 219 Wurzelfüllungen bewertet, während die Homogenität der Wurzelfüllung bei 160 Zähne (73,06 %) als ausreichend beurteilt wurde.

Die Länge der Wurzelfüllung wurde röntgenologisch ermittelt, indem der Abstand zum Foramen apicale gemessen und erfasst wurde. Bei 163 (74,43 %) Zähnen wiesen alle Kanäle einen Abstand von 0 - 2 mm zum radiologischen Apex auf. Bei 23 Wurzelfüllungen (10,5 %) wurde das Füllmaterial an mindestens einem Kanal über den radiologischen Apex hinaus inseriert. 33 Zähne (15,07%) zeigten an mindestens einem Wurzelkanal eine nicht ausreichende Länge auf, da das Wurzelfüllmaterial mindestens 2 mm vor dem radiologischen Apex endete.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Werte sind in Abbildung 11 und Tabelle 9 aufgeführt.

Abstand Apex (mm)	
N	219
Mittelwert	-1,07
Oberer Rand d. 95% KI	-1,28
Unterer Rand d. 96% KI	-0,856
Median	-1,0
Standartabweichung	1,59
Minimum	-8,0
Maximum	5
Shapiro Wilk W	0,924
Shapiro Wilk p	<0,001

Tabelle 9: Deskriptive Statistik des röntgenologischen Abstandes der Wurzelfüllung zum Apex.

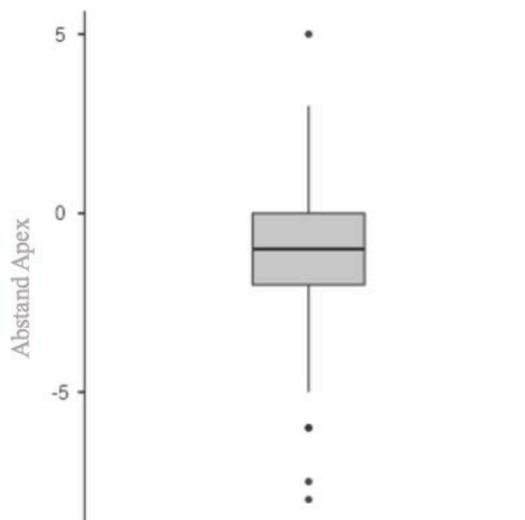


Abbildung 11: Box-Plot der Verteilung des Abstandes der Wurzelfüllung zum radiologischen Apex.

Von den behandelten Zähnen waren 134 (61,18 %) in allen drei betrachteten Punkten zufriedenstellend, mit einer ausreichend konischen und randständigen Wurzelfüllung und einem Abstand dieser von 0 - 2 mm zum radiologischen Apex.

Der Vergleich des PAI- Werts zwischen dem präoperativen Röntgenbild und der Referenzaufnahme nach Abschluss der Behandlung zeigte im Durchschnitt eine Abnahme um den Wert 0,52.

Nach den für diese Arbeit definierten Kriterien für den Behandlungserfolg konnten 111 Fälle (50,69 %) als erfolgreich bewertet werden, während 108 Fälle (49,31 %) als Misserfolg galten.

Misserfolge wurden durch Interventionen, wie Revisionsbehandlung, Extraktion und Wurzelspitzenresektion an dem behandelten Zahn gewertet, wobei die Extraktion der häufigste Grund für den Misserfolg war. 71 Zähne (32,42 %) wurden innerhalb des Untersuchungszeitraums extrahiert. 27 Wurzelkanalfüllungen (12,33 %) wurden revidiert und in 10 Fällen (4,57 %) wurde eine chirurgische Intervention im Sinne einer Wurzelspitzenresektion vorgenommen.

Insgesamt konnten 204 therapierte Zähne nach einem Untersuchungszeitraum von 5 Jahren betrachtet werden. Dies entspricht 93,15 % des Gesamtkollektivs. Die 5- Jahres-Überlebensrate der untersuchten endodontischen Behandlungsfälle beträgt 58,82 %.

Mittels einer Auswertung nach Kaplan- Meier konnte die Überlebensfunktion dargestellt werden. Als Überlebenszeitraum ist in diesem Fall der Zeitraum bis zu einer Intervention an der untersuchten Wurzelkanalfüllung zu werten.

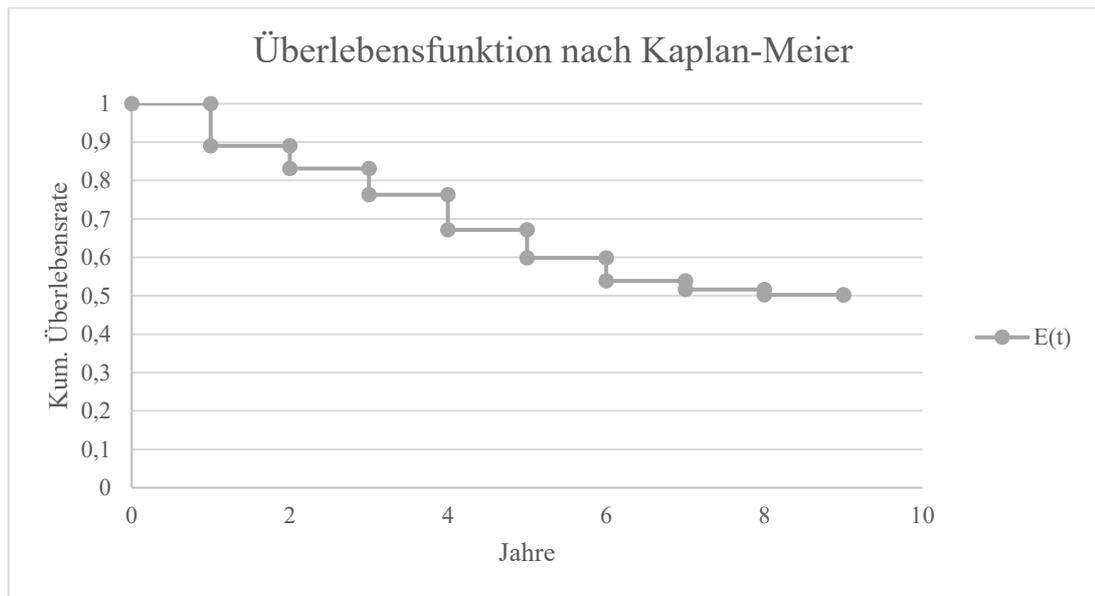


Abbildung 12: Überlebensfunktion der betrachteten endodontischen Behandlungsfälle nach Kaplan-Meier

5.4. Differenzierte Betrachtung der Erfolgsrate

Der operationalisierte Erfolg und der Schwierigkeitsgrad nach dem *AAE Case difficulty assesment* Formular sind statistisch unabhängig voneinander ($p = 0,793$).

Schwierigkeitsgrad	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
Leicht	20	22	42
Mittel	35	31	66
Schwer	54	57	111
Total	109	110	219

Tabelle 10: Häufigkeitstabelle der Schwierigkeitsgrade nach *AAE-Klassifikation* und des Behandlungsergebnis.

Die Anzahl der therapierten Kanäle und der operationalisierte Erfolg sind nicht statistisch voneinander abhängig ($p > 0,05$). Die Verteilung des Erfolges und Misserfolges je Kanalzahl (1 bis 4) ist nahezu gleich.

Anzahl Kanäle	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
1	50	47	97
2	10	13	23
3	35	37	72
4	14	13	27
Total	109	110	219

Tabelle 11: Häufigkeitstabelle der Kanalanzahl und des Behandlungsergebnis.

Der Zahntyp und die Beurteilung des operationalisierten Erfolges sind statistisch unabhängig ($p > 0,05$). Es zeigt sich, dass die Verteilung der Häufigkeit des Erfolges oder Misserfolges annähernd gleich ist für die drei erfassten Zahntypen.

Zahntyp	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
Molar	54	54	108
Prämolar	27	33	60
Frontzahn	27	24	51
Total	108	111	219

Tabelle 12: Häufigkeitstabelle des Zahntyps und des Behandlungsergebnis.

Durch einen Chi- Quadrat- Test wurde untersucht, ob die verschiedenen Therapieformen einen Einfluss auf den Behandlungserfolg haben. Der Test überprüft dabei die statistische Assoziation und zeigt keine signifikante Abhängigkeit ($p = 0,914$). Die ähnlichen Zellenhäufigkeiten weisen darauf hin, dass die Behandlungsform keinen Einfluss auf den operationalisierten Erfolg hat.

Therapieform	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
WK/WF	56	55	111
Vit E	21	22	43
Revision	31	34	65
Total	108	110	219

Tabelle 13: Häufigkeitstabelle von Therapieform und Behandlungsergebnis.

Wenn die Supervisoren die Wurzelkanalfüllung als suffizient bewerteten, erhöhte sich die Erfolgswahrscheinlichkeit um 61,6 % ($KI_{95} \% = 46,4 \% - 81,16 \%$). Der Chi-Quadrat- Test zeigt eine signifikante statistische Abhängigkeit ($p = 0,011$) zwischen der Beurteilung der Wurzelfüllung und dem Behandlungserfolg. Das relative Risiko, bei insuffizient beurteilter Therapie einen Erfolg zu beurteilen, sinkt um 38.4 %.

Beurteilung	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
Suffizient	91	103	194
Insuffizient	16	5	21
Total	107	108	215

Tabelle 14: Häufigkeitstabelle von Beurteilung der Wurzelfüllung und des Behandlungsergebnis.

Der Krümmungswinkel der therapierten Wurzelkanäle beeinflusst den operationalisierten Erfolg der endodontischen Behandlungen nicht. Der statistische Test zeigt kein statistisch signifikantes Ergebnis ($p = 0,664$).

Auch der röntgenologisch erfasste Abstand der Wurzelfüllung zum Apex ist als Prädiktor nicht signifikant ($p = 0,459$). Der Abstand weist keine prädiktive Kraft für die Vorhersage des Erfolges auf.

Der Spezialisierungsgrad der Supervisoren der Behandlungen hat keinen Einfluss auf den operationalisierten Erfolg der endodontischen Behandlungen. Die Häufigkeitsverteilung des Erfolges und Misserfolges der Behandlungen sind äußerst wahrscheinlich gleich verteilt. Der statistische Test auf Abhängigkeit zeigt keinen statistisch bedeutsamen Wert ($p > 0,05$). Auch das Gesetz der großen Zahlen dürfte bei dieser Fragestellung erst bei Annäherung zur Grundgesamtheit Bedeutung haben. Um bei einer odds- Ratio von 1,49 und gleicher Verteilung ein signifikantes Ergebnis erwarten zu können, wäre ein Stichprobengröße von > 630 (315 zu 315) erforderlich.

Qualifikation	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
Supervisoren			
Allgemeines Behandlungsprofil	78	71	149
Spezialist Endontologie	30	40	70
Total	108	111	219

Tabelle 15: Häufigkeitstabelle der Qualifikation der Supervisoren und des Behandlungsergebnis.

Im folgenden Chi- Quadrat- Test wurde die statistische Abhängigkeit des operationalisierten Erfolges von der Beurteilung der Qualifikation der Studierenden überprüft. Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass die Häufigkeiten sehr ähnlich sind. Der statistische Test zeigt kein signifikantes Ergebnis ($p = 0,844$).

Qualifikation Studierende	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
Kurs 1	59	58	117
Kurs 2	36	37	73
Staatsexamen	13	16	29
Total	108	111	219

Tabelle 16: Häufigkeitstabelle der Qualifikation der Studierenden und Erfolg.

Der präoperative PAI hat keinen prädiktiven Wert. Der PAI und die Verteilung von Erfolg und Misserfolg sind in dieser Stichprobe nicht statistisch voneinander abhängig. Dies wurde mithilfe von Kendall's Tau-b geprüft ($p = 0,873$).

PAI	AV_Erfolg		Total
	Kein Erfolg	Erfolg	
1	8	7	15
2	33	29	62
3	23	35	58
4	26	26	50
5	19	14	33
Total	108	111	219

Tabelle 17: Häufigkeitstabelle des präoperativ erfassten PAIs und dem Behandlungsergebnis.

Die Zeit zwischen Abschluss der endodontischen Therapie und dem Einbringen der definitiven Versorgung hat einen signifikanten Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit. Der statistische Test auf Mittelwertunterschiede ist signifikant. Die Zeitpanne bei nicht erfolgreich beurteilten Behandlungen (MW = 117, SD = 186) ist signifikant geringer als der Mittelwert der Zeitspanne von erfolgreichen Behandlungen (MW = 1056, SD = 722, MWU = 914, $p < 0,001$). Die folgende Abbildung zeigt die Statistik des Mittelwertes und des Medians sowie das 95 %- Konfidenzintervall.

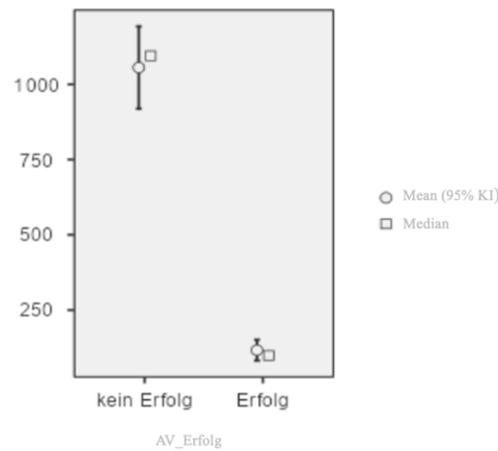


Abbildung 13: Graphische Darstellung der MWU-Statistik

Durchschnittlich vergehen bei nicht erfolgreich beurteilten Fällen zwischen dem Datum der Wurzelfüllung und des Einbringens der Versorgung MW = 1,67 (SD = 4,06) Monate. Im Gegensatz dazu vergehen bei erfolgreich beurteilten Fällen durchschnittlich MW = 7,73 (SD = 15,1) Monate. Dieser Unterschied ist hochsignifikant (MWU = 1921, $p < 0,01$). Da die Voraussetzungen für parametrische Tests nicht erfüllt waren (Shapiro-Wilk und Levene's Test signifikant), wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

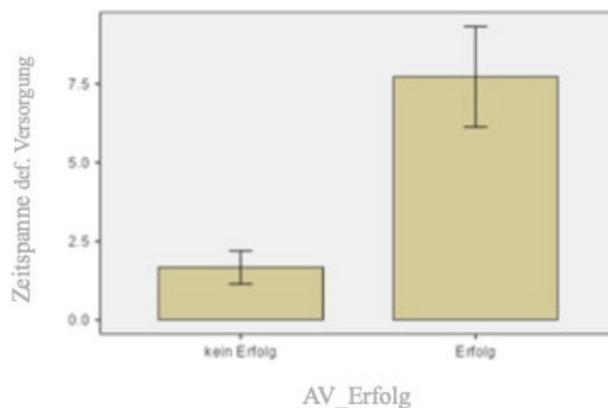


Abbildung 14: Graphische Darstellung der beiden Vergleichsgruppen „Erfolg“ und „kein Erfolg“

Therapierte Zähne, die nach Abschluss der Behandlung nicht endgültig konservierend oder prothetisch versorgt wurden, zeigten eine signifikant geringere Erfolgsrate ($p = 0,0038$).

Es konnte eine Akkumulation von intraoperativen Komplikationen bei Molaren in der betrachteten Stichprobe festgestellt werden. Da es sich um eine $r \times c$ – Tabelle handelt, konnte ein Chi- Quadrat- Test nicht angewendet werden. Stattdessen wurde Kendall's Tau- b eingesetzt. Kendall's tau- b ist ein Maß für Kontingenztabelle mit mindestens einer ordinal skalierten Variablen (hier: Zahntyp). Die Ergebnisse zeigen, dass die Häufigkeit der Komplikationen von Molaren über Prämolaren zu Frontzähnen abnimmt.

Komplikation	Zahntyp			Total
	Molar	Prämolar	Frontzahn	
Keine	79	48	45	172
Flare up	5	4	3	12
Perforation	10	3	1	14
Stufe / via falsa	6	2	1	9
Ap. Blockade	2	3	0	5
Instrumentenfraktur	6	0	0	6
Andere	0	0	1	1
Total	108	60	51	219

Tabelle 18: Häufigkeitstabelle der Komplikationen und Zahntypen.

Das Risiko für einen Misserfolg steigt mit dem Auftreten von Komplikationen während des Behandlungsverlaufs. Das Auftreten von Komplikationen und die Beurteilung von Erfolg und Misserfolg sind statistisch voneinander abhängig ($p = 0,042$). Das relative Risiko bei einer Komplikation keinen Erfolg zu beurteilen, ist um 13,8 % höher als ohne Komplikation ($RR = 0,862$, 95 % KI- Intervall = 0,746 - 0,996).

AV_Erfolg	Komplikation aufgetreten		Total
	Nein	Ja	
Kein Erfolg	77	30	107
Erfolg	91	18	109
Total	168	48	216

Tabelle 19: Häufigkeitstabelle des Behandlungsergebnisses und dem Auftreten von Komplikationen.

Die Qualifikation der Studierenden hat keinen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Komplikationen ($p = 0,195$).

Qualifikation Studierender	Komplikation aufgetreten		Total
	Nein	Ja	
Kurs 1	96	21	117
Kurs 2	51	21	72
Staatsexamen	22	6	28
Total	169	48	217

Tabelle 20: Häufigkeitstabelle der Qualifikation der Studierenden und dem Auftreten von Komplikationen

6. Diskussion

6.1. Methodik

6.1.1. Probanden und Datenerhebung

Die vorliegende Arbeit untersucht Wurzelkanalbehandlungen, die zwischen 2012 und 2014 in der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie durchgeführt wurden. Die Nachuntersuchungen fanden zwischen 2019 und 2020 statt. Der Untersuchungszeitraum betrug 5 bis 8 Jahre. Vergleichbare Studien weisen Zeitspannen zwischen 3 und 27 Jahren auf [19, 21]. In verschiedenen Publikationen wird der Zeitpunkt der Ausheilung einer apikalen Läsion nach endodontischer Therapie diskutiert. Die Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde beziffert den Zeitraum zur vollständigen Regeneration auf 4 bis 5 Jahre [47], während die *European Society of Endodontology* bei unveränderten oder nur geringfügig verkleinerten apikalen Läsionen röntgenologische Kontrollen über einen Zeitraum von vier Jahren empfiehlt [46].

Bei der Festlegung des Untersuchungszeitraums wurde berücksichtigt, dass größere zeitliche Abstände die Kontaktaufnahme mit den Probanden erschweren können. Die Covid- 19- Pandemie und die Infektionsschutzmaßnahmen verzögerten die Nachuntersuchungen, und während des ersten *Lockdowns* vom 22. März 2020 bis 4. Mai 2020 waren Nachuntersuchungen nicht möglich. Auch im weiteren Verlauf lehnten einige Probanden eine Teilnahme an der Nachuntersuchung ab, was die Anzahl von 219 Behandlungsfällen ergab - weniger als in vergleichbaren Studien [19-25, 48]. Die Größe des Kollektivs war jedoch gerechtfertigt, da der Fokus der Studie auf der generellen Analyse der Erfolgsrate studentischer Behandlungsfälle lag und eine entsprechende Selektion der erfassten endodontischen Behandlungen vorab vorgenommen wurde.

Das Ziel dieser Studie war die interne Qualitätssicherung der Abteilung und die Identifizierung von Optimierungsmöglichkeiten in administrativen Prozessen, insbesondere der Supervision und dem Vergabeprozess der endodontischen Behandlungen. Zur Erreichung dieses Ziels wurden bleibende Zähne als kleinste Einheit betrachtet, da die Beurteilung einzelner Wurzelkanäle nicht sinnvoll ist und

therapeutische Konsequenzen den Zahn als Ganzes betreffen. Dieses Vorgehen ist übereinstimmend mit vergleichbaren Studien [21, 23, 24, 49, 50].

Therapierte Milchzähne wurden ausgeschlossen, da sie aufgrund des physiologischen Zahnverlustes nicht erfasst werden konnten und die endodontische Therapie im Milchgebiss nicht dem Ablauf bei bleibenden Zähnen entspricht [51].

Wurden während des Untersuchungszeitraumes mehrere endodontische Therapien bei einem Patienten durchgeführt, wurden die Behandlungsfälle einzeln betrachtet. Revisionen an bereits therapierten Zähnen wurden als separater Fall betrachtet. Eine Schwangerschaft wurde als Ausschlusskriterium definiert, da im Rahmen der Nachuntersuchung eine Röntgenaufnahme notwendig war. Probanden ohne Deutsch- oder Englischkenntnisse konnten nicht ausreichend aufgeklärt werden und somit nicht teilnehmen. Wurzelspitzenresektionen wurden nicht berücksichtigt, da sie durch die Abteilung für zahnärztliche Chirurgie durchgeführt wurden. Um explizit Aussagen über studentische Behandlungen treffen zu können, wurden Behandlungsfälle ausgeschlossen, in denen ein oder mehrere Behandlungsschritte von Mitarbeitenden der Westdeutschen Kieferklinik durchgeführt wurden. Das Alter und Geschlecht der Probanden wurden zur deskriptiven Analyse des Kollektivs erfasst.

Behandlungsspezifische Parameter wie das Füllmaterial und die chemische Spülung des Wurzelkanals wurden nicht erfasst, da sie aufgrund des standardisierten Ablaufs der endodontischen Behandlungen innerhalb des Untersuchungszeitraums keine Varianz aufwiesen. Zur Vereinfachung der statistischen Auswertung, wurde die Qualifikation desjenigen Supervisors und des Studierenden erfasst, die während der meisten Behandlungsschritte anwesend waren. Nachteilig an diesem Vorgehen ist, dass der Einfluss der Qualifikation der Supervisoren nur allgemein für einen Behandlungsfall und nicht differenziert für die einzelnen Behandlungsschritte untersucht werden kann. Die Identität des Supervisors wurde anhand der Signatur in der Behandlungsakte erfasst. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass während der Behandlung weitere Mitarbeitende aufgrund fachlicher Fragen konsultiert wurden. Zudem war der zeitliche Umfang der Supervision an den einzelnen Behandlungstagen retrospektiv nicht nachvollziehbar. Da jedoch die Präsentation bestimmter Behandlungsschritte gegenüber den betreuenden wissenschaftlichen Mitarbeitenden in den Kursrichtlinien festgehalten und somit obligat

ist, ist davon auszugehen, dass ein Mindestmaß an Betreuung in allen Fällen gewahrt wurde.

Der Krümmungswinkel wurde mit der Methode nach Schneider, modifiziert von Zhang und Hu gemessen, um eine bessere Vergleichbarkeit zu Referenzstudien zu erreichen. Bei mehrwurzligen Zähnen wurde der am stärksten gekrümmte Kanal berücksichtigt.

In einem Review vergleichen Hartmann *et al.* verschiedene Methoden zum Messen des Krümmungswinkels und zeigen den uneinheitlichen und kontrovers diskutierten Gebrauch diverser Methoden in der Literatur. Die Autoren verweise darauf, dass die Bewertungsbögen zur Erfassung des Schwierigkeitsgrades wie das *AAE case difficulty assesment form* offen lassen, mit welcher Methode der Krümmungswinkel bestimmt werden soll. Eine Empfehlung zur Verwendung einer speziellen Methode wird von Hartmann *et al.* nicht ausgesprochen. Es wird darauf verwiesen, dass additiv auch der Radius und die Position der Krümmung berücksichtigt werden sollten, um die Krümmung des Wurzelkanals zu evaluieren. [52] Zudem ist, unabhängig der gewählten Methode, eine Limitierung durch die zweidimensionale Darstellung der dreidimensionalen Struktur gegeben.

Der präoperative Zustand des therapierten Zahnes wurde hinsichtlich der Versorgungsform vor Behandlungsbeginn und der Ausdehnung einer apikalen Läsion auf Basis des Periapikalindex nach Ørstavik betrachtet. Diese Methode gilt in Studien als am häufigsten zitierte Methode zur röntgenologischen Beurteilung des periapikalen Status eines Zahnes. Bewährt hat sie sich vor allem aufgrund ihrer Genauigkeit, ihrer Validität, Sensitivität und Reproduzierbarkeit zwischen Untersuchenden [27]. Der PAI alleine lässt keine Aussage über die Histopathologie der periapikalen Läsion zu. Ob es sich bei dem apikalen Befund um eine radikuläre Zyste handelt, lässt sich nur mittels histopathologischer Untersuchung bewerten [53]. Zudem ist die Methode trotz einer hohen Reproduzierbarkeit anfällig für Bias des Bewertenden der Röntgenaufnahmen. Es gibt daher den Ansatz, den PAI durch Künstliche Intelligenz ermitteln zu lassen, um interindividuelle Unterschiede in der Bewertung zu reduzieren. Die Etablierung einer solchen Software hat derzeit noch nicht stattgefunden [54]. Um die Genauigkeit in der vorliegenden Studie zu erhöhen, wurde eine Untersucherkalibrierung vorgenommen. Die Verzerrung von Röntgenaufnahmen kann die Genauigkeit des PAIs reduzieren. Darüber hinaus bewertet der PAI nur die gegenwärtige Situation einer singulären Bildgebung.

Veränderungen der periapikalen Situation durch Exazerbationen oder Heilungsprozesse finden keine Berücksichtigung in der Bewertung.

Alternativen zur Beurteilung des periapikalen Status eines Zahnes sind der Strindberg Index und der Periapical Probability Index. Strindberg differenziert zwischen „Gesund / Erfolg“, „Unklar“ und „Erkrankt / Misserfolg“. Die Methode berücksichtigt neben der Bildgebung auch die klinische Situation des Zahnes [2]. Der Periapical Probability Index wird vorrangig im wissenschaftlichen Kontext angewandt. Mit seiner Hilfe kann die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens einer apikalen Parodontitis analysiert werden. Eine Skala von 1 bis 5 stellt die Spannweite zwischen „definitiv keine ersichtliche Knochendestruktion“ und „definitiv Knochendestruktion ersichtlich“ dar. Ausgehend davon wird eine dichotome Bewertung vorgenommen: Die Indizes 1 und 2 werden als „Erfolg“ gewertet, 3-5 als „Misserfolg“ [55]. Gemein ist beiden Indizes, dass eine Standardisierung schwer und die Beurteilung abhängig vom Untersuchenden ist. Sie dienen, wie auch der PAI, der Beurteilung zweidimensionaler Röntgenbilder. Diese lassen vor allem die Befundung in der bukopalatalen Dimension zu. Die Verwendung von DVT- Aufnahmen bietet aufgrund der dreidimensionalen Darstellung und höheren Auflösung eine genauere Darstellung des Gewebes und eignet sich daher besser zur Beurteilung dentaler und periapikaler Strukturen. Der Cone-beam computed tomography – Periapical Index (CBCT-PAI) und der modifizierte CBCT-PAI dienen der Beurteilung periapikaler Läsionen im DVT [56, 57].

Die AAE aufgrund der höheren Strahlenbelastung nicht die routinemäßige Verwendung von DVT- Aufnahmen während endodontischer Behandlungen [58]. Da die Anfertigung und Auswertung von DVT- Aufnahmen nicht Teil der studentischen Ausbildung der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie ist, lagen für diese Studie keine DVT- Aufnahmen zur Auswertung vor.

Die Qualität der Wurzelfüllung wurde anhand des postoperativen Röntgenbildes bewertet. Zur Beurteilung wurden die von der European Society of Endodontics in den Qualitätsrichtlinien für endodontische Behandlungen genannten Kriterien einer adäquaten Wurzelfüllung als Orientierung genutzt. Diese beinhalten das vollständige Füllen des Wurzelkanals ohne Inhomogenitäten entsprechend der ursprünglichen Kanal Anatomie. In aktuellen Studien zur röntgenologischen Beurteilung der Qualität von

Wurzelfüllungen bei studentischen Behandlungskursen besteht ein Konsens bezüglich der Umsetzung dieser Bewertungskriterien [46].

Autor	Jahr	Qualitätsmerkmale einer adäquaten Wurzelfüllung	Anzahl der Bewertenden der Röntgenaufnahmen
Barrieshi-Nusair et al. [59]	2003	<ul style="list-style-type: none"> • Länge der Wurzelfüllung: Wurzelfüllung endet ≤ 2 mm vor dem radiologischen Apex 	2
AlRahabi [60]	2017	<ul style="list-style-type: none"> • Homogenität der Wurzelfüllung: einheitliche Dichte der Wurzelfüllung ohne Hohlräume und freiliegende Kanalanteile • Konizität: konsistente Homogenität vom koronalen bis zum apikalen Anteil mit guter Nachempfindung der originalen Kanalanatomie 	3
Eleftheriadis & Lambrianidis [49]	2005	<ul style="list-style-type: none"> • Länge der Wurzelfüllung: Wurzelfüllung endet ≤ 2 mm vor dem radiologischen Apex • Homogenität der Wurzelfüllung: keine sichtbaren Hohlräume innerhalb der Wurzelfüllung 	2
Lynch & Burke [50]	2006	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Vorliegen iatrogenen Fehler wie Perforationen, Instrumentenfrakturen, Stufenbildung 	2
Kurt et al. [61]	2022		2
Khabbaz et al. [62]	2010	<ul style="list-style-type: none"> • Länge der Wurzelfüllung: Wurzelfüllung endet ≤ 2 mm vor dem radiologischen Apex 	Keine Angabe
Unal et al. [63]	2011		3
Ilgüy et al. [23]	2012		1

		<ul style="list-style-type: none"> • Homogenität der Wurzelfüllung: einheitliche Dichte der Wurzelfüllung ohne Hohlräume 	
--	--	---	--

Die Verwendung von standardisierten Bewertungskriterien und die Durchführung einer objektiven und reproduzierbaren Auswertung durch zwei unabhängige Untersucherinnen sind wichtige Aspekte, um die Qualität der Wurzelfüllungen in dieser Studie zu bewerten. Die Verwendung dieser Methoden ermöglicht eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien und erleichtert die Interpretation der Ergebnisse. Die Tatsache, dass die Wurzelfüllungen von zwei unabhängigen Untersucherinnen beurteilt wurden, erhöht auch die Zuverlässigkeit der Ergebnisse und reduziert mögliche Verzerrungen durch subjektive Beurteilungen. Die Verwendung von klaren Bewertungskriterien und die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Wurzelfüllungsqualität und Erfolg der Behandlung ermöglichen auch eine detaillierte Analyse der Faktoren, die den Erfolg der endodontischen Behandlung beeinflussen.

6.1.2. Bestimmung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungsfälle

Neben dem in der vorliegenden Studie verwendeten *AAE Case difficulty assesment form* dienen auch der *RIOTN*, *CAE*, *DETI and ETC* und die EndoApp dazu, die Komplexität endodontischer Behandlungsfälle zu objektivieren [1, 3, 4, 6].

Durch Bearbeitung des *AAE Case difficulty assesment forms* kann dem betrachteten Behandlungsfall ein geringer, moderater oder hoher Schwierigkeitsgrad zugewiesen werden. Für die Bewertung des Schwierigkeitsgrades werden verschiedene präoperative Aspekte untersucht: patientenspezifische, diagnostische und therapeutische sowie ergänzende Betrachtungen. Jedem der 20 im Risikoerfassungsbogen erfragten Umstände ist eine von drei Antwortmöglichkeiten zuzuordnen, die jeweils einem minimalen, moderaten oder hohen Schwierigkeitsgrad entsprechen. Ein Behandlungsfall wird als leicht eingestuft, wenn alle Antworten in die Kategorie des leichten Schwierigkeitsgrades fallen. Wenn ein oder mehrere Punkte dem moderaten Schwierigkeitsgrad entsprechen, wird dem Fall ein mittlerer Schwierigkeitsgrad zugeschrieben. Ein schwieriger

Behandlungsfall liegt vor, wenn zahlreiche präoperative Bedingungen einem moderaten Schwierigkeitsgrad oder mindestens ein Umstand einem hohen Schwierigkeitsgrad zuzuordnen sind.

Die Intention des RIOTN ist die Detektion des Schwierigkeitsgrades von endodontischen Behandlungsfällen mit Behandlungsbedarf im Bereich des Zahnersatzes.

Wie das *AAE case difficulty assesment form* unterscheidet der RIOTN drei Schwierigkeitsgrade und gibt eine Empfehlung zur Qualifikation des Behandelnden.

Ein Unterschied findet sich darin, dass der RIOTN umfassend die aktuelle prothetische Versorgung des Zahnes berücksichtigt. Festsitzender und herausnehmbarer Zahnersatz werden im Gegensatz zum *AAE case difficulty assesment form* differenziert betrachtet und bewertet. Zähnen, die einer teilweise Implantat-gestützten Versorgung zugehörig sind, wird beispielsweise der höchste Schwierigkeitsgrad zugeschrieben. Andere Parameter des *AAE case difficulty assesment form* wie die Möglichkeit der Trockenlegung, das Vorliegen von Resorptionen oder Traumata sowie vorhergehende endodontische Behandlungen werden nicht berücksichtigt.

Bei Zähnen mit prothetischen Behandlungsbedarf werden mehr Informationen in die Bewertung des Behandlungsfalls integriert. Diese Diskrepanz ist beim *AAE Case difficulty assesment form* nicht gegeben.

Zur Einschätzung des Schwierigkeitsgrades mittels *RIOTN* wird der PSI aller Quadranten erfasst und bewertet. Das *AAE Case difficulty assesment form* integriert den parodontalen Zustand weniger konkret: Unterschieden wird das Vorliegen einer leichten oder mittleren Parodontitis, einer kombinierten Paro-Endo-Läsion und einer schweren Parodontitis. Diese Einteilung entspricht nicht der aktuellen Klassifikation parodontaler Erkrankungen [64] und wird nicht weiter erläutert.

Muthukrishnan *et al.* haben eine Evaluation des RIOTN vorgenommen und die Reproduzierbarkeit untersucht. Sie zeigten, dass die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse des *RIOTNs* nur schlecht möglich sei. Ein Vergleich zu anderen Bewertungstools wurde nicht getroffen. Weitere Nachteile seien die subjektive Bewertung der Wurzelkanalmorphologie und eine vereinfachte Betrachtung der Kanalanatomie, da ausschließlich der Krümmungswinkel zur Beschreibung herangezogen werde. Zudem gäbe es keine eindeutige Interpretation des Aspektes der Allgemeinanamnese. Insgesamt sei der Bewertungsbogen schlecht quantifizierbar und unvollständig. Vorteilhaft sei die schnelle und einfache Anwendbarkeit [6, 65].

Die *Canadian Academy of Endodontics* hat ebenfalls einen kumulativen Bewertungsschlüssel zur Bestimmung des Schwierigkeitsgrades veröffentlicht. Endodontischen Behandlungsfällen kann mit dessen Hilfe ein durchschnittliches, hohes und sehr hohes Risiko zugewiesen werden. Bei „durchschnittlichem Risiko“ sollten erfahrenen Behandelnden ein vorhersehbares Behandlungsergebnis erzielen können. Bei Behandlungsfällen, die mit einem „sehr hohen Risiko“ verbunden sind, sei dies bei erfahrene Behandelnde nicht sichergestellt. Inwiefern eine endodontische Behandlung in diesen Fällen die präferierte Therapie sein sollte, oder ob eine Alternative in Betracht gezogen werden sollte, bewertet das Dokument nicht. Sowohl die äußerliche Gestaltung, als auch der Inhalt ähnelt dem *AAE Case difficulty assesment forms*. Allerdings umfasst das *Case classification according to the degrees of difficulty and risk* der CAE nur 13 Kriterien. Im Gegensatz zum *AAE case difficulty assesment form* werden für die einzelnen Kategorien Punkte vergeben, die am Ende summiert werden. Aus der Gesamtpunktzahl ergibt sich der Schwierigkeitsgrad.

Während nach *AAE Case difficulty assesment form* eine einzelne Kategorie mit hohem Schwierigkeitsgrad zu einer Einschätzung des gesamten Behandlungsfalls als solcher führt, kann nach *CAE* diesem ein durchschnittliches Risiko zugeschrieben werden.

Der Dutch Endodontic Screening Index stellt einen von *Ree et al.* entworfenen und im Umfang reduzierten Bewertungsbogen dar. *Ree et al.* evaluierten die Verwendung des *DETI* und des Bewertungsbogens der CAE im Rahmen einer Studie, an der 83 allgemein Zahnärztliche Behandelnde teilnahmen. Sie bewerteten die Anwendung des *DETI*s und des *CAE*- Formulars mithilfe eines Feedback-Bogens, der durch die Teilnehmenden bearbeitet wurde. Ermittelt wurde die benötigte Zeit zum Bearbeiten der Bewertungsbögen, die Handhabbarkeit für die Probanden und die Präzision der Kriterien anhand von 15 exemplarischen Fällen, für die die Teilnehmenden sowohl den *DETI* als auch den Bogen der CAE anwendeten. Die Rückmeldungsrate betrug 53%. In 13 der bewerteten 15 Behandlungsfälle stimmte die Bewertung der Teilnehmenden und der Autoren der Studie überein. Der *DETI* wurde als einfacher und schneller Weg zur Differenzierung zwischen unkomplizierten und komplizierten Fällen beurteilt. Der Gebrauch des Bewertungsbogens der CAE wurde als komplexer betrachtet, dennoch gaben 91 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer an, es habe ihnen beim Einschätzen des Schwierigkeitsgrades geholfen [1].

In einer Studie von Shah *et al.* wurde die Anwendung der *EndoApp* zur Bestimmung des Schwierigkeitsgrades von endodontischen Behandlungsfällen im Rahmen der studentischen Ausbildung untersucht. Dabei wurde die Anwendung der *EndoApp* mit dem *AAE case difficulty assessment* Formular von 2006 verglichen. Überprüft wurde, ob ein Wissenszuwachs hinsichtlich der Bestimmung des Schwierigkeitsgrades sichtbar war und ob die Probanden mit den Empfehlungen übereinstimmten. Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Wissenszuwachs sowie geringfügige Übereinstimmung mit dem *AAE*-Formular und starke Übereinstimmung mit der *EndoApp*. Die Mehrheit der Teilnehmer (65 %) bevorzugten die *EndoApp* gegenüber dem *AAE*-Formular (11 %) [66]. Gegenwärtig ist die *EndoApp* auf gängigen Mobiltelefonen nicht anwendbar. Es stehen keine Informationen zum aktuellen Entwicklungsstand zur Verfügung.

Alle oben genannten Bewertungsbögen können helfen, die Komplexität eines endodontischen Behandlungsfalls einzuordnen. Die Bewertung von Röntgenbildern ist unerlässlich. Dies stellt einen subjektiven Prozess dar, der sowohl bei einem einzelnen Untersuchenden als auch interindividuell nur eingeschränkt reproduzierbar ist [67].

Die Bögen zeigen inhaltlich zahlreiche Redundanzen. Aufgrund des Umfangs und der Anzahl an berücksichtigten Kriterien wurde in der vorliegenden Studie das *AAE Case difficulty assesment form* gewählt. So konnte der Einfluss eventueller Unsicherheiten aufgrund ungenauer Dokumentation in den Patientenakten reduziert werden. Er wurde 2019 aktualisiert und stellte somit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen das aktuellste Dokument dar. Es ist daher anzunehmen, dass neue wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigt und integriert wurden. Das *AAE case difficulty assesment form* ist das in wissenschaftlichen Publikationen am häufigsten verwendete Dokument zur Bewertung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungen.

Allgemein ist festzuhalten, dass die Determination von Risikofaktoren auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse möglich ist. Die Evidenz zur Quantifizierung des Einflusses dieser ist gering. Zwei Reviews von Ng *et al.* thematisieren den Einfluss unterschiedlicher Risikofaktoren auf das Outcome von Wurzelkanalbehandlungen. Sie weisen auf eine suboptimale Qualität der Evidenz von möglichen Einflussfaktoren hin. Dies ist durch die gravierenden Unterschiede im Studiendesign zu begründen. Es sei wünschenswert, das Studiendesign zukünftig mehr zu standardisieren [68, 69].

6.1.3. Definition von Erfolg und Misserfolg

Der Begriff „Erfolg“ ist unspezifisch und kann je nach zahnmedizinischer Therapie unterschiedlich definiert werden. Es gibt Unterschiede in der Betrachtung von endodontischen oder parodontalen Therapien oder Implantaten [70]. Zur Definition des Erfolges einer endodontischen Behandlung findet sich in der Literatur kein Konsens. Dies erschwert die Vergleichbarkeit der Publikationen und setzt das kritische Interpretieren der Ergebnisse durch den Lesenden voraus.

In zahlreichen Studien [14, 49, 50, 59-62] wurde die Qualität von endodontischen Behandlungen mittels Röntgenaufnahmen untersucht. Eine adäquate Wurzelfüllung ist ein Indikator für erfolgreiche Behandlungen, aber selbst bei adäquater Wurzelfüllung können Mängel bei der Wurzelkanalaufbereitung zu Reinfektionen, Schmerzen und Zahnverlust führen. Die Beurteilung der Wurzelfüllungsqualität ermöglicht nur begrenzt Rückschlüsse auf die Qualität der mechanischen und chemischen Reinigung des Wurzelkanals. Zur Überprüfung der Wirksamkeit dieser Behandlungsschritte sind mikrobiologische Untersuchungen notwendig. Dabei handelt es sich jedoch zumeist um Ex- vivo- Untersuchungen, die vielmehr Zwischenergebnisse als finale Behandlungserfolge untersuchen [71].

Der PAI kann zur Bewertung des Ausheilens einer apikalen Läsion nach endodontischer Therapie und somit zur Beurteilung des Erfolges herangezogen werden [23]. Allerdings hängt das Überleben des Zahnes nach einer endodontischen Therapie nicht ausschließlich von der periapikalen Ausheilung ab, sondern auch von anderen Faktoren wie Zahnfrakturen oder ausgedehnten kariösen Läsionen nach insuffizienter koronaler Versorgung des Zahnes. Darüber hinaus stellt die Größe der apikalen Läsion nur bedingt ein morphologisches Korrelat zu den Zahnschmerzen dar. Eine Studie von Rechenberg *et al.* zeigt, dass der klinische Zustand des Zahnes mit dem PAI korreliert. Dennoch zeigten viele avitale Zähne, die Schmerzen verursachen, radiologisch keine Anzeichen von osteolytischen Prozessen [72]. Da der PAI eine fachspezifische Kennzahl ist, die Patienten möglicherweise nicht bekannt ist, erscheint es für die vorliegende Studie nicht sinnvoll, den Erfolg einer endodontischen Therapie anhand des postoperativen PAIs zu beurteilen.

In einer wissenschaftlichen Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde zur Prognose von Wurzelkanalbehandlungen werden drei Kategorien definiert, um den Erfolg der Behandlung zu bewerten.

Eine „vollständige Heilung“ liegt vor, wenn der Zahn klinisch symptomfrei ist und röntgenologisch ein durchgehend verfolgbare Parodontalspalt normaler Breite vorliegt. Der Heilungsprozess wird als „unvollständig“ beurteilt, sofern eine klinische Symptomfreiheit in Kombination mit einer Verkleinerung der endodontisch bedingten Läsion vorliegt. "Keine Heilung" tritt auf, wenn klinische Symptome einer endodontisch bedingten Parodontitis vorhanden sind und zusätzlich keine Verkleinerung der radiologisch sichtbaren Läsion nachweisbar oder eine externe Resorption erkennbar ist [50].

Diese Empfehlung scheint praxis- und patientenorientierter zu sein, da neben radiologischen Kriterien auch der klinische Befund und die Schmerzanamnese in die Bewertung einbezogen werden. Eine Problematik ergibt sich durch unspezifische und nicht quantitativ erfassbare Kriterien wie der radiologischen Verkleinerung der endodontisch bedingten Läsion. Die Einbeziehung eines Bewertungsschemas wie des PAI wäre an dieser Stelle sinnvoll. Die klinische Symptomfreiheit kann eingeschränkt sein durch das Vorliegen von Sinusitiden, okklusalen Traumata oder Erkrankungen des Zahnhalteapparates. Die Adaptation des oben angeführten Bewertungsschemas mit drei Merkmalen in die vorliegende Studie würde jedoch zu einer schlechten Vergleichbarkeit mit ähnlichen Studien führen, da diese oft dichotome Merkmale zur Bewertung des Erfolgs verwenden. Die Stellungnahme verweist darauf, dass in der Literatur vornehmlich Zähne mit „vollständiger Heilung“ als Erfolg gewertet werden. Entsprechend wären endodontische Behandlungsfälle, in denen eine klinische Symptomfreiheit und eine Verkleinerung der apikalen Läsion vorliegt, als Misserfolg zu werten. Diese Bewertung deckt sich nur begrenzt mit den Handlungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde zu Revisionsbehandlungen. Eine Indikation zur Revision der Wurzelkanalbehandlung ist hiernach bei Hinweisen einer persistierenden oder neu entstandenen, endodontisch bedingten Parodontitis apicalis gegeben [73]. Zudem sei die abschließende Beurteilung eines Behandlungserfolges nach vier bis fünf Jahren möglich. Somit wären alle Zähne des Kollektivs ausgeschlossen, die schon vor Erreichen dieses Zeitraums durch eine

Folgebehandlung therapiert wurden und bei denen eine entsprechende Nachuntersuchung nicht möglich war. Aus diesen Gründen wurde das beschriebene Bewertungsverfahren für die vorliegende Studie nicht herangezogen.

Die gewonnenen Daten können zukünftig genutzt werden, um Patienten anhand von Evidenzen über die Chancen eines erfolgreichen Behandlungsergebnisses zu informieren und sie bei der Entscheidungsfindung im Vergleich zu alternativen Behandlungsmöglichkeiten zu unterstützen. Die endodontische Therapie steht als zahnerhaltende Maßnahme einer prothetischen Alternative, wie beispielsweise einem Einzelzahnimplantat, gegenüber. Die Verwendung der „Überlebensrate“ endodontischer Behandlungen als Bewertungsmaß für Behandlungsergebnisse hat sich erst mit der Einführung von implantatgestütztem Zahnersatz etabliert. Das „Überleben“ von Implantaten, also der Verbleib in der Mundhöhle und eine ausbleibende Explantation, ist ein häufig genutztes Bewertungsmaß zur Beschreibung der Behandlungsergebnisse [74]. Es lassen sich zahlreiche Publikationen zur Erfolgsrate endodontischer Behandlungen finden, in denen die Autoren ebenfalls das Überleben des Zahnes als Erfolgsparameter von endodontischen Behandlungen verwendet haben [11, 22, 48, 75, 76]. Dabei bleiben das klinische und röntgenologische Bild unberücksichtigt. Dieses Vorgehen vernachlässigt auch den Umstand, dass Faktoren, die nicht direkt mit der endodontischen Therapie in Verbindung stehen, wie z.B. parodontale Erkrankungen, zu einer Zahnextraktion führen können.

Die chirurgische endodontische Therapie, auch als Wurzelspitzenresektion bezeichnet, und die endodontische Revisionsbehandlung sind etablierte Verfahren bei Reinfektionen nach primärer Wurzelkanalbehandlung. Beide Therapien können gegenüber einer Extraktion in Betracht gezogen werden [73, 77]. Die Durchführung einer dieser Behandlungen kann daher als Therapieversagen der primären endodontischen Behandlung betrachtet werden. Aus diesem Grund wurde die oben genannte Definition des „Überlebens“ des Zahnes als Erfolgskriterium modifiziert. In der vorliegenden Studie wurden die Kriterien zur Bewertung von Erfolg und Misserfolg wie folgt definiert:

- Erfolg: alle endodontischen Behandlungen zwischen 2012 und 2014, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen zwischen 2019 und 2020 noch in ihrer ursprünglichen Form im Mund des Patienten waren.

- Misserfolg: alle Behandlungen, bei denen eine Intervention an der betrachteten Wurzelfüllung vorgenommen wurde. Dazu zählen Zahnextraktionen, Revisionen und Wurzelspitzenresektionen.

6.2. Ergebnisse

6.2.1. Komplikationen

Der Vergleich der Häufigkeit des Auftretens von Komplikationen mit anderen Studien ist nur begrenzt möglich, da der Begriff uneindeutig definiert ist. Es ist keine einheitliche Vorgehensweise für das Erfassen iatrogenen Komplikationen bekannt. Die von AlRahabi publizierte Studie zeigt eine Komplikationsrate von 31,1 %, welche höher liegt als die im Rahmen dieser Studie ermittelte Häufigkeit von 21,92 %. Die genannte Studie definiert insuffiziente Wurzelfüllungen als Komplikation und unterscheidet sich somit von der vorliegenden Arbeit. Exkludiert man das Überfüllen von Wurzelkanälen und das Auftreten von Inhomogenitäten aus dem Ergebnis, ergibt sich eine Komplikationsrate von 8,1 %. Eine weitere Diskrepanz ergibt sich auch bei der Detektion von Komplikationen: In der Studie von AlRahabi wurden Komplikationen anhand von Röntgenbildern erfasst. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die in den Patientenakten dokumentierten Komplikationen ausgewertet. Gemein ist beiden Studien, dass kein signifikanter Unterschied im Auftreten von Komplikationen in Abhängigkeit von der Qualifikation der Studierenden festgestellt wurde [60].

In der Studie von Ilgüy *et al.* wurde eine ähnliche Häufigkeit von Instrumentenfrakturen während der endodontischen Therapie (2,5 %) wie in der vorliegenden Arbeit (2,8 %) berichtet. Allerdings ist auch in diesem Fall auf den Unterschied in der Erfassung des Auftretens dieser Komplikationsform hinzuweisen [23].

Obwohl Interventionsmöglichkeiten wie Perforationsdeckungen oder das Entfernen frakturierter Instrumente die Prognosen verbessern, sind iatrogene Komplikationen im Allgemeinen mit einer reduzierten Erfolgswahrscheinlichkeit verbunden [60].

6.2.2. Qualität der Wurzelfüllungen

Der Anteil endodontisch therapierter Zähne mit einer als adäquat bewerteten Wurzelfüllung liegt in der vorliegenden Studie bei 61,18 %, was höher ist als in der Meta-Analyse von Ribeiro *et al.* und der Studie von Barrieshi-Nusair *et al.* [18, 59]. Allerdings

unterscheiden sich die Bewertungskriterien für die Wurzelfüllungen in den verschiedenen Studien erheblich. Während in den Studien von Kerkes *et al.* und Ilgüy *et al.* ausschließlich die Länge der Wurzelfüllungen herangezogen wurde, um die Qualität zu bewerten, wurden in der vorliegenden Arbeit auch weitere Kriterien wie Überfüllungen und Inhomogenitäten berücksichtigt. Die Ergebnisse der Studien von Kerkes *et al.* und Ilgüy *et al.* unterscheiden sich stark voneinander: 96,4 % bzw. 54,2 % der untersuchten Wurzeln zeigten eine zufriedenstellende Länge der Wurzelfüllungen [19, 23]. Das vergleichsweise gute Ergebnis in der Studie von Kerkes *et al.* wurde durch die Einführung einer standardisierten Technik für endodontische Behandlungen begründet.

In der vorliegenden Studie wurde der Mittelwert des Abstands zum Apex von - 1,07 mm ermittelt, wobei das 95 %- Konfidenzintervall in einem Bereich von [- 1,07; - 1,28] liegt. Die Interpretation dieser Ergebnisse ist jedoch trotz der vorliegenden Vergleichswerte schwierig, da die Beurteilung der dreidimensionalen anatomischen Strukturen auf der Grundlage von zweidimensionalen Röntgenbildern vorgenommen wurde. Dies beschränkt vor allem die Befundung in der bucco- palatinalen Dimension. Die Verwendung von DVT- Aufnahmen bietet aufgrund der dreidimensionalen Darstellung und höheren Auflösung eine genauere Darstellung der Kanalanatomie und eignet sich daher besser zur Beurteilung der Qualität endodontischer Behandlungen. Allerdings empfiehlt die AAE aufgrund der höheren Strahlenbelastung nicht die routinemäßige Verwendung von DVT- Aufnahmen während endodontischer Behandlungen [58]. Da die Anfertigung und Auswertung von DVT- Aufnahmen nicht Teil der studentischen Ausbildung der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie ist, lagen für diese Studie keine DVT- Aufnahmen zur Auswertung vor.

In dieser Studie kann der Abstand der Wurzelfüllung zum Apex nicht als Prädiktor für den Erfolg herangezogen werden. Dies liegt daran, dass die Studie nur eine geringe Anzahl (n = 56) von Wurzelfüllungen mit inadäquater Länge als Vergleichsgruppe erfasst hat. Dieses Ergebnis sollte jedoch kritisch interpretiert werden, da fraglich ist, ob „Erfolg“ hinsichtlich der Länge der Wurzelfüllung richtig operationalisiert ist. Wird als Exposition eine Wurzelfüllung mit inadäquater Länge und als *Outcome* der Verbleib des Zahnes im Ausgangszustand definiert, ergeben sich mögliche Confounder, wie beispielsweise eine unzureichende chemische und mechanische Reinigung. Ein Adjustieren dieser Confounder wurde im Rahmen der vorliegenden Studie nicht durchgeführt.

6.2.3. Erfolgsrate endodontischer Behandlungen im Studentenkurs

Die Erfolgsrate endodontischer Behandlungen lag in dieser Studie bei 50,22 %. Bei vergleichbaren Studien zeigte sich eine Erfolgsrate von 72,8 % bis 91% [19-22]. Die größte Kongruenz in der Bewertung von „Erfolg“ und „Misserfolg“ zeigte die Studie von Polyzos *et al.*. Die Erfolgsrate lag darin bei 72,8%.

Die 5- Jahres- Überlebensrate der untersuchten Zähne betrug 58,82 %. Sie war damit geringer als die in der von Burke und Lynch ermittelten Überlebensrate von 83% nach durchschnittlich 40 Monaten [14].

Um eine bessere Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen, wurde die Erfolgsrate in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren untersucht.

Der Krümmungswinkel hat in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit der Behandlung. Somit kann angenommen werden, dass eine Zuweisung der Behandlungsfälle an die Studierenden auf Grundlage des Krümmungswinkels der Zähne die Erfolgsrate nicht verändern würde.

Es konnte gezeigt werden, dass keine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen dem Schwierigkeitsgrad nach *AAE Case difficulty assesment form* und dem operationalisierten Erfolg besteht. Dennoch könnte die Anwendung des Untersuchungsbogens in den studentischen Behandlungskursen einen positiven Einfluss auf die Behandlungsergebnisse haben. Haug *et al.* zeigten, dass Behandlungsfehler signifikant häufiger bei schwierigen Behandlungsfällen auftraten [25]. Die vorliegende Untersuchung zeigt eine Akkumulation von intraoperativen Komplikationen bei Molaren. Diesen ist gemäß des *AAE Case difficulty assesment form* ein mittlerer oder hoher Schwierigkeitsgrad zuzuordnen. Wenn Studierende ein Bewusstsein für den Schwierigkeitsgrad des Behandlungsfalls entwickeln, könnte das Auftreten iatrogener Fehler möglicherweise reduziert werden. Studierende können durch Bearbeitung des Bogens reflektieren, welche Aspekte die Beurteilung ihrer Behandlung beeinflussen und diesen im Behandlungsverlauf besondere Aufmerksamkeit widmen. Ein hoher Schwierigkeitsgrad kann beispielsweise bei zweiten und dritten Molaren oder spezieller Kanalmorphologie, wie einer C-förmigen Anatomie oder besonders stark gekrümmtem Kanal auftreten. Um das Bewusstsein dafür zu schaffen, sollten Studierende das *AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form* selbst bearbeiten und ihren Supervisoren vorstellen. Es kann ihnen helfen zu verstehen, dass nicht nur ein großer

Krümmungswinkel, sondern auch die allgemeine Kanalmorphologie, sowie patientenbezogene Faktoren den Schwierigkeitsgrad definieren.

Es scheint nicht sinnvoll zu sein, die Behandlungsfälle auf Grundlage des Schwierigkeitsgrades den Studierenden unterschiedlicher Qualifikationsstufen zuzuweisen. Dies würde voraussetzen, dass Mitarbeitende den Schwierigkeitsgrad vor Zuordnung der Behandlungsfälle definieren müssten, was einen erheblichen Mehraufwand im administrativen Prozess bedeuten würde. Darüber hinaus könnte es didaktisch nicht sinnvoll sein, da es den Studierenden den Prozess der kritischen Auseinandersetzung mit dem Behandlungsfall vorwegnehmen würde, wie oben beschrieben.

Die Behandlungen, die im Rahmen dieser Studie betrachtet wurden, wurden den Studierenden aufgrund der Anzahl der Kanäle und des Zahntyps zugewiesen. Gemäß den Kursrichtlinien haben Studierende des ersten studentischen Behandlungskurses in der Regel einwurzlige Zähne behandelt, während Studierende des zweiten studentischen Behandlungskurses und Teilnehmende des zahnmedizinischen Staatsexamens ihre praktische Erfahrung hauptsächlich an mehrwurzligen Zähnen vertieft haben. Es wird bei der Vergabe der Behandlungsfälle nicht berücksichtigt, ob es sich um eine erstmalige endodontische Therapie oder eine Revisionsbehandlung handelt.

In dieser Studie wurde gezeigt, dass der operationalisierte Erfolg der Behandlung unabhängig von der Anzahl der Kanäle, der Zahnart und der durchgeführten Therapieform ist. Es gab keine signifikanten Unterschiede im Erfolg zwischen Vitalexstirpationen, Revisionsbehandlungen und erstmalig endodontischen Behandlungen an avitalen Zähnen. Auch der Qualifikationsgrad der Studierenden hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Behandlungsergebnis.

Studierende der Zahnmedizin erhalten begleitend zur praktischen Ausbildung theoretischen Unterricht. Es kann angenommen werden, dass der Erwerb umfangreicherer Kenntnisse die Studierenden auf die Ansprüche des zweiten studentischen Behandlungskurses und der zahnärztlichen Examensprüfung vorbereitet und die Behandlungsergebnisse daher keinen signifikanten Unterschied aufweisen. Kritisch einzuwenden ist an dieser Stelle die Frage, inwiefern der Anspruch gerechtfertigt ist, dass endodontische Behandlungsfälle, die von höher qualifizierten Studierenden durchgeführt werden, eine signifikant bessere Erfolgsrate aufweisen sollten. Es gibt

wenige Studien, die die Erfolgsraten der endodontischen Behandlungen in Abhängigkeit von der Qualifikation der Studierenden betrachtet. Khabbaz *et al.* verglich die Qualität von Wurzelkanalfüllungen von Studierenden des vierten und fünften Studienjahrs und konnte keinen signifikanten Unterschied aufzeigen [62]. Der Vergabeprozess integriert keine standardisierte, quantifizierbare Erhöhung des Schwierigkeitsgrades zwischen dem ersten und zweiten studentischen Behandlungskurs. Zur Quantifizierung des Schwierigkeitsgrades könnte das *AAE Case difficulty assesment* Formular herangezogen werden. Es ist möglich, dass auch Frontzähnen und Prämolaren aufgrund weiterer Faktoren ein hoher Schwierigkeitsgrad zugeordnet wird. Somit können Studierende bereits im ersten klinischen Kurs einen Zahn mit hohem Schwierigkeitsgrad therapieren, während sie sich im zweiten klinischen Kurs mit der Therapie eines mittelgradig schwierigen Zahnes auseinandersetzen.

6.2.4. Administrativer Vergabeprozess und weitere Faktoren

Im administrativen Prozess ist die Zuordnung der Behandlungsfälle an die Studierenden anhand der prognostizierten Anzahl der Wurzelkanäle vergleichsweise unkompliziert. Die Organisatoren bestimmen die Kanalanzahl lediglich aufgrund der üblicherweise bei dieser Zahnart vorhandenen Anzahl, ohne dass eine Überprüfung mittels Röntgenaufnahme oder eines anderen Verfahrens stattfindet.

Daher behandeln Studierende des ersten studentischen Behandlungskurses vorrangig Ober- und Unterkieferfrontzähne sowie die Prämolaren des Unterkiefers, die in der Regel einwurzig sind. Allerdings handelt sich hierbei lediglich um eine Vorhersage, und Abweichungen der prognostizierten Kanalanzahl sind möglich. Um zu vermeiden, dass Wurzelkanäle aufgrund der Annahme eines einwurzligen Zahnes fälschlicherweise nicht dargestellt und endodontisch behandelt werden, ist es wichtig, Studierende für Besonderheiten in der Kanalanatomie zu sensibilisieren.

Die Verwendung eines Dentalmikroskopes kann beim Auffinden von Wurzelkanälen hilfreich sein. Allerdings wurde in der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie der Westdeutschen Kieferklinik die Nutzung der vorhandenen Dentalmikroskope nicht einheitlich dokumentiert, so dass keine Aussage über die Häufigkeit und den Einfluss auf die Behandlungsergebnisse getroffen werden kann.

Eine Studie von Sacha *et al.* zur Evaluation der Ausbildung von Studierenden im Bereich Endodontologie zeigt jedoch, dass 2019 an 84% der Universitätskliniken im deutschsprachigen Raum ein Dentalmikroskop für die studentische Ausbildung zur Verfügung stand. Im Jahr 2008 war dies nur bei 34% der befragten Universitäten der Fall. Obwohl die Nutzung des Dentalmikroskops bei der theoretischen Ausbildung der Studierenden nicht explizit thematisiert wird, konnte eine Studie von Rampado *et al.* zeigen, dass seine Anwendung zu einer signifikanten Verbesserung der Präparation einer Zugangskavität führt [78-80]. Weiterführende Untersuchungen könnten zeigen, ob eine intensivere Ausbildung zur Anwendung des Dentalmikroskopes die Erfolgsrate endodontischer Behandlungen im Rahmen studentischer Behandlungskurse beeinflussen könnte. Umgesetzt werden könnte dies zum Beispiel durch Hands- on- Trainingseinheiten mit dem Dentalmikroskop oder einer standardisierten Verwendung bei Behandlungsfällen, die nach dem *AAE Endodontic Case Difficulty Assessment* Formular einen hohen Schwierigkeitsgrad aufweisen. Es gibt bisher jedoch nur wenige Daten, die eine Bewertung der Verwendung von Dentalmikroskopen in der endodontischen Ausbildung von Studierenden zulassen.

Der präoperative PAI hat keinen prädektiven Wert für das Behandlungsergebnis hat, was im Widerspruch zu den Ergebnissen von Sjogren *et al.* und Khabbaz *et al.* [22, 62] steht. Obwohl der Einfluss des periapikalen Zustands vor Beginn der Behandlung auch in anderen Studien untersucht wurde, wurde zur Bewertung der periapikalen Läsion nicht der PAI nach Ørstavik verwendet [20, 81, 82].

Die Vergleichbarkeit des vorliegenden Ergebnisses ist eingeschränkt, da als präoperatives Röntgenbild die Aufnahme mit dem kürzesten zeitlichen Abstand zum Beginn der endodontischen Behandlung herangezogen wurde. Die genaue Zeitperiode zwischen der präoperativen Röntgenaufnahme und dem Behandlungsbeginn ist daher nicht eindeutig definiert und variiert zwischen den unersuchten Fällen. Dieses Vorgehen ist aufgrund der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, die eine rechtfertigende Indikation für die Durchführung von Röntgenaufnahmen vorschreibt (§ 119 StrlSchV). Diese beinhaltet, dass der gesundheitliche Nutzen der Anwendung von ionisierender Strahlung am Menschen das Strahlenrisiko überwiegt.

Im Zusammenhang damit sollte auch auf die Grenzen der Beurteilung von periapikalen Läsion mithilfe des PAI nach Ørstavik hingewiesen werden. Da die Beurteilung der Ausdehnung der periapikalen Läsion anhand einer zweidimensionalen Röntgenaufnahme

vorgenommen wird, kann die Größe der ossären Läsion fehlerhaft dargestellt werden. Eine genauere Detektion und Vermessung ist mittels DVT-Aufnahmen möglich [83]. Der Goldstandard zur Diagnose periapikaler Läsionen und damit auch zur Differenzierung zwischen aktiven inflammatorischen Prozessen und nicht-entzündlichem Narbengewebe ist die histopathologische Analyse, die jedoch ein invasives Vorgehen erfordert [84]. Dies könnten mögliche Gründe dafür sein, dass sich der PAI nicht als Prädiktor eignet. Es ist auch hier die Frage zu stellen, ob der „Erfolg“ in Bezug auf den präoperativen PAI korrekt operationalisiert ist. Eine differenzierte Untersuchung der Veränderung des prä- und postoperativen PAI wäre möglicherweise angemessener.

Eine Integration des Erlernens der Beurteilung des PAIs in das Curriculum des Zahnmedizinstudiums kann für die Studierenden von Vorteil sein. Um das langfristige Ergebnis endodontischer Behandlungen zu beurteilen, sind regelmäßige Verlaufskontrollen mit der Bewertung von mehreren Röntgenbildern des therapierten Zahns empfohlen. Dafür ist eine reproduzierbare und reliable Bewertung notwendig. Die Verwendung des PAIs kann Studierenden bei der Selbstevaluation helfen und bei der Entscheidung für eine mögliche Folgebehandlung unterstützen [85].

6.2.5. Spezialisierungsgrad der Supervisoren

Der Zusammenhang zwischen dem Spezialisierungsgrad der Supervisoren und dem Erfolg der endodontischen Behandlungen konnte nicht nachgewiesen werden. Die meisten Behandlungen (78,08 %) wurden im Multi- Visit- Verfahren durchgeführt, was darauf schließen lässt, dass mehrere wissenschaftliche Mitarbeitende an der Supervision beteiligt waren. Es wurde die Supervision desjenigen Mitarbeitenden erfasst, der die Therapie während der meisten Termine begleitet hat. Eine differenzierte Aussage über den Einfluss der Supervision auf einzelne Behandlungsschritte wie Präparation der Zugangskavität, das Auffinden der Kanäle oder die Bestimmen der Arbeitslänge ist aufgrund dieses Vorgehens nicht möglich.

Die *European Society of Endodontology* veröffentlichte 2013 die *Undergraduate Curriculum Guidelines for Endodontology* mit dem Ziel, eine umfangreiche wissenschaftliche und klinische Ausbildung im Bereich der Endodontologie zu fördern. Dies soll einen defizitären Wissensstand im allgemeinärztlichen Arbeitsfeld

vermeiden und den Standard der universitären Ausbildung im Fachbereich Endodontologie verbessern. Eine Adaptation des Curriculums in die Ausbildungsstruktur ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit von Behandlungsergebnissen im Rahmen der studentischen Ausbildung. Lehrende sollten ein besonderes Interesse an der Endodontologie zeigen, um Studierenden von einer Ausbildung und Supervision durch Spezialisten für Endodontologie profitieren zu lassen. Allerdings ist dies aufgrund der begrenzten Ressourcen nicht an allen Universitätskliniken gleichermaßen realisierbar [86].

Es wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Beurteilung der Wurzelfüllung durch die Supervisoren und dem Erfolg der Behandlung festgestellt, wobei der Spezialisierungsgrad der Supervisoren nicht berücksichtigt wurde. Die Beurteilung durch die Supervisoren ist eine wichtige Bewertung, um die Erfolgswahrscheinlichkeit der endodontischen Behandlung zu erhöhen. Wenn endodontische Behandlungen von Supervisoren als unzureichend bewertet werden, ist eine konsequente Durchführung einer Revisionsbehandlung notwendig, um die Behandlungsergebnisse zu optimieren.

6.2.6. Postendodontische Versorgung

Nach Abschluss der endodontischen Therapie wurde die Zugangskavität mit einer Restauration versorgt, um eine primäre Stabilisierung zu erzielen und eine Reinfektion zu verhindern. Für diesen Zweck wurden sowohl plastische Füllungen als auch teilweise partielle laborgefertigte Restaurationen verwendet, die ebenfalls im Rahmen der studentischen Behandlungskurse der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie angefertigt wurden. Bei ausgedehnten Substanzdefekten wurde Patienten ggf. die Insertion eines Wurzelstiftes sowie eine prothetische Versorgung des Zahnes empfohlen. Diese Behandlungsschritte wurden in der Regel in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik durchgeführt.

Es besteht kein Konsens in der Literatur hinsichtlich des empfohlenen Zeitpunkts zur Eingliederung der endgültigen Restauration [40]. Jedoch rät die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in einer wissenschaftlichen Stellungnahme zum zu einem bakteriendichten Verschluss unmittelbar nach erfolgreich abgeschlossener Wurzelkanalbehandlung [87]. Von dem Belassen provisorischer und temporärer

Befestigungsmaterialien über einen längeren Zeitraum wird aufgrund des Risikos einer Reinfektion des Wurzelkanalsystems abgeraten. In dieser Studie zeigten Zähne ohne dauerhaften Verschluss eine signifikant schlechtere Erfolgswahrscheinlichkeit. Das koronale Leakage wird als eines der Hauptursachen für Misserfolge bei endodontischen Behandlungen betrachtet, da im Speichel enthaltene gram- negative Bakterien Endotoxine produzieren können, die das Füllungsmaterial schneller als Bakterien selbst penetrieren und eine Reinfektion verursachen [88]. Darüber hinaus stellt ein fehlender koronaler Verschluss und damit eine nicht-anatomische Gestaltung der okklusalen Kaufläche ein Risiko für vertikale Frakturen des therapierten Zahnes dar [89].

Es gibt verschiedene Gründe für eine ausbleibende definitive Versorgung und ein daraus resultierendes koronales Leakage. Eine Studie von Hamasha und Hatiwsh zur Lebensqualität und Zufriedenheit nach endodontischer Therapie zeigt, dass sich durch reduzierte Schmerzen der postoperative Zustand verbessern kann [90]. Möglicherweise sahen einige Patienten nach Erreichen von Schmerzfreiheit keine Notwendigkeit für eine Weiterbehandlung. Einige Patienten können aufgrund der Kosten eine prothetische Versorgung nicht durchführen lassen. Es konnte gezeigt werden, dass die finanzielle Belastung für einen Teil der Bevölkerung ein dominanter limitierender Faktor für den Zugang zu zahnärztlicher Versorgung darstellt [91]. Auch eine unzureichende oder unverständliche Kommunikation durch den Behandelnden oder den Supervisor der Behandlung zum weiteren Vorgehen kann dazu führen, dass eine Weiterbehandlung ausbleibt. Ein weiteres Hindernis könnte im Fall der vorliegenden Studie auch der notwendige Wechsel der Fachabteilungen gewesen sein. Die Betreuung der Patienten durch die Studierenden endet häufig am Ende eines Behandlungskurses und mit Abschluss des Semesters. Für eine prothetischen Versorgung des Zahnes war die Vorstellung in der Poliklinik für Zahnerhaltung notwendig. Erfolgte die Weiterbehandlung durch studentische Behandlungskurse der Poliklinik für Zahnerhaltung, war dies möglicherweise erst mit Beginn des kommenden Semesters, also nach etwa drei Monaten, möglich.

Ein Lösungsansatz für das vorliegende Problem besteht in der Einführung von integrierten Kursen, die eine parallele Vermittlung von Lehrinhalten aus verschiedenen Fachbereichen ermöglichen und somit eine interdisziplinäre Ausbildung gewährleisten. An der Universität Bonn wurden beispielsweise die Fachbereiche Zahnerhaltung und Prothetik in die klinischen Kurse integriert, um eine praxisorientierte Ausbildung und optimierte Patientenversorgung zu erreichen. Der Aufbau dieser integrierten

zahnärztlichen Studentenkurse wurde im Rahmen der 2. Jahrestagung des Arbeitskreises für die Weiterentwicklung der Lehre in der Zahnmedizin im Jahr 2010 vorgestellt (<https://www.apw.de/documents/262773/1760879/Integrierte+zahnärztliche+Studentenkurse/669d15e1-51c2-42db-9cfb-fbdc0f0f6dc1>). Die neue zahnärztliche Approbationsordnung, die seit dem 01. Oktober 2020 in Kraft ist, sieht ebenfalls die Einführung von integrierten Kursen im klinischen Studienabschnitt vor (ZApprO, Anlage 3 zu § 5 Absatz 2 und 3). Bisher liegen noch keine wissenschaftlichen Studien vor, die eine Analyse der Behandlungsergebnisse im Rahmen dieser integrierten Kurse erlauben. Es konnte nachgewiesen werden, dass die zeitliche Dauer bis zur definitiven Versorgung signifikanten Einfluss auf das Behandlungsergebnis hat. Erfolgreich behandelte Patienten benötigten signifikant längere Zeitspannen als der Durchschnitt bei nicht erfolgreichen Behandlungen.

Stavropoulou und Koidis haben in einer systematischen Übersichtsarbeit die postendodontische Versorgung von Zähnen mit Einzelkronen im Vergleich zu plastischen Füllungen untersucht. Dabei ergab sich eine 10-Jahres-Überlebensrate von 81% für Einzelkronen im Vergleich zu 63% für direkte Restaurationen. In der Regel werden direkte Restaurationen an endodontisch therapierten Zähnen unmittelbar oder mit geringer zeitlicher Verzögerung durchgeführt, während für prothetische Versorgungen aufgrund administrativer Prozesse und umfangreicheren Behandlungsabläufen mehr Zeit benötigt wird. Es wird vermutet, dass Zähne, die zeitnah mit einer koronalen Versorgung versehen wurden, in der Regel mittels plastischer Füllungen behandelt werden. Allerdings geht die Versorgung mit einer Krone mit einem geringeren Risiko für Zahnfrakturen und coronalen Leckagen einher, die als häufigste Ursachen für einen Zahnverlust nach endodontischer Therapie gelten [22, 89, 92]. Deshalb erscheint es sinnvoll, zukünftig organisatorische Strukturen zu fördern, die eine zeitnahe und angemessene Versorgung von endodontisch therapierten Zähnen mit Einzelkronen ermöglichen.

6.3. Schlussfolgerung

Die Erfolgsrate der vorliegenden Studie ist geringer als die ähnlicher Studien. Aufgrund uneinheitlicher Definitionen von Erfolg und Misserfolg ist eine Vergleichbarkeit nur eingeschränkt möglich. Es kann kein Ansatz für eine Restrukturierung des administrativen Prozesses des Vergabeprozesses der Behandlungskurse aufgezeigt werden. Dennoch können die vorliegenden Ergebnisse und die gegenwärtigen Erkenntnisse weiterer Studien herangezogen werden, um Empfehlungen für die praktische und theoretische Ausbildung im Fachbereich Endodontologie auszusprechen:

- Bestimmung des Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungsfälle

Studierende sollten über die verschiedenen Möglichkeiten zur Bestimmung der Schwierigkeitsgrades endodontischer Behandlungsfälle informiert werden. Sie sollten vor Behandlungsbeginn selbstständig den Schwierigkeitsgrad der von ihnen durchgeführten Wurzelkanalbehandlung ermitteln und ihr Ergebnis einem Supervisor präsentieren. Dies kann helfen, das Auftreten intraoperativer Komplikationen zu reduzieren. Darüberhinaus lernen Studierende ein Instrument kennen, um im späteren klinischen Alltag auf wissenschaftlicher Grundlage zu entscheiden, welche endodontischen Fälle durch Spezialisten für Endodontie therapiert werden sollten. In verschiedenen Studien wurde die Anwendbarkeit der Bögen untersucht. Die Ergebnisse sind heterogen, sodass keine klare Empfehlung ausgesprochen werden kann.

- Supervision durch Spezialisten für Endodontologie bei Behandlungsfällen mit „hohem“ Schwierigkeitsgrad

Es konnte kein direkter Einfluss des Schwierigkeitsgrades des Behandlungsfalls oder der Qualifikation des Supervisors auf das Behandlungsergebnis nachgewiesen werden. Jedoch empfehlen die meisten Bewertungsbögen bei Behandlungsfällen mit hohem Schwierigkeitsgrad eine Therapie durch Spezialisten für Endodontologie. Die Behandlungskurse sollten so strukturiert werden, dass die Supervisoren, die eine Zusatzqualifikation in diesem Bereich aufweisen, vorrangig Studierende bei der Therapie komplexer Behandlungsfälle betreuen.

- Konsequente Einleitung von Revisionsbehandlungen bei inadäquaten Wurzelfüllungen

Sofern eine Wurzelkanalbehandlung durch Supervisoren als insuffizient bewertet wurde, sollte konsequent eine Revisionsbehandlung eingeleitet werden. Patienten müssen darüber aufgeklärt werden, dass das Belassen einer inadäquaten Wurzelfüllung mit einem deutlich höheren Versagensrisiko einhergeht. Studierende sollten gemeinsam mit den Supervisoren reflektieren, welche Faktoren die endodontische Versorgung des Zahnes erschwert haben.

- Zeitnahe Durchführung einer postendodontischen koronalen Versorgung

Da die postendodontische Versorgung signifikant die Erfolgsrate beeinflusst, sollte die Durchführung dieser nach Möglichkeit ebenfalls Bestandteil der studentischen Behandlungskurse sein. Um eine höhere Compliance seitens der Patienten zu erzielen, sollte die Aufklärung über postendodontische Versorgungsmöglichkeiten verschriftlicht und an den Patienten ausgehändigt werden.

- Interpretation von DVT-Aufnahmen als Teil der studentischen Ausbildung

DVT-Aufnahmen können insbesondere bei komplexen endodontischen Behandlungsfällen einen Mehrwert bieten. Bisher ist das Erlernen der Auswertung und Interpretation der dreidimensionalen Aufnahmen nicht Bestandteil der studentischen Ausbildung. Die Fachkunde in diesem Bereich kann bisher ausschließlich postgraduell erworben werden. Mithilfe von Kenntnisse in der Auswertung von DVT-Aufnahmen könnten Studierende beispielsweise komplexe Kanalantomien besser nachvollziehen und potenzielle Schwierigkeiten in der Therapie frühzeitig erkennen.

7. Literaturverzeichnis

1. Ree, M.H., M.F. Timmerman, and P.R. Wesselink, *An evaluation of the usefulness of two endodontic case assessment forms by general dentists*. International Endodontic Journal, 2003. **36**(8): p. 545-555.
2. Strindberg, L.Z., *The dependence of the results of pulp therapy on certain factors; an analytic study based on radiographic and clinical follow-up examinations. [Tr. from the Swedish manuscript]*. Acta odontologica Scandinavica. 1956.
3. Shah, P.K. and B.S. Chong, *A web-based endodontic case difficulty assessment tool*. Clinical Oral Investigations, 2018. **22**(6): p. 2381-2388.
4. American Association of Endodontists *AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines*. 2019.
5. Canadian Academy of Endodontics *Standards of practice*. 1998.
6. Falcon, H.C., et al., *Developing an index of restorative dental treatment need*. British Dental Journal, 2001. **190**(9): p. 479-486.
7. Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie e.V. (DGET) *Richtlinien für die Ernennung zum Spezialisten für Endodontologie der Deutschen Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie e. V. (DGET)*. 2021.
8. Düsseldorf Dental Academy *Informationen für Studieninteressierte*. 2023; Available from: <https://www.duesseldorf-dental-academy.de/studium>.
9. Sonntag, D., *Ausbildung in der Endodontie - Wege der Fort- und Weiterbildung*. Quintessenz Endodontie, 2016. **67**(3): p. 279-287.
10. Burry, J.C., et al., *Outcomes of Primary Endodontic Therapy Provided by Endodontic Specialists Compared with Other Providers*. J Endod, 2016. **42**(5): p. 702-5.
11. Alley, B.S., et al., *A comparison of survival of teeth following endodontic treatment performed by general dentists or by specialists*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2004. **98**(1): p. 115-118.

12. Lazarski, M.P., et al., *Epidemiological Evaluation of the Outcomes of Nonsurgical Root Canal Treatment in a Large Cohort of Insured Dental Patients*. Journal of Endodontics, 2001. **27**(12): p. 791-796.
13. Baaij, A. and A.R. Özok, *Method of teaching undergraduate students to perform root canal treatment: It's influence on the quality of root fillings*. Eur J Dent Educ, 2018. **22**(2): p. e221-e227.
14. Burke, F.M., et al., *Technical quality of root canal fillings performed in a dental school and the associated retention of root-filled teeth: a clinical follow-up study over a 5-year period*. J Oral Rehabil, 2009. **36**(7): p. 508-15.
15. Plasschaert, A.J., et al., *Profile and competences for the European dentist*. Eur J Dent Educ, 2005. **9**(3): p. 98-107.
16. De Moor, R., et al., *Undergraduate curriculum guidelines for endodontology*. Int Endod J, 2013. **46**(12): p. 1105-14.
17. Sonntag, D., et al., *Pre-clinical endodontics: a survey amongst German dental schools*. Int Endod J, 2008. **41**(10): p. 863-8.
18. Ribeiro, D.M., et al., *Technical quality of root canal treatment performed by undergraduate students using hand instrumentation: a meta-analysis*. Int Endod J, 2018. **51**(3): p. 269-283.
19. Kerekes, K. and L. Tronstad, *Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique*. Journal of Endodontics, 1979. **5**(3): p. 83-90.
20. Molven, O. and A. Halse, *Success rates for gutta-percha and Kloroperka N-0 root fillings made by undergraduate students: radiographic findings after 10-17 years*. Int Endod J, 1988. **21**(4): p. 243-50.
21. Molven, O., et al., *Periapical changes following root-canal treatment observed 20-27 years postoperatively*. Int Endod J, 2002. **35**(9): p. 784-90.
22. Sjogren, U., et al., *Factors affecting the long-term results of endodontic treatment*. J Endod, 1990. **16**(10): p. 498-504.
23. Ilgüy, D., et al., *Assessment of root canal treatment outcomes performed by Turkish dental students: results after two years*. J Dent Educ, 2013. **77**(4): p. 502-9.
24. Polyzos, N.K., et al., *Quality of Root Canal Fillings Performed by Undergraduate Students and the Related Factors on the Treatment Outcome: A 2- to 5-Year Follow-Up*. Eur Endod J, 2018. **3**(3): p. 179-185.

25. Haug, S.R., et al., *Impact of Case Difficulty on Endodontic Mishaps in an Undergraduate Student Clinic*. J Endod, 2018. **44**(7): p. 1088-1095.
26. Alamoudi, R.A., et al., *The value of assessing case difficulty and its effect on endodontic iatrogenic errors: a retrospective cross-sectional study*. Libyan J Med, 2020. **15**(1): p. 1688916.
27. Orstavik, D., K. Kerekes, and H.M. Eriksen, *The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis*. Endod Dent Traumatol, 1986. **2**(1): p. 20-34.
28. Schneider, S.W., *A comparison of canal preparations in straight and curved root canals*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1971. **32**(2): p. 271-5.
29. Zhang, R. and T. Hu, *Root canal curvature*. International Endodontic Journal, 2010. **43**(7): p. 616-618.
30. European Society of Endodontology *Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology*. Int Endod J, 2006. **39**(12): p. 921-30.
31. Ryge, G., *Clinical criteria*. Int Dent J, 1980. **30**(4): p. 347-58.
32. Hiekel, R., M. Folwaczny, and P. Wöhrl. *Parodontitis und andere Parodontopathien*. 2001. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
33. American Association of Endodontists *Dental Dams, in AAE Position Statement*. 2017.
34. Coelho-de-Souza, F.H., et al., *Influence of adhesive system and bevel preparation on fracture strength of teeth restored with composite resin*. Braz Dent J, 2010. **21**(4): p. 327-31.
35. Patel, S. and J. Rhodes, *A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth*. Br Dent J, 2007. **203**(3): p. 133-40.
36. Weber, T., *Memorix Zahnmedizin*. Vol. 4. 2016: Thieme.
37. E. Schäfer, M.n., R. Hickel, München, W. Geurtsen, Hannover D. Heidemann, Frankfurt, C. Löst, Tübingen, A. Petschelt, Erlangen, W. Raab, Düsseldorf, *Wurzelkanalaufbereitungen.pdf*. DZZ, 2000. **00**.
38. Hellwig, E., E. Schaefer, and J. Klimek, *Einführung in die Zahnerhaltung*. 2023: Deutscher Zahnärzterverlag.
39. Ingle, J.I., *The need for endodontic instrument standardization*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1955. **8**(11): p. 1211-3.

40. Hülsmann, M., et al., *"Good clinical practice: Die Wurzelkanalbehandlung"*. 2005.
41. Goerig, A.C., R.J. Michelich, and H.H. Schultz, *Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique*. J Endod, 1982. **8**(12): p. 550-4.
42. Clem, W.H., *Endodontics: the adolescent patient*. Dental clinics of North America, 1969. **13**(2): p. 482-93.
43. Koçkapan, C., *Curriculum Endodontie*. 2003: Quintessenz-Verlag.
44. Schäfer, E., *DGZMK Stellungnahme Wurzelkanalspuelung*. 2006.
45. Hosoya, N., et al., *Effect of canal drying methods on the apical seal*. J Endod, 2000. **26**(5): p. 292-4.
46. *Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology*. Int Endod J, 2006. **39**(12): p. 921-30.
47. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, M.-u.K., *Zur Prognose von Wurzelkanalbehandlungen DZZ*, 2000. **56**.
48. Lazarski, M.P., et al., *Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients*. J Endod, 2001. **27**(12): p. 791-6.
49. Eleftheriadis, G.I. and T.P. Lambrianidis, *Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic*. Int Endod J, 2005. **38**(10): p. 725-34.
50. Lynch, C.D. and F.M. Burke, *Quality of root canal fillings performed by undergraduate dental students on single-rooted teeth*. Eur J Dent Educ, 2006. **10**(2): p. 67-72.
51. Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde *Endodontie im Milchgebiss*. 2011.
52. Hartmann, R.C., et al., *Methods for measurement of root canal curvature: a systematic and critical review*. Int Endod J, 2019. **52**(2): p. 169-180.
53. Nair, P.N., *New perspectives on radicular cysts: do they heal?* Int Endod J, 1998. **31**(3): p. 155-60.
54. Moidu, N.P., et al., *Deep learning for categorization of endodontic lesion based on radiographic periapical index scoring system*. Clinical Oral Investigations, 2022. **26**(1): p. 651-658.

55. Reit, C. and H.G. Gröndahl, *Application of statistical decision theory to radiographic diagnosis of endodontically treated teeth*. Scand J Dent Res, 1983. **91**(3): p. 213-8.
56. Estrela, C., et al., *A New Periapical Index Based on Cone Beam Computed Tomography*. Journal of Endodontics, 2008. **34**(11): p. 1325-1331.
57. Esposito, S., M. Cardaropoli, and E. Cotti, *A suggested technique for the application of the cone beam computed tomography periapical index*. Dentomaxillofac Radiol, 2011. **40**(8): p. 506-12.
58. *AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2015. **120**(4): p. 508-12.
59. Barrieshi-Nusair, K.M., M.A. Al-Omari, and A.S. Al-Hiyasat, *Radiographic technical quality of root canal treatment performed by dental students at the Dental Teaching Center in Jordan*. J Dent, 2004. **32**(4): p. 301-7.
60. AlRahabi, M.K., *Evaluation of complications of root canal treatment performed by undergraduate dental students*. Libyan J Med, 2017. **12**(1): p. 1345582.
61. Miçooğulları Kurt, S., et al., *Quality of root canal treatment performed by undergraduate students using nickel-titanium reciprocating versus hand instruments*. J Dent Educ, 2022.
62. Khabbaz, M.G., E. Protogerou, and E. Douka, *Radiographic quality of root fillings performed by undergraduate students*. Int Endod J, 2010. **43**(6): p. 499-508.
63. Unal, G.C., et al., *Quality of root canal fillings performed by undergraduate dental students*. Eur J Dent, 2011. **5**(3): p. 324-30.
64. Caton, J.G., et al., *A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999 classification*. J Clin Periodontol, 2018. **45 Suppl 20**: p. S1-s8.
65. Muthukrishnan, A., et al., *Evaluation of a system for grading the complexity of root canal treatment*. Br Dent J, 2007. **202**(10): p. E26.
66. Shah, P.K., et al., *Comparison of two case difficulty assessment methods on cohorts of undergraduate dental students – a multi-centre study*. International Endodontic Journal, 2020. **53**(11): p. 1569-1580.

67. Goldman, M., A.H. Pearson, and N. Darzenta, *Reliability of radiographic interpretations*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1974. **38**(2): p. 287-293.
68. Ng, Y.L., et al., *Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success*. Int Endod J, 2007. **40**(12): p. 921-39.
69. Ng, Y.-L., et al., *Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors*. International Endodontic Journal, 2008. **41**(1): p. 6-31.
70. Friedman, S. and C. Mor, *The success of endodontic therapy-healing and functionality*. CDA J, 2004. **32**(6): p. 493-503.
71. Chubb, D.W.R., *A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success*. Aust Endod J, 2019. **45**(1): p. 5-11.
72. Rechenberg, D.K., A. Munir, and M. Zehnder, *Correlation between the clinically diagnosed inflammatory process and periapical index scores in severely painful endodontically involved teeth*. International Endodontic Journal, 2021. **54**(2): p. 172-180.
73. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, M.-u.K., *Revision einer Wurzelkanalbehandlung*. DZZ, 2004. **59**.
74. Setzer, F.C. and S. Kim, *Comparison of long-term survival of implants and endodontically treated teeth*. J Dent Res, 2014. **93**(1): p. 19-26.
75. Dammaschke, T., et al., *Long-term survival of root-canal-treated teeth: a retrospective study over 10 years*. J Endod, 2003. **29**(10): p. 638-43.
76. Tilashalski, K.R., et al., *Root canal treatment in a population-based adult sample: status of teeth after endodontic treatment*. J Endod, 2004. **30**(8): p. 577-81.
77. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, M.-u.K., *Leitlinie Wurzelspitzenresektion*. 2009.
78. Sacha, S.R., et al., *A multicentric survey to evaluate preclinical education in Endodontology in German-speaking countries*. Int Endod J, 2021. **54**(10): p. 1957-1964.
79. Sonntag, D., et al., *Pre-clinical endodontics: a survey amongst German dental schools*. International Endodontic Journal, 2008. **41**(10): p. 863-868.

80. Rampado, M.E., et al., *The Benefit of the Operating Microscope for Access Cavity Preparation by Undergraduate Students*. Journal of Endodontics, 2004. **30**(12): p. 863-867.
81. Friedman, S., et al., *Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer*. J Endod, 1995. **21**(7): p. 384-90.
82. Hoskinson, S.E., et al., *A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2002. **93**(6): p. 705-15.
83. Bornstein, M.M., et al., *Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery*. J Endod, 2011. **37**(2): p. 151-7.
84. Pitcher, B., et al., *Binary Decision Trees for Preoperative Periapical Cyst Screening Using Cone-beam Computed Tomography*. J Endod, 2017. **43**(3): p. 383-388.
85. Zanini, M., et al., *Revisiting Orstavik's PAI score to produce a reliable and reproducible assessment of the outcomes of endodontic treatments in routine practice*. Eur J Dent Educ, 2021. **25**(2): p. 291-298.
86. *Undergraduate curriculum guidelines for endodontology*. Int Endod J, 2001. **34**(8): p. 574-80.
87. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, M.-u.K., *Aufbau endodontisch behandelter Zähne*. DZZ, 2003. **58**: p. 199.
88. Alves, J., R. Walton, and D. Drake, *Coronal leakage: Endotoxin penetration from mixed bacterial communities through obturated, post-prepared root canals*. Journal of Endodontics, 1998. **24**(9): p. 587-591.
89. Patel, S., B. Bhuvra, and R. Bose, *Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth*. International Endodontic Journal, 2022. **55**(S3): p. 804-826.
90. Hamasha, A.A. and A. Hatiwsh, *Quality of life and satisfaction of patients after nonsurgical primary root canal treatment provided by undergraduate students, graduate students and endodontic specialists*. International Endodontic Journal, 2013. **46**(12): p. 1131-1139.
91. Millar, W.J. and D. Locker, *Dental insurance and use of dental services*. Health Rep, 1999. **11**(1): p. 55-67(Eng); 59-72(Fre).

92. Aquilino, S.A. and D.J. Caplan, *Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth*. The Journal of Prosthetic Dentistry, 2002. **87**(3): p. 256-263.

8. Anhang

8.1. Patientenanschreiben

Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie
Moorenstraße 5
40225 Düsseldorf
Komm. Direktorin: Prof. Dr. M. Ommerborn
Tel.: 0211/8118144

***Studie: Erfolgsrate von endodontischen Behandlungen
im Rahmen des studentischen Behandlungskurses***

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen meiner Doktorarbeit nehme ich Nachuntersuchungen der Wurzelkanalbehandlungen vor, die in den Jahren 2012 bis 2014 in der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie durchgeführt worden sind. Ziel dieser Studie ist, beantworten zu können, wie hoch die Erfolgsquote dieser Behandlung ist. Zudem sollen für die Zukunft Schlussfolgerungen zur Optimierung des Behandlungsablaufes getroffen werden können.

Da Sie im genannten Zeitraum eine Wurzelkanalbehandlung erhalten haben, lade ich Sie herzlich ein, als Proband an dieser Studie teilzunehmen. Die Teilnahme umfasst eine Untersuchung des behandelten Zahnes und – falls kein aktuelles Röntgenbild vorliegt – das Anfertigen eines Zahnfilms. Der Zeitaufwand dieser Untersuchung beträgt etwa 20 Minuten.

Sollten Sie daran interessiert sein, können Sie sich telefonisch unter **0211-8117875** oder via Mail an sara.berndt@uni-duesseldorf.de melden.

Sollte eine Teilnahme nicht möglich sein, freue ich mich ebenfalls über Ihre Rückmeldung.

Geme können Sie auch Ihren halbjährigen Kontrolltermin mit der Studienteilnahme verbinden.

Mit freundlichen Grüßen

Sara Berndt
Zahnärztin

8.2. Probandeninformation

zu erhalten und ist indiziert, wenn die Pulpa (im Volksmund „Zahnerv“) entzündet oder

8.3. Einwilligungserklärung

Nach ausführlicher schriftlicher und mündlicher Aufklärung über das Ziel der Untersuchung, über die Art der hierfür eingesetzten Untersuchungsmittel und nach Aufklärung über Risiken erkläre ich mich freiwillig zur Teilnahme bereit.

Ich kann die Teilnahme an dieser Untersuchung zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen abbrechen und die getroffenen Zusagen wieder rückgängig machen, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Eine Kopie der Probandeninformation, Probandenaufklärung über die Röntgenuntersuchung und Einwilligungserklärung hat der Studienteilnehmer erhalten. Das Original verbleibt bei der Studienstelle.

Die Untersuchungsergebnisse werden statistisch ausgewertet und in anonymisierter Form veröffentlicht. Die gewonnenen Daten werden pseudonymisiert und zu rein wissenschaftlichen Zwecken verwendet. Die Daten werden strikt vertraulich behandelt und es erfolgt keine Weitergabe an Dritte. Ich bin mit der Aufzeichnung der im Rahmen der Studie an mir erhobenen Daten und ihrer anonymisierten Verwendung, z.B. für Veröffentlichungen, einverstanden.

Eine Kopie der Probandeninformation / Einverständniserklärung mit der Information zum Datenschutz habe ich erhalten.

Düsseldorf, den _____

Name des Studienteilnehmers
in Druckbuchstaben

Unterschrift Studienteilnehmer

8.4. AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines



american association of
endodontists

AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines

Patient Information

Full Name

Street Address Suite/Apt

City State/Country Zip

Phone

Email

Disposition

Treat in Office: Yes No

Refer Patient to: _____

Date

Guidelines for Using the AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form

The AAE designed the Endodontic Case Difficulty Assessment Form for use in endodontic curricula. The Assessment Form makes case selection more efficient, more consistent and easier to document. Dentists may also choose to use the Assessment Form to help with referral decision making and record keeping.

Conditions listed in this form should be considered potential risk factors that may complicate treatment and adversely affect the outcome. Levels of difficulty are sets of conditions that may not be controllable by the dentist. Risk factors can influence the ability to provide care at a consistently predictable level and impact the appropriate provision of care and quality assurance.

The Assessment Form enables a practitioner to assign a level of difficulty to a particular case.

Levels of Difficulty

MINIMAL DIFFICULTY

Preoperative condition indicates routine complexity (uncomplicated). These types of cases would exhibit only those factors listed in the MINIMAL DIFFICULTY category. Achieving a predictable treatment outcome should be attainable by a competent practitioner with limited experience.

MODERATE DIFFICULTY

Preoperative condition is complicated, exhibiting one or more patient or treatment factors listed in the MODERATE DIFFICULTY category. Achieving a predictable treatment outcome will be challenging for a competent, experienced practitioner.

HIGH DIFFICULTY

Preoperative condition is exceptionally complicated, exhibiting several factors listed in the MODERATE DIFFICULTY category or at least one in the HIGH DIFFICULTY category. Achieving a predictable treatment outcome will be challenging for even the most experienced practitioner with an extensive history of favorable outcomes.

Review your assessment of each case to determine the level of difficulty. If the level of difficulty exceeds your experience and comfort, you might consider referral to an endodontist.

Criteria and Subcriteria	MINIMAL DIFFICULTY	MODERATE DIFFICULTY	HIGH DIFFICULTY
A. PATIENT CONSIDERATIONS			
MEDICAL HISTORY	<input type="checkbox"/> No medical problem (ASA Class 1*)	<input type="checkbox"/> One or more medical problem (ASA Class 2*)	<input type="checkbox"/> Complex medical history/serious illness/disability (ASA Classes 3-5*)
ANESTHESIA	<input type="checkbox"/> No history of anesthesia problems	<input type="checkbox"/> Vasoconstrictor intolerance	<input type="checkbox"/> Difficulty achieving anesthesia
PATIENT DISPOSITION	<input type="checkbox"/> Cooperative and compliant	<input type="checkbox"/> Anxious but cooperative	<input type="checkbox"/> Uncooperative
ABILITY TO OPEN MOUTH	<input type="checkbox"/> No limitation	<input type="checkbox"/> Slight limitation in opening	<input type="checkbox"/> Significant limitation in opening
GAG REFLEX	<input type="checkbox"/> None	<input type="checkbox"/> Gags occasionally with radiographs/treatment	<input type="checkbox"/> Extreme gag reflex which has compromised past dental care
EMERGENCY CONDITION	<input type="checkbox"/> Minimum pain or swelling	<input type="checkbox"/> Moderate pain or swelling	<input type="checkbox"/> Severe pain or swelling

The contribution of the Canadian Academy of Endodontics and others to the development of this form is gratefully acknowledged. The AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form is designed to aid the practitioner in determining appropriate case disposition. The American Association of Endodontists neither expressly nor implicitly warrants any positive results associated with the use of this form. This form may be reproduced but may not be amended or altered in any way. © American Association of Endodontists, 180 N. Stetson Ave., Suite 1500, Chicago, IL 60601; Phone: 800-872-3636 or 312-266-7255; Fax: 866-451-9020 or 312-266-9867; E-mail: info@aae.org; Website: aae.org

Access additional resources at aae.org



Criteria and Subcriteria	MINIMAL DIFFICULTY	MODERATE DIFFICULTY	HIGH DIFFICULTY
B. DIAGNOSTIC AND TREATMENT CONSIDERATIONS			
DIAGNOSIS	<input type="checkbox"/> Signs and symptoms consistent with recognized pulpal and periapical conditions	<input type="checkbox"/> Extensive differential diagnosis of usual signs and symptoms required	<input type="checkbox"/> Confusing and complex signs and symptoms: difficult diagnosis <input type="checkbox"/> History of chronic oral/facial pain
RADIOGRAPHIC DIFFICULTIES	<input type="checkbox"/> Minimal difficulty obtaining/interpreting radiographs	<input type="checkbox"/> Moderate difficulty obtaining/interpreting radiographs (e.g., high floor of mouth, narrow or low palatal vault, presence of tori)	<input type="checkbox"/> Extreme difficulty obtaining/interpreting radiographs (e.g., superimposed anatomical structures)
POSITION IN THE ARCH	<input type="checkbox"/> Anterior/premolar <input type="checkbox"/> Slight inclination (<10°) <input type="checkbox"/> Slight rotation (<10°)	<input type="checkbox"/> 1st molar <input type="checkbox"/> Moderate inclination (10-30°) <input type="checkbox"/> Moderate rotation (10-30°)	<input type="checkbox"/> 2nd or 3rd molar <input type="checkbox"/> Extreme inclination (>30°) <input type="checkbox"/> Extreme rotation (>30°)
TOOTH ISOLATION	<input type="checkbox"/> Routine rubber dam placement	<input type="checkbox"/> Simple pretreatment modification required for rubber dam isolation	<input type="checkbox"/> Extensive pretreatment modification required for rubber dam isolation
CROWN MORPHOLOGY	<input type="checkbox"/> Normal original crown morphology	<input type="checkbox"/> Full coverage restoration <input type="checkbox"/> Porcelain restoration <input type="checkbox"/> Bridge abutment <input type="checkbox"/> Moderate deviation from normal tooth/root form (e.g., taurodontism microdens) <input type="checkbox"/> Teeth with extensive coronal destruction	<input type="checkbox"/> Restoration does not reflect original anatomy/alignment <input type="checkbox"/> Significant deviation from normal tooth/root form (e.g., fusion dens in dente)
CANAL AND ROOT MORPHOLOGY	<input type="checkbox"/> Slight or no curvature (<10°) <input type="checkbox"/> Closed apex (<1 mm in diameter)	<input type="checkbox"/> Moderate curvature (10-30°) <input type="checkbox"/> Crown axis differs moderate from root axis. Apical opening 1-1.5 mm in diameter	<input type="checkbox"/> Extreme curvature (>30°) or S-shaped curve <input type="checkbox"/> Mandibular premolar or anterior with 2 roots <input type="checkbox"/> Maxillary premolar with 3 roots <input type="checkbox"/> Canal divides in the middle or apical third <input type="checkbox"/> Very long tooth (>25 mm) <input type="checkbox"/> Open apex (>1.5 mm in diameter)
RADIOGRAPHIC APPEARANCE OF CANAL(S)	<input type="checkbox"/> Canal(s) visible and not reduced in size	<input type="checkbox"/> Canal(s) and chamber visible but reduced in size <input type="checkbox"/> Pulp stones	<input type="checkbox"/> Indistinct canal path <input type="checkbox"/> Canal(s) not visible
RESORPTION	<input type="checkbox"/> No resorption evident	<input type="checkbox"/> Minimal apical resorption	<input type="checkbox"/> Extensive apical resorption <input type="checkbox"/> Internal resorption <input type="checkbox"/> External resorption
C. ADDITIONAL CONSIDERATIONS			
TRAUMA HISTORY	<input type="checkbox"/> Uncomplicated crown fracture of mature or immature teeth	<input type="checkbox"/> Complicated crown fracture of mature teeth <input type="checkbox"/> Subluxation	<input type="checkbox"/> Complicated crown fracture of immature teeth <input type="checkbox"/> Horizontal root fracture <input type="checkbox"/> Alveolar fracture <input type="checkbox"/> Intrusive, extrusive or lateral luxation <input type="checkbox"/> Avulsion
ENDODONTIC TREATMENT HISTORY	<input type="checkbox"/> No previous treatment	<input type="checkbox"/> Previous access without complications	<input type="checkbox"/> Previous access with complications (e.g., perforation, non-negotiated canal, ledge, separated instrument) <input type="checkbox"/> Previous surgical or nonsurgical endodontic treatment completed
PERIODONTAL-ENDODONTIC CONDITION	<input type="checkbox"/> None or mild periodontal disease	<input type="checkbox"/> Concurrent moderate periodontal disease	<input type="checkbox"/> Concurrent severe periodontal disease <input type="checkbox"/> Cracked teeth with periodontal complications <input type="checkbox"/> Combined endodontic/periodontic lesion <input type="checkbox"/> Root amputation prior to endodontic treatment

*American Society of Anesthesiologists (ASA) Classification System **Class 1:** No systemic illness. Patient healthy. **Class 2:** Patient with mild degree of systemic illness, but without functional restrictions, e.g., well-controlled hypertension. **Class 3:** Patient with severe degree of systemic illness which limits activities, but does not immobilize the patient. **Class 4:** Patient with severe systemic illness that immobilizes and is sometimes life threatening. **Class 5:** Patient will not survive more than 24 hours whether or not surgical intervention takes place. www.asahq.org/clinical/physicalstatus.htm

Access additional resources at aae.org



8.5. Auswertungsbogen

Auswertungsprotokoll zur klinischen Studie: Erfolgsrate von endodontischen Behandlungen im Rahmen des studentischen Behandlungskurses

Probandennummer: Datum:

Behandelter Zahn:

1. Patientenakte

Datum WF						
Geboren						
Alter z. Zt. der WF						
Geschlecht		Weiblich	<input type="checkbox"/>	Männlich	<input type="checkbox"/>	
Proth. o. kons. Versorgungsform	Keine	<input type="checkbox"/>	Krone Teilkrone	<input type="checkbox"/>	Füllung	<input type="checkbox"/>
Beurteilung d. Versorgung lt. Akte	suffizient	<input type="checkbox"/>	Spalt	<input type="checkbox"/>	Sekundärkaries	<input type="checkbox"/>
Austausch erfolgt			Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Therapie	WK/WF	<input type="checkbox"/>	Vit E	<input type="checkbox"/>	Revision	<input type="checkbox"/>
Qualifikation Studierender	Kurs 1	<input type="checkbox"/>	Kurs 2	<input type="checkbox"/>	Staatsexamen	<input type="checkbox"/>

Supervision Trep			Ambu-Dienst	<input type="checkbox"/>	Alio loco	<input type="checkbox"/>
Supervision Endometrie /Rö/AL	Endometrie:	<input type="checkbox"/>	Rö:	<input type="checkbox"/>	AL:	<input type="checkbox"/>
Supervision WK/WF			WK:	<input type="checkbox"/>	WF:	<input type="checkbox"/>

Anzahl der Kanäle	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>
Odontogene Infektion	keine				<input type="checkbox"/>	Abszess	<input type="checkbox"/>	Fistelgang	<input type="checkbox"/>	
Endoaufbau erfolgt						Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	
Feilensystem		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Keine Angabe	<input type="checkbox"/>	Maschinell	<input type="checkbox"/>	Manuell	<input type="checkbox"/>
Durchführung WK/WF						Single Visit	<input type="checkbox"/>	Multiple Visit	<input type="checkbox"/>	
Medeinlage (Anzahl)		<input type="checkbox"/>	keine	<input type="checkbox"/>	Ledermix® ()	<input type="checkbox"/>	Super Cal XS ()	<input type="checkbox"/>	Sonstige ()	<input type="checkbox"/>

Komplikation	keine <input type="checkbox"/>	Instr.fraktur <input type="checkbox"/>	Perforation <input type="checkbox"/>	Stufe/Via falsa <input type="checkbox"/>	Flare up <input type="checkbox"/>
				Spülzwischenfall <input type="checkbox"/>	Ap. Blockade <input type="checkbox"/>
Postendo. koronale Versorgung	Keine/pV <input type="checkbox"/>	Plast. Füllung <input type="checkbox"/>	Brücke <input type="checkbox"/>	Teilkrone/ Krone <input type="checkbox"/>	Teleskop <input type="checkbox"/>
Stiftsystem	Kein <input type="checkbox"/>			Individuell <input type="checkbox"/>	Konfektioniert <input type="checkbox"/>
Zeit bis def. Versorgung	Monate				
Folgebehandlung & Zeitpunkt (Monate n. WF)	keine <input type="checkbox"/>	Revision () <input type="checkbox"/>	WSR () <input type="checkbox"/>	Extraktion () <input type="checkbox"/>	

2. Präoperativer Zahnfilm

Auswertung des schlechtesten Befundes bei mehrwurzigen Zähnen (_____ Wurzel)

Datum präop. ZF					
PAI	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Größe d. apikalen Aufhellung	mm				Wurzel <input type="checkbox"/>
Krümmungsgrad	°				
Schwierigkeitsgrad AAE	leicht <input type="checkbox"/>		mittel <input type="checkbox"/>		schwer <input type="checkbox"/>

3. Postoperativer Zahnfilm

Auswertung des schlechtesten Befundes bei mehrwurzigen Zähnen (____ Wurzel)

Datum postop. ZF					
Beurteilung WF lt. Akte				insuffizient <input type="checkbox"/>	suffizient <input type="checkbox"/>
Aufbereitungsfehler	Zip <input type="checkbox"/>	Verlagerung <input type="checkbox"/>	Begradigung <input type="checkbox"/>	Strip-/Perforation <input type="checkbox"/>	Stufe <input type="checkbox"/>
Therapieentscheidung				nachvollziehbar <input type="checkbox"/>	Abweichende Meinung <input type="checkbox"/>

⇒ Im Falle einer abweichenden Meinung Stellungnahme im Abschnitt „Anmerkungen“

4. Klinische Untersuchung

Datum Untersuchung				
Zahn in situ	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Beschwerdefreiheit am Zahn	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Ausbisschmerz	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Loslassschmerz	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Lockerungsgrad	0	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>
			2	<input type="checkbox"/>
			3	<input type="checkbox"/>
Perkussion			positiv	<input type="checkbox"/>
			negativ	<input type="checkbox"/>
koronale Versorgung			suffizient	<input type="checkbox"/>
			insuffizient	<input type="checkbox"/>
Besonderheiten	keine	<input type="checkbox"/>	Schwellung	<input type="checkbox"/>
			Fistelgang	<input type="checkbox"/>
			Fraktur	<input type="checkbox"/>
Zirkuläre Sondierungstiefen	Tiefste ST: mm		M – V – D – O (ankreuzen!)	Solitär erhöht <input type="checkbox"/>

5. Röntgenbefund der klinischen Nachuntersuchung

Auswertung des schlechtesten Befundes bei mehrwurzligen Zähnen (_____
Wurzel)

Datum d. Anfertigung				
Weiterbehandlung alio loco	keine	<input type="checkbox"/>	Wurzelstift	<input type="checkbox"/>
			WSR	<input type="checkbox"/>
			Revision	<input type="checkbox"/>
Aufbereitung aller Kanäle			+	<input type="checkbox"/>
			-	<input type="checkbox"/>
Randständigkeit			+	<input type="checkbox"/>
			-	<input type="checkbox"/>
Konizität			+	<input type="checkbox"/>
			-	<input type="checkbox"/>
Homogenität			+	<input type="checkbox"/>
			-	<input type="checkbox"/>
Abstand zum radiologischen Apex	Kürzer(mm) distal		<input type="checkbox"/>	Rad. Apex (mm)
			<input type="checkbox"/>	Länger (+ mm)
Überpressung	keine		<input type="checkbox"/>	GP
			<input type="checkbox"/>	Sealer
PAI	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>
			3	<input type="checkbox"/>
			4	<input type="checkbox"/>
			5	<input type="checkbox"/>
Größe d. apikalen Aufhellung				mm

Beurteilung	„Vollständige Heilung“	<input type="checkbox"/>	„unvollständige Heilung“	<input type="checkbox"/>	„keine Heilung“	<input type="checkbox"/>
-------------	------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------	--------------------------

Besonderheiten:

(z.B. bei Perforationsdeckung verwendetes Material)