

Aus der Klinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie
(Direktor: Prof. Dr. C. Dörfer)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Wurzeloberflächeninstrumentierung – Einfluss eines
dentalen Endoskopes auf den Therapieerfolg im Rahmen der
nicht chirurgischen Parodontitistherapie im studentischen
Curriculum der Zahnmedizin

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Johanna Caroline Sentker
aus Düsseldorf

Kiel 2021

1. Berichtstatter: Prof. Dr. Christian Graetz
2. Berichtstatter: Priv.-Doz. Dr. Dr. Hendrik Naujokat
Tag der mündlichen Prüfung: 31.01.2023
Zum Druck genehmigt: Kiel, den 01.11.2022

gez.: Prof. Dr. Christian Graetz

Vorsitzende/r der Prüfungskommission

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Aufbau des Zahnhalteapparates.....	3
1.1.1.	Funktion und Zusammenhang der einzelnen Bestandteile	3
1.2.	Parodontitis: Ätiologie	5
1.3.	Ablauf der Therapie einer Parodontitis	6
1.3.1.	Initiale Therapiephase: Professionelle Plaqueentfernung (PMR) und nicht chirurgische Parodontistherapie (NSPT)	7
1.3.2.	Reevaluation	8
1.3.3.	Korrektive (chirurgische) Phase	9
1.4.	Aufbau des Curriculums im zahnmedizinischen Studium im Funktionsbereich Parodontologie der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universität Kiel	11
1.4.1.	Theorie in der studentischen Ausbildung	12
1.4.2.	Praxis in der studentischen Ausbildung	12
1.4.3.	Lernmethoden und Lernstile in der Hochschullehre	12
2.	Ziele und Fragestellungen	14
3.	Material und Methode	15
3.1.	Dentale Endoskopie	15
3.2.	Funktionsprinzip der faseroptischen Einheit	16
3.3.	Versuchsaufbau	18
3.4.	Training der Probanden	19
3.4.1.	Beschreibung der Kurspatienten	19
3.4.2.	Durchführung im Rahmen der studentischen Patientenbehandlung	20
3.4.3.	Erfassung der Probandenerfahrungen	22
3.4.4.	Erfassung der Patientendaten	23
3.4.5.	Datenanalyse und Statistische Auswertung der Patientendaten	24
4.	Ergebnisse.....	26
4.1.	Evaluationsergebnisse der Studierenden	26

4.2.	Auswahl und Basisdaten der Patientenkohorte	31
4.3.	Klinische Behandlungseffekte.....	35
4.4.	Diagnostizierung subgingivaler harter Auflagerungen	43
4.5.	Behandlungsdauer	44
5.	Diskussion	46
5.1.	Verwendung eines dentalen Endoskops in der Lehre	47
5.2.	Klinische Parameter	53
5.3.	Behandlungsdauer	55
5.4.	Diagnostizierung harter subgingivaler Auflagerungen	56
5.5.	Diskussion der studienbedingten Limitationen	58
5.6.	Schlussfolgerung und Ausblick	61
6.	Zusammenfassung.....	63
7.	Befundbogen	65
8.	Fragebogen.....	66
9.	Literaturverzeichnis	67
10.	Abbildungsverzeichnis	82
11.	Tabellenverzeichnis	84
12.	Anhang.....	85
12.1.	Votum der Ethikkommission	85
12.2.	Eidesstattliche Erklärung	86
12.3.	Publikationen im Rahmen der Dissertation.....	87
12.4.	Danksagung	88

Nomenklatur und Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
AO	Approbationsordnung
BOP	Bleeding on Probing
CAL	Clinical Attachment Level
CAU	Christian-Albrechts-Universität
GBI	Gingiva-Blutungs-Index
HD	harte Auflagerungen
nPE	ohne Verwendung des Perioscopy
NSPT	Non Surgical Parodontal Treatment
PBI	Papillen-Blutungs-Index
PE	Perioscopy
PMPR	Professional Mechanical Plaque Removal
SRP	Scaling and Root Planing
ST	Sondierungstiefen

Anmerkungen zur Schreibweise

Um eine bessere Lesbarkeit zu gewährleisten, wird in der folgenden Arbeit auf eine gendergerechte Schreibweise verzichtet. Das verwendete generische Maskulinum gilt im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

1. Einleitung

Parodontitis ist aufgrund der Prävalenz in der Bevölkerung ein globales Gesundheitsproblem. Weltweit betrachtet liegt die Gesamtprävalenz (1990–2010) bei 11,2 %, sodass Parodontitis als sechsthäufigste Erkrankung auf der Welt gilt (Kassebaum et al., 2014; Peres et al., 2019). Diese epidemiologischen Daten deuten auch darauf hin, dass die Prävalenz und Schwere einer Parodontiserkrankung vom sozioökonomischen Status der Bevölkerung abhängig ist. Deshalb ist sie in ausgewählten Ländern mit hohem Einkommen zurückgegangen (Bergstrom, 2014). Zwar liegt in Europa die Prävalenz der Parodontitis für sehr schnell verlaufende Formen im jugendlichen Alter nur bei unter einem Prozent (Albandar&Tinoco, 2002; Saxby, 1987; Saxen, 1980; Susin et al., 2014), im Seniorenalter, bezogen auf chronische Erkrankungen, liegt sie hingegen bei rund 70 % (Holtfreter et al., 2009). Trotz sinkender Prävalenz der Parodontitis als Erfolg der Prävention (Cepeda et al., 2017) ist bei Erwachsenen in allen Altersklassen (Jordan&Micheelis, 2016) im Zuge des demografischen Wandels mit einem steigenden Behandlungsbedarf zu rechnen basierend auf dem höheren Lebensalter. Somit werden zahnärztliche Praxen zukünftig weiterhin vor große Herausforderungen gestellt. Es stellt sich die Frage, was dieser Problematik entgegengesetzt werden kann. Unbestritten ist, dass ein langfristiger Zahnerhalt bei Patienten mit Parodontitis für den Behandler eine komplexe Aufgabe darstellt. Dabei wäre es doch deutlich einfacher, wenn nicht die fortgeschrittenen Fälle mit schwerer Parodontitis therapiert werden müssten, sondern die initialen Erkrankungsstadien, oder der Fokus nur auf einer präventiven Behandlung liegen würde. Dies wird maßgeblich die Möglichkeiten eines lebenslangen Zahnerhalts bestimmen und sollte zu einem Umdenken hinsichtlich des Vorsorgens anstatt des Versorgens führen (KZBV&BZÄK, 2017).

Nach heutigem Verständnis dienen Prävention und Therapie der Gingivitis auch der Prävention der Parodontitis (Sanz et al., 2015). Wirksame Therapie- und Präventionsstrategien setzen nach wie vor auf die mechanische Entfernung beziehungsweise die Reduktion des oralen Biofilms und seiner mineralisierten Folgeerscheinungen (Jepsen et al., 2017). Unverzichtbar ist dabei die Reinigung aller – einschließlich der subgingivalen – Zahnoberflächen zur Schaffung einer bioakzeptablen Oberfläche mit nachfolgender erneuter Ausbildung eines epithelialen oder bindegewebigen Attachments (Khosravi et al., 2004). Wesentliches Ziel der Prävention und Therapie ist es, das physiologische Gleichgewicht der Mundhöhle, d. h. eine Situation, in der keine klinische Entzündung vorliegt,

wiederherzustellen (Graetz et al., 2018). Dazu bedarf es einer professionellen Entfernung der für die Entzündungen ursächlichen mineralisierten und nicht mineralisierten Auflagerungen. Im Rahmen der Parodontitistherapie wurden bereits bedeutsame Fortschritte in den letzten Jahren verzeichnet, mit dem grundlegenden Trend zu minimal-invasiven Therapieformen, das heißt z. B. solchen, die ohne die Notwendigkeit eines chirurgischen Eingriffs auskommen. Zudem wurden zahlreiche mögliche adjuvante Therapieformen zur Unterstützung der nicht chirurgischen Therapie beschrieben. Adjuvante physikalische Ansätze wie die Verwendung eines Lasers oder antimikrobielle photodynamische Therapie wurden untersucht (Salvi et al., 2020), doch nach Abwägung der Vor- und Nachteile sowie einer Kosten-Nutzen-Abwägung wird deren Applikation nicht empfohlen (Kebuschull et al., 2020). Weitere Ansätze wie die Verabreichung immunmodularischer Adjuvanzen (Statine, systemische Probiotika, Doxycylin, Bisphosphonate, antiinflammatorische Medikamente, Omega-3-Fettsäuren oder Metformin) sind beschrieben (Donos et al., 2020), werden aber ebenfalls aufgrund unzureichend nachgewiesener Wirksamkeit und teils beträchtlicher Nebenwirkungen nicht empfohlen (Kebuschull et al., 2020). Als bevorzugte Vorgehensweise im Rahmen der ursachenbezogenen Therapie geht aus der aktuellen Leitlinie der *European Federation of Periodontology* (EFP) (Sanz et al., 2020) und ihrer deutschen adoptierten Fassung von November 2020 (Kebuschull et al., 2020) die subgingivale Instrumentierung mit Hand- oder maschinellen Instrumenten hervor (Suvan et al., 2020). Problematisch bleibt aber, dass die vollständige Entfernung des subgingivalen Biofilms und Zahnsteins bei hohen Taschensondierungstiefen (TST; ≥ 6 mm) und in morphologisch komplexen Bereichen der Zahnwurzeln (Wurzeleinziehungen, Furkationen und Knochentaschen) aufgrund begrenzter oder vielmehr fehlender Sicht auf die Wurzeloberfläche schwer zu erzielen ist (Kebuschull et al., 2020). Für derartige Situationen wurde die Verwendung eines dentalen Endoskopes beschrieben, die möglicherweise die Limitation der fehlenden Visualisierung lösen kann (Stambaugh et al., 2002). Zu diesem Zweck wurden medizintechnische Endoskope aus dem Bereich der Laparoskopie für die Verwendung in der Zahnmedizin modifiziert (Geisinger et al., 2007; Kwan, 2005). Einzelne wissenschaftliche Untersuchungen zeigten, wie das fiber-optische und bildgebende Verfahren für die nicht chirurgische Parodontitistherapie (NSPT) in nicht sichtbaren Bereichen der Zahnfleischtasche helfen kann (Geisinger et al., 2007; Harrel, 2018; Harrel et al., 2016; Michaud et al., 2007; Osborn et al., 2014; Wilson et al., 2008). Somit könnte das dentale Endoskop den entscheidenden Schritt zur minimal-invasiven Instrumentierung der Wurzeloberflächen unter

Sicht darstellen. Aufgrund des eingangs beschriebenen hohen Behandlungsbedarfs parodontaler Erkrankungen und des Wunsches nach minimal-invasiven Therapieformen scheint es sinnvoll, die zukünftige Generation der Zahnärzte mit neuen Technologien bereits im Rahmen der curricularen Ausbildung vertraut zu machen, um Ihnen die mitunter komplexe Diagnostik (z. B. Furkationsbeteiligung) und Therapie (z. B. bei vertikalem Knochenabbau und Modifikatoren wie Rauchen, Diabetes etc.) parodontaler Erkrankungen systematisch aufzuzeigen. Die langjährige Erfahrung in der Lehre im Funktionsbereich Parodontologie der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, sowie die finanzielle Förderung durch die Christian-Albrechts-Universität (CAU) für das innovative Lehrprojekt „Neues Lehrmodul für freie Sicht – die Endoskopie hält Einzug in die zahnmedizinische Lehre“ (2019) haben die Integration der neuartigen Technologie der dentalen Endoskopie in der Parodontologie und in die curriculare Ausbildung in Kiel initiiert. Dies hat schlussendlich erst die Durchführung der dieser Promotion zugrunde liegenden Studie ermöglicht.

1.1. Aufbau des Zahnhalteapparates

Die Verankerung der Zähne erfolgt über ein komplexes System aus verschiedenen Strukturen, der Gingiva, dem Wurzelzement, dem Alveolarknochen und dem Desmodont. Zusammen bilden sie den Zahnhalteapparat, das sogenannte ‚Parodont‘ (Plagmann, 1998).

1.1.1. Funktion und Zusammenhang der einzelnen Bestandteile

Die Strukturen des Parodonts sorgen in physiologischem Zustand für die Stabilität der Zähne, die Abfederung einwirkender Kräfte und eine Barriere zwischen der keimbesiedelten Mundhöhle und der Zahnwurzel (Schroeder, 2000). Die Gingiva, als Teil der Mundschleimhaut, umfasst die Zähne und den koronalen Anteil des Alveolarknochens. Klinisch wird diese in die befestigte und die freie Gingiva unterteilt. Die befestigte Gingiva ist unverschieblich mit dem Alveolarknochen verwachsen und reicht von der freien marginalen Gingiva bis zur mukogingivalen Grenzlinie, wo der Übergang zur Alveolarmukosa liegt. Die feste Verwachsung ist auf das komplexe Fasersystem des gingivalen Bindegewebes zurückzuführen. Die Kollagenfasern (Sharpey-Fasern) mit Ursprung im Periost oder dem Wurzelzement stellen eine Verbindung zum Desmodont dar und sorgen für die Fixation des Zahnes in der Alveole. Der schmale Saum der freien marginalen Gingiva umfasst die Zähne kragenförmig und formiert

die den Sulkus bildende Furche. Für die zirkuläre Anheftung an die Zahnhartsubstanz sorgt am Boden des Sulkus das Saumepithel, ein spezialisiertes Epithelgewebe, das durch eine hohe Zellproliferation und hemidesmosomale Verbindungen eine Art ‚Abdichtung‘ zur keimbesiedelten Mundhöhle darstellt (Lüllmann-Rauch, 2009; Yuan et al., 2021). Eine mögliche Ursache für die Störung der Barrierefunktion kann die Verschiebung zur pathologischen Keimbesiedelung durch Plaqueanlagerung insbesondere im Sulkusbereich sein. Die darauffolgende Entzündungsreaktion schwächt den dichten Verbund des Saumepithels zum Schmelz durch Auflockerung der Saumepithelzellen (Müller, 2021). Die Folge ist die Einwanderung von Bakterien in tiefere Schichten.

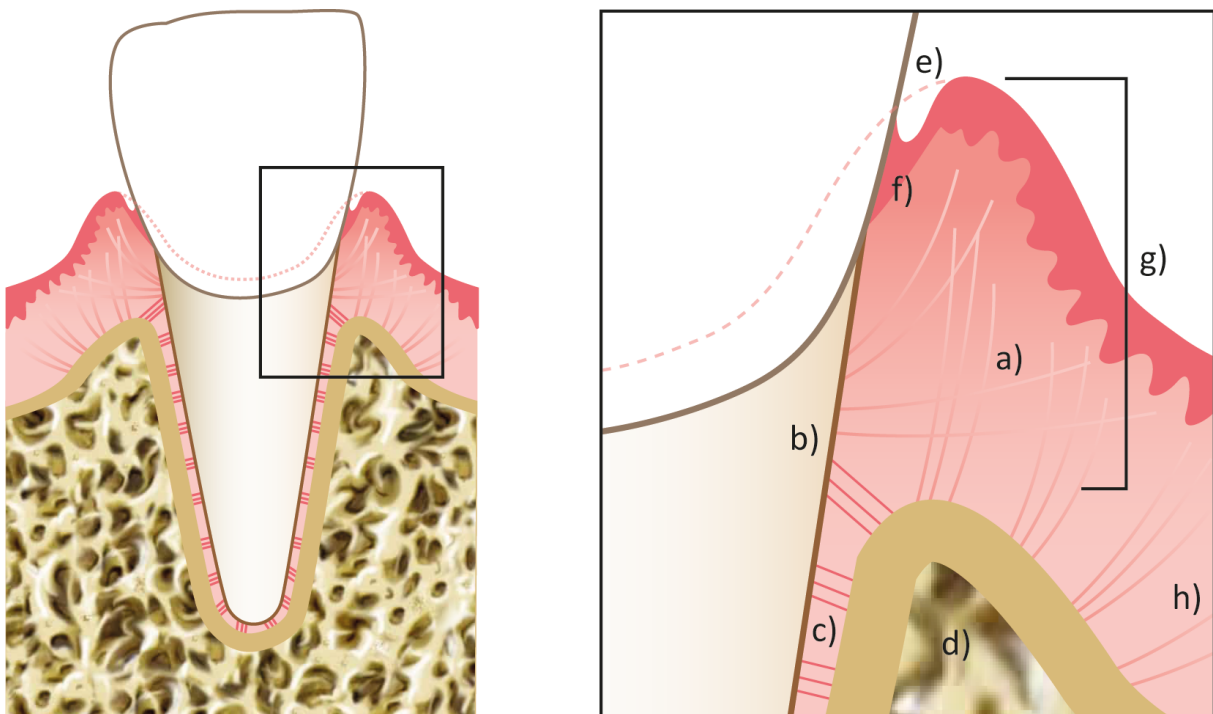


Abbildung 1: Aufbau des Parodonts links: Zahn und Zahnhalteapparat rechts: vergrößerte Darstellung der einzelnen Strukturen a) Gingiva mit in verschiedene Richtungen durchziehenden Kollagenfaserbündeln, b) Wurzelzement und inserierende Kollagenfasern, c) Desmodontaler Spalt mit Zahnaufhängung durch Sharpey-Fasern, d) Alveolarknochen, e) Sulkus nach apikal ausgekleidet mit dem f) Saumepithel, g) freie marginale Gingiva (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontitistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).

1.2. Parodontitis: Ätiologie

Das Krankheitsbild der Parodontitis ist auf ein multifaktorielles Geschehen zurückzuführen. Entscheidende Faktoren sind dabei pathogene Mikroorganismen, angeordnet in einer komplexen mikrobiellen Plaque (Lindhe&Nyman, 1975; Page&Kornman, 1997; Page&Schroeder, 1976; Sanz et al., 2020). Gefördert durch das feuchte Milieu der Mundhöhle und die zur Verfügung stehenden Metabolite können sich Bakterien vermehrt an der Zahnhartsubstanz anlagern, organisieren und einen Biofilm bilden (Mehrotra&Singh, 2020). Mineralische Speichelbestandteile können in gelöster Form zur Mineralisation des Biofilms führen und es entsteht Zahnstein. Bedingt durch mikrobielle Plaque und Zahnstein kann es zu Entzündungen der Gingiva und beim Übergreifen auf die tiefer gelegenen subgingivalen parodontalen Strukturen zu einer Parodontitis kommen (Akcali&Lang, 2018). Gerät die Ökologie der Mundhöhle also in Unordnung und entgleist das ausbalancierte Verhältnis oralen Biofilms und der Körperabwehr kann sich aus einer reversiblen Gingivitis eine irreversible Parodontitis mit Attachmentverlusten und Knochenabbau entwickeln (Loe et al., 1965; Marsh&Zaura, 2017). Das Ausmaß der Entzündungsreaktion und somit die Beeinflussung der Entstehung einer Parodontitis können durch genetische, epigenetische oder auch durch den Patienten veränderbare Faktoren (Tabak, Alkohol, Ernährung, nicht regulierter Diabetes, Stress) negativ beeinflusst werden (Kilian et al., 2016). Eine entzündliche Destruktion der betroffenen Gewebe wie bei einer Parodontitis ist im Gegensatz zur Gingivitis nicht mehr reversibel und wird unbehandelt schlussendlich zum Zahnverlust führen (Kebschull et al., 2020).

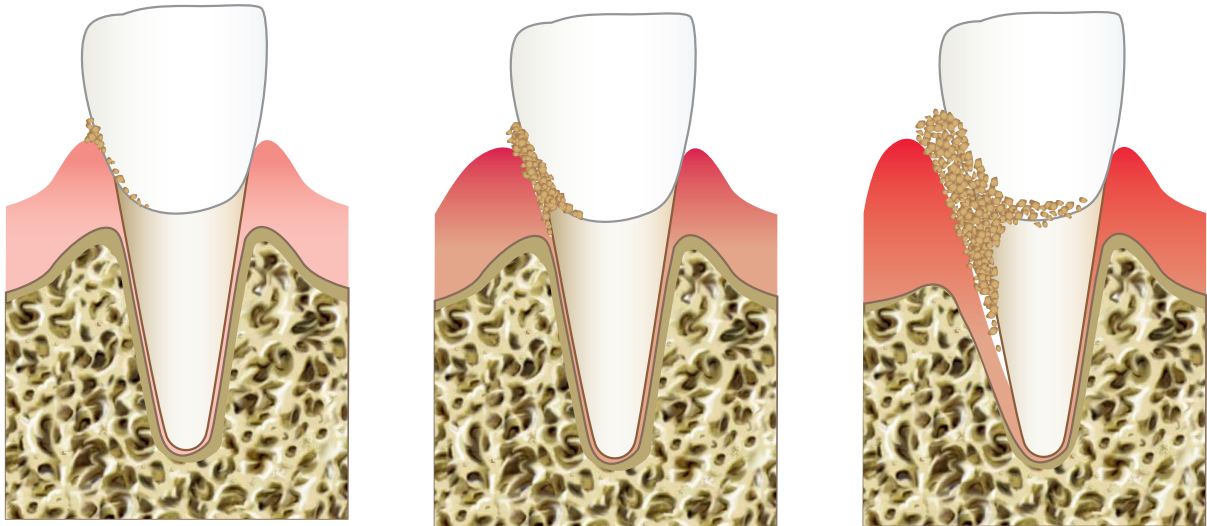


Abbildung 2: Von links nach rechts: Stadien der Entstehung einer Parodontitis von der primären Anlagerung von Mikroorganismen an der Zahnhartsubstanz, über die Ausbildung eines organisierten Biofilms mit anfänglicher Entzündungsreaktion bis zur Parodontitis mit starker Entzündungsreaktion und Zerstörung des parodontalen Gewebes (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontitistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).

1.3. Ablauf der Therapie einer Parodontitis

Das Ziel einer erfolgreichen Parodontitistherapie ist die Beendigung entzündlicher- und gewebsdestruktiver Prozesse sowie die Wiederherstellung und Stabilisierung eines gesunden Zustandes, um den langfristigen Zahnerhalt dauerhaft zu sichern (Loos&Needleman, 2020; Plagmann, 1998). Der Zustand der Dysbiose zwischen verschiedenen Bakterienspezies und die dadurch gesteigerte proinflammatorische Wirtsantwort soll beendet werden. Dementsprechend ist die parodontale Gesundheit als Symbiose zwischen oralem Biofilm und einer angemessenen Immunantwort definiert (Kilian et al., 2016). Offensichtlich erkennbar ist der gesunde Zustand durch das Fehlen einer klinisch nachweisbaren Entzündung (Chapple et al., 2018). Als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Therapie wird beschrieben, dass die Therapiemaßnahmen abhängig von Schweregrad und Umfang der Erkrankung schrittweise ausgewählt werden (Sanz et al., 2020). Nach dem Stufenkonzept werden in der modernen Parodontitistherapie vier Stufen mit entsprechenden Behandlungsschritten unterschieden. Die initiale Therapiephase umfasst die erste Stufe, Kontrolle des supragingivalen Biofilms und der Risikofaktoren sowie die zweite Stufe der subgingivalen Instrumentierung. Die dritte Stufe stellt eine eventuelle chirurgische Therapie dar. In der vierten Stufe wird der Patient in die unterstützende Therapie (UPT) übernommen (Kebuschull et al., 2021). Um den Erfolg oder

Misserfolg nach erfolgten Therapiemaßnahmen messbar zu machen, werden zu Beginn der Therapie zahlreiche klinische Parameter im Rahmen der Befunderhebung untersucht. Dazu gehört auch die Erhebung von Indizes, um beispielsweise durch Blutungsindizes den Grad der Entzündung der Gingiva zu beschreiben. Beispiele sind der Gingiva-Blutungs-Index (GBI), Papillen-Blutungs-Index (PBI) und *Bleeding on probing* (BOP). Außerdem sollten die Plaqueanlagerungen quantifiziert werden, beispielsweise mithilfe des *Plaque control record* (PCR) (Trombelli et al., 2018). Gemessen werden darüber hinaus die Sondierungstiefen (ST) an sechs Stellen pro Zahn, das *Clinical attachment level* (CAL), die Zahnbeweglichkeit, die Furkationsbeteiligung mehrwurzeliger Zähne und gingivale Rezessionen. Diese umfassende Erhebung klinischer Parameter und die röntgenologische Befundung ist die Grundlage der Beurteilung der Schwere und Progression der Erkrankung nach der neuen Klassifikation parodontaler Erkrankungen des Jahres 2018 (Tonetti et al., 2018).

1.3.1. Initiale Therapiephase: Professionelle Plaqueentfernung (PMR) und nicht chirurgische Parodontitistherapie (NSPT)

Eine wichtige Basis für ein langzeitstabiles Ergebnis der Parodontitistherapie stellt die Compliance des Patienten dar. Dazu tragen die individuelle Motivation des Patienten, Instruktionen für die Optimierung der häuslichen Mundhygiene sowie die Kontrolle beeinflussbarer lokaler und systemischer Risikofaktoren (Ernährung, Rauchen, allgemeine Erkrankungen) bei (Tonetti et al., 2015). Dennoch ist bei einem Parodontitispatienten die häusliche Mundhygiene nicht immer ausreichend und es muss ergänzend eine regelmäßige professionelle mechanische Plaqueentfernung durchgeführt werden (PMR) (Needleman et al., 2015). In dieser Therapiephase geht es vor allem um die Reduktion oder Entfernung supra- sowie subgingivaler Plaque (Biofilm) und von Zahnstein (Petersilka et al., 2002).

Verwendet wird in der zahnärztlichen Praxis eine Vielzahl an Hand- und maschinellen Instrumenten (Graetz et al., 2016; Laleman et al., 2017). Zahlreiche Studien, durchgeführt unter verschiedenen Bedingungen, haben ergeben, dass jedoch weder Hand- noch mechanische Instrumente bei der Entfernung subgingivaler Ablagerungen besser geeignet sind (Khosravi et al., 2004; Torfason et al., 1979; Tunkel et al., 2002). Aktueller Evidenz zufolge zeigen auch neuere Generationen maschineller Instrumente bisher keinen zusätzlichen Nutzen gegenüber Handinstrumenten, mit denen gleichermaßen gut instrumentiert werden kann (Walmsley et al., 2008). Zwar entfernen insbesondere Ultraschallinstrumente weniger

Wurzelstruktur als Handinstrumente (Graetz et al., 2015; Krishna&De Stefano, 2016), jedoch können auch maschinelle Instrumente wie ein Schallscaler eine raue Oberfläche hinterlassen (Benfenati et al., 1987; Graetz et al., 2017; Meyer&Lie, 1977). Somit sollten Kombinationen von Instrumenten zur Erzielung optimal glatter Wurzeloberflächen bei hoher Reinigungsleistung gewählt werden (Suppipat, 1974; Yan et al., 2020). Sind lediglich nicht mineralisierte Auflagerungen zu entfernen, sind speziell Ultraschallscaler mit regelbarer Schwingungsenergie oder PWS-Geräte mit niedrig-abrasiven Pulvern geeigneter. Steht die Entfernung massiver Konkreme im Vordergrund, sind Handinstrumente und Schallscaler mit hohen Abtragsraten effizienter. Der Schlüssel zum Erfolg liegt jedoch neben einer idealen Instrumentenkombination vor allem im Erkennen des Anforderungsprofils für die Instrumentierung (Graetz et al., 2016). Die Kombination von Hand- und maschinellen Instrumenten empfiehlt auch die aktuelle Leitlinie zur Parodontitistherapie basierend auf zahlreichen Studien (Sanz et al., 2020), unter anderem in Form der systematischen Übersichtsarbeit von Suvan et al. (2020). Wie in allen Phasen der Therapie wird eine möglichst vollständige Entfernung pathologischer Anlagerungen auf der Zahnhartsubstanz angestrebt, um die biologische Kompatibilität der Wurzeloberfläche (Graetz et al., 2015; Petersilka et al., 2002; Westfelt, 1996) wiederherzustellen und eine Wiederanlagerung der umliegenden Gewebe zu ermöglichen (Graetz et al., 2015; Khosravi et al., 2004; Takata, 1994).

1.3.2. Reevaluation

Einige Wochen bis maximal sechs Monate nach erfolgter subgingivaler Instrumentierung findet ein Termin zur Kontrolle statt (Sanz et al., 2020). Im Rahmen dieser Reevaluation werden erneut die klinischen Entzündungsparameter und Parameter gemessen, die die Destruktion des Zahnhalteapparates beschreiben. Es findet ein Vergleich mit den zu Beginn der Therapie gemessenen Werten statt. Danach wird festgelegt, ob weiterer Behandlungsbedarf besteht, beispielsweise aufgrund noch progredienter entzündlicher Prozesse oder des Vorhandenseins von Sondierungstiefen ≥ 4 mm. Bei Sondierungstiefen von 4–5 mm wird eine erneute subgingivale Instrumentierung empfohlen. Wenn die Sondierungstiefen noch ≥ 6 mm sind, sollte weiterführend eine korrektive Phase mit chirurgischen Maßnahmen erfolgen, um eine Wurzeloberflächeninstrumentierung unter Sicht oder eine resektive Maßnahme durchzuführen und subgingivale Bakterienansammlungen weiter zu eliminieren (Haffajee et al., 2006).

1.3.3. Korrektive (chirurgische) Phase

Die korrektive Phase umfasst Verfahren, mit denen die Auswirkungen der Parodontitis auf das parodontale Gewebe und die Zähne korrigiert werden können (Pihlstrom, 2001).

An die korrektive Therapiephase schließt sich eine erneute Reevaluation an. Als wichtige Komponente der korrektiven Phasen kann die Durchführung parodontaler Chirurgie erforderlich sein, um vollständige Entzündungsfreiheit herzustellen, und durch eine Zugangslappenoperation kann die direkte Reinigung der Wurzeloberfläche unter Sicht ermöglicht werden (Ramfjord&Nissle, 1974). Weiterführend können resektive Therapien notwendig sein (Kwon et al., 2020). Dies bedeutet einerseits, dass hyperplastisches Zahnfleisch entfernt oder auch osseoresektive Maßnahmen durchgeführt werden, um den Patienten eine verbesserte häusliche Mundhygiene zu ermöglichen. Andererseits schließt dies auch die Therapieformen mit Entfernung einzelner Wurzeln mehrwurzeliger Zähne z. B. aufgrund fehlendem knöchernem Attachment oder Karies oder aus endodontischen Gründen unter Erhalt des Restzahnes ein. Jedoch sollte, wie grundsätzlich bei jedem chirurgischen Eingriff, bedacht werden, dass Risiken bestehen. Diese können allgemeiner Natur sein, wie Schmerzen, Blutungen, Schwellungen, Rötungen, Wundinfektionen sowie postoperative Wundheilungsstörungen (Curtis et al., 1985; Pippi, 2017) oder auch spezifisch, wie Emphyseme oder Verbrennungen bei Eingriffen mit speziellen technischen Verfahren (z. B. Laserchirurgie, Elektrotomie, Pulver-Wasser-Strahlverfahren) (Bassetti et al., 2014; Schwenger&Ehrenfeld, 2019). Daher ist der erwähnte Wunsch eines minimal-invasiven Vorgehens und damit einhergehend der Verzicht auf chirurgische Verfahren nachvollziehbar. Die verbleibende Problematik bei nicht chirurgischem Vorgehen ist, dass beim Verfahren des konventionellen geschlossenen *Scaling and Root Planing* (SRP) die Identifizierung harter Auflagerungen durch den fehlenden Zugang stark eingeschränkt ist, vor allem bei tieferen parodontalen Taschen (Geisinger et al., 2007; Sherman et al., 1990). Der Behandler hat nur die Möglichkeit, die Konkreme mit der Spitze von Küretten, den maschinellen Scalerspitzen (Dentino et al., 2013; Drisko, 2001) oder speziellen Parodontalsonden (Osborn et al., 2014) taktil zu ertasten. Deshalb hängt der Erfolg der Detektion und erfolgreichen Entfernung subgingivaler Konkreme von den Erfahrungen oder dem Training der Behandler mit den entsprechenden Instrumenten sowie einem streng systematischen Vorgehen ab (Brayer et al., 1989; Graetz et al., 2015).

Unbestritten in der Fachliteratur ist, ein Verfahren zu verwenden, das die Visualisierung der subgingivalen Strukturen ermöglicht. Die Endoskopie als Kameratechnik ist in vielen Bereichen der Diagnostik und Chirurgie bereits ein Standardverfahren. Zur Anwendung kommen die Endoskope in der Diagnostik, beispielsweise in der Gastroenterologie für Untersuchungen der Speiseröhre oder des Magen-Darm-Traktes. Zudem machen Endoskope die sogenannte ‚Schlüssellochchirurgie‘ möglich, bei der durch einen minimalen Hautschnitt über kleinstmögliche Zugänge das Operationsgebiet beispielsweise in der Bauchhöhle erreicht werden kann.

Obwohl diese Verfahren schon lange bekannt sind (*Kiel School of Gynaecological Endoscopy*, 2021; Spaner&Warnock, 1997), wurde ein vergleichbares System für die Zahnmedizin, insbesondere den Teilbereich der Parodontologie, erst zur Zeit der Jahrtausendwende entwickelt (Geisinger et al., 2007). Seither gibt es Bestrebungen, den Nutzen und Aufwand bei Verwendung eines solchen parodontalen Endoskopes (PE) wissenschaftlich zu untersuchen (Kuang et al., 2017). Auffällig ist, dass trotz dieser Bemühungen der Wissenschaft kaum Hinweise auf eine Verbreitung der Technik in der Praxis gefunden werden, weshalb angenommen werden muss, dass sich die Verwendung des PE auf wenige spezialisierte Praxen oder Forschungsinstitute beschränkt. Die Ursachen dafür sind vielfältiger Natur: die notwendige Investition, die ein Praxisinhaber tätigen muss; der Faktor Zeit; das benötigte Training sowie die Notwendigkeit der Veränderung von Praxisabläufen (Kwan, 2005). Im Unterschied zu den meisten mit einem Endoskop durchgeführten medizinischen Eingriffen erfolgt die parodontale Endoskopie lediglich unter lokaler Anästhesie der zu behandelnden Zahnregion. Der Behandler ist somit während der Behandlung direkt mit den Reaktionen, Bewegungen und möglichen Schmerzen des Patienten konfrontiert. Relevant ist deshalb, dass der Behandler auch die Wahrnehmung des Geräts durch die Patienten kennt (Pope&Blue, 2014).

Schlussendlich müssen nicht nur aus medizinischer Sicht, sondern auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive die Vorteile beziehungsweise die Effizienz der Behandlung mit dem Endoskop den erhöhten Mehraufwand ausgleichen. Nur dann hat die Verwendung des PE eine Chance, in der Zahnmedizin allgemein akzeptiert zu werden.

Werden die bisherigen Therapiemaßnahmen als erfolgreich bewertet, ist zur Sicherung eines langfristigen Therapieerfolgs eine entsprechende Nachsorge unerlässlich (Axelsson&Lindhe, 1981). Diese findet im Rahmen der unterstützenden Parodontitistherapie (UPT) statt. Die

Regelmäßigkeit der Sitzungen im Rahmen der UPT ermöglicht ein schnelles Handeln bei erneut auftretenden entzündlichen Prozessen, weshalb das Intervall der Sitzungen anhand des Risikoprofils des Patienten individuell festgelegt wird (Lang&Tonetti, 2003; Petsos et al., 2017).

1.4. Aufbau des Curriculums im zahnmedizinischen Studium im Funktionsbereich

Parodontologie der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universität Kiel

Basierend auf der noch gültigen Approbationsordnung des Jahres 1983 gliederte sich das bisherige zahnmedizinische Studium in zwei große Studienabschnitte (Approbationsordnung für Zahnärzte, 1983), die Vorklinik und die Klinik. Im Rahmen des vorklinischen Abschnitts liegt der Schwerpunkt auf der Vermittlung naturwissenschaftlicher und anatomischer Inhalte sowie den Grundkenntnissen in der Zahnersatzkunde. Mit Anfang des sechsten Semesters beginnt der klinische Abschnitt. Gelehrt wird den Studierenden neben der Zahnersatzkunde, Kieferorthopädie und Chirurgie auch die Zahnerhaltungskunde, die neben der Kinderzahnheilkunde auch das Fach Parodontologie umfasst (Approbationsordnung für Zahnärzte, 1983). Die Grundsätze über den Aufbau des zahnmedizinischen Studiums sind an allen deutschen zahnmedizinischen Fakultäten identisch, es bestehen lediglich Abweichungen in der Reihenfolge und in spezifischen Inhalten der Lehrveranstaltungen, bedingt dadurch, dass unterschiedliche Schwerpunkte an den Standorten gesetzt werden.

Entsprechend der geltenden Approbationsordnung für das Fach Zahnmedizin muss der Studierende der Zahnheilkunde im Fachbereich Parodontologie nachweisen, dass er sowohl theoretisch als auch praktisch in der Lage ist, einen Krankheitsfall auf diesem Gebiet beurteilen zu können und mit der Planung und den Methoden der Behandlung einer Parodontopathie vertraut ist (Approbationsordnung für Zahnärzte, 1983; Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Zahnmedizin, 2015). Im Folgenden wird der Ablauf der curricularen Ausbildung im Fachbereich Parodontologie der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Kiel konkret dargestellt. Die Ausführungen beziehen sich auf die Universität Kiel und die zum Zeitpunkt der Studie geltende Approbationsordnung (AO) vom 25.02.1983 (Approbationsordnung für Zahnärzte, 1983).

1.4.1. Theorie in der studentischen Ausbildung

In Lehrveranstaltungen, Vorlesungen sowie Seminaren wird den Studierenden das theoretische Wissen im Fach Parodontologie vermittelt. Die Veranstaltungen mit Seminaren und Vorlesungen finden in den Semestern sechs, sieben, acht und zehn in Form eines Blockseminars vor dem Staatsexamen statt. Zusätzlich wird zum Ende der Semester sechs, sieben und acht eine Lernerfolgskontrolle in Form einer schriftlichen Klausur durchgeführt (Studienordnung für Studierende des Studiengangs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde an der CAU Kiel, 2020).

1.4.2. Praxis in der studentischen Ausbildung

Die theoretischen Lehrveranstaltungen werden durch praktische Kurse ergänzt. Zu Beginn (sechstes und siebtes Semester) werden die Kurse an Phantomeinheiten und anschließend in Form gegenseitiger Maßnahmen unter den Studierenden durchgeführt. Auf diese Weise lernen und trainieren die Studierenden zunächst den Umgang mit Hand- und maschinellen Instrumenten für die Wurzeloberflächenbearbeitung. Im achten Semester folgt die Behandlung von Patienten mit Parodontitis im Rahmen eines praktischen Behandlungskurses (Studienordnung für Studierende des Studiengangs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde an der CAU Kiel, 2020).

1.4.3. Lernmethoden und Lernstile in der Hochschullehre

Wenn es um das „Lernen im Erwachsenenalter geht, kann Lehren nur darin bestehen, Angebote zum Lernen zu machen und Erfahrungsmöglichkeiten bereitzustellen“ (Reinmann-Rothmeier&Mandl, 1997). Jedoch gibt es verschiedene Ansätze, zu unterrichten, um bestimmte Ziele zu erreichen. Die traditionelle Vermittlungsdidaktik, also die reine Übertragung von Fakten durch Vorträge, Lesungen und Klausuren, wie sie das klassische Pädagogik-Modell vorsieht, wird in der Erwachsenenbildung wenig akzeptiert (Knowles, 1980). Hierbei geht die Tendenz immer mehr in Richtung einer handlungsorientierten Didaktik an den Hochschulen (Pfäffli, 2015). Erwachsene erwarten in der Regel ein größeres Lehrangebot und wollen neben reiner Wissensvermittlung praktische Erfahrungen sammeln, um ihre Lernerfahrungen zu steigern (Knowles, 1980). Der stetige Zuwachs an praktischen Erfahrungen ist insbesondere in der Zahnmedizin unerlässlich, damit aus forensischer Sicht gewährleistet werden kann, dass es bei der Instrumentierung in der Mundhöhle zu keiner

Schädigung gesunder Strukturen kommt und die Wirksamkeit und Reinigungseffektivität des SRP stets optimiert wird. Für die Gestaltung der Lerneinheiten sind folgende Lernstile verbreitet: visuell, auditiv, schreiben/lesen und kinästhetisch (Lorenzo&Lorenzo, 2013; Lujan&DiCarlo, 2006). Studien haben gezeigt, dass Medizin- und Zahnmedizinstudierende es vorziehen, mit mehreren Arten von Stilen zu lernen (Aldosari et al., 2018; Asiry, 2016; Lujan&DiCarlo, 2006). In der Studie von Lujan und DiCarlo (2006) wurde der bevorzugte Lernstil von Medizinstudierenden untersucht (n = 166). Es wurde festgestellt, dass nur 36,1 % der Studierenden einen einzelnen Stil bevorzugten und 63,8 % es vorzogen, mit mehreren Stilen parallel zu lernen. Wird das Erlernen der Wurzeloberflächeninstrumentierung im Rahmen der Parodontitistherapie betrachtet, nutzen Studierende der Zahnmedizin mindestens zwei der Lernmodalitäten. Der erste ist der kinästhetische oder auch taktile Lernstil. Konkremete müssen ertastet werden, um sie von rauen Wurzeloberflächen oder anatomischen Wurzelstrukturen zu unterscheiden und letztendlich auch entfernen zu können. Zweitens wird visuelles Lernen genutzt, indem der Studierende sein Vorgehen während der Instrumentierung beobachtet. Die Kombination der Lernstile kann helfen, die oben genannten erforderlichen Fähigkeiten zu verbessern und entsprechende Kompetenzen zu vermitteln. Die Verwendung eines dentalen Endoskops könnte eine Ergänzung für die Kombination verschiedener Lernstile sein, um Studenten in einer aktiven, lernorientierten Umgebung auszubilden, die den Studenten in den Lernprozess einbindet. Es gibt bereits zahlreiche Studien, die sich mit spezifischen Lernprogrammen für die Wurzeloberflächeninstrumentierung und den jeweiligen Vor- und Nachteilen beschäftigt haben (Gartenmann et al., 2019; Graetz et al., 2021; Heym et al., 2016; König et al., 2002). Studien zu spezifischen Schulungsprogrammen für die Verwendung eines dentalen Endoskops fokussierten sich bisher meist auf bereits erfahrene Behandler (Geisinger et al., 2007). Die Studie einer Kieler Arbeitsgruppe um PD Dr. Graetz untersuchte die Verwendung eines dentalen Endoskops im Rahmen der Hochschullehre (Schorr, 2020). Studienteilnehmer waren Zahnärzte sowie Dentalhygieniker. Einer von mir durchgeführten Literaturrecherche englisch und deutschsprachiger Publikationen am 15.03.2019 (wiederholt am 02.06.2021) zufolge gibt es jedoch bisher kein Schulungsprogramm, das den Einsatz eines dentalen Endoskops in der Hochschullehre speziell in Studierendenkursen der Zahnheilkunde vorsieht. Deshalb sollen in der der Dissertation zugrundeliegenden Studie die möglichen Vorteile des Einsatzes eines

dentalen Endoskops speziell in Studierendenkursen der Zahnmedizin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel bewertet werden.

2. Ziele und Fragestellungen

Die der Dissertation zugrundeliegende klinische Evaluationsstudie, konzipiert als kontrollierte klinische *Splitmouth*-Pilotstudie, sollte dazu dienen, herauszufinden, ob ein routinemäßiger Einsatz eines dentalen Endoskops in der nicht chirurgischen Parodontitistherapie (1.) im zahnärztlichen Curriculum hilft, die Ausbildung zu verbessern und (2.) für die Praxis eine sinnvolle Ergänzung zur Reduktion weiterführender chirurgischer Therapiemaßnahmen darstellt.

Primär wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich durch die zusätzliche subgingivale Visualisierungsmöglichkeit mit einem dentalen Endoskop die Wahrnehmung der Studierenden der Zahnmedizin für das Krankheitsbilds Parodontitis verändert und sich ihre Instrumentierungsfähigkeiten unter anderem durch die Ergänzung der Lernstile mit einer visuellen Komponente verbessern. Um dies objektiv beurteilen zu können, war von besonderem Interesse, ob eine von Studierenden mit dem dentalen Endoskop unterstützte (unter Supervision erfahrener Kursassistenten) nicht chirurgische Parodontitistherapie (4 ± 1 Monat) zu signifikant besseren klinischen Ergebnissen in Bezug auf den BOP-Index, die Sondierungstiefen (Δ ST in mm) und den klinischen Attachmentlevel (Δ CAL in mm) führt, sodass die Notwendigkeit nachfolgender chirurgischer Therapiemaßnahmen reduziert wird. Darüber hinaus sollte in der Studie beurteilt werden, ob im Rahmen einer Behandlung unterstützt durch das PE im Vergleich zu einer Behandlung ohne das Gerät mehr harte Auflagerungen subgingival detektiert werden können. Abschließend sollte auch der Faktor der Behandlungsdauer (t in Minuten) untersucht werden, wobei angenommen wird, dass die Verwendung des PE einen erheblichen zeitlichen Mehraufwand darstellt.

3. Material und Methode

3.1. Dentale Endoskopie

Dentale Endoskope als unterstützendes technisches System für die Behandlung parodontaler Erkrankungen dienen primär der Abbildung der subgingivalen Umgebung auf einem Bildschirm (Kuang et al., 2017). In der Studie wurde das dentale Endoskop (PE) der Firma *Zest Dental Solutions (Perioscopy®)*, *Danville Materials, Zest Dental Solutions, CA, USA*, in Deutschland vertrieben von *Sigma Dental-Systems – EMASDI GmbH* (Handewitt, Deutschland), verwendet. Es besteht aus einer Sonde, ausgestattet mit einer kleinen CCD/LED-Kamera für die Live-Darstellung auf dem angeschlossenen LCD-Monitor; umhüllt mit einer Schutzhülle als sterile Barriere zwischen Endoskop und Patient, LED-Lichtleiterfasern für die Ausleuchtung des Arbeitsfeldes sowie eine peristaltische Pumpe, um durch Spülflüssigkeit (Wasser) das Arbeitsfeld sauber zu halten (Stambaugh et al., 2002). Die Steuerung der Pumpe erfolgt durch Bedienung eines Fußanlassers. Der kontinuierliche Fluss von Wasser in die Zahnfleischtasche dient zum einen dem Ausspülen loser Partikel und zum anderen sorgt der Wasserdruck für die Verdrängung des Gewebes und verhindert, dass etwaige Blutungen oder Weichgewebe zu einer Sichteinschränkung führen (Kuang et al., 2017).

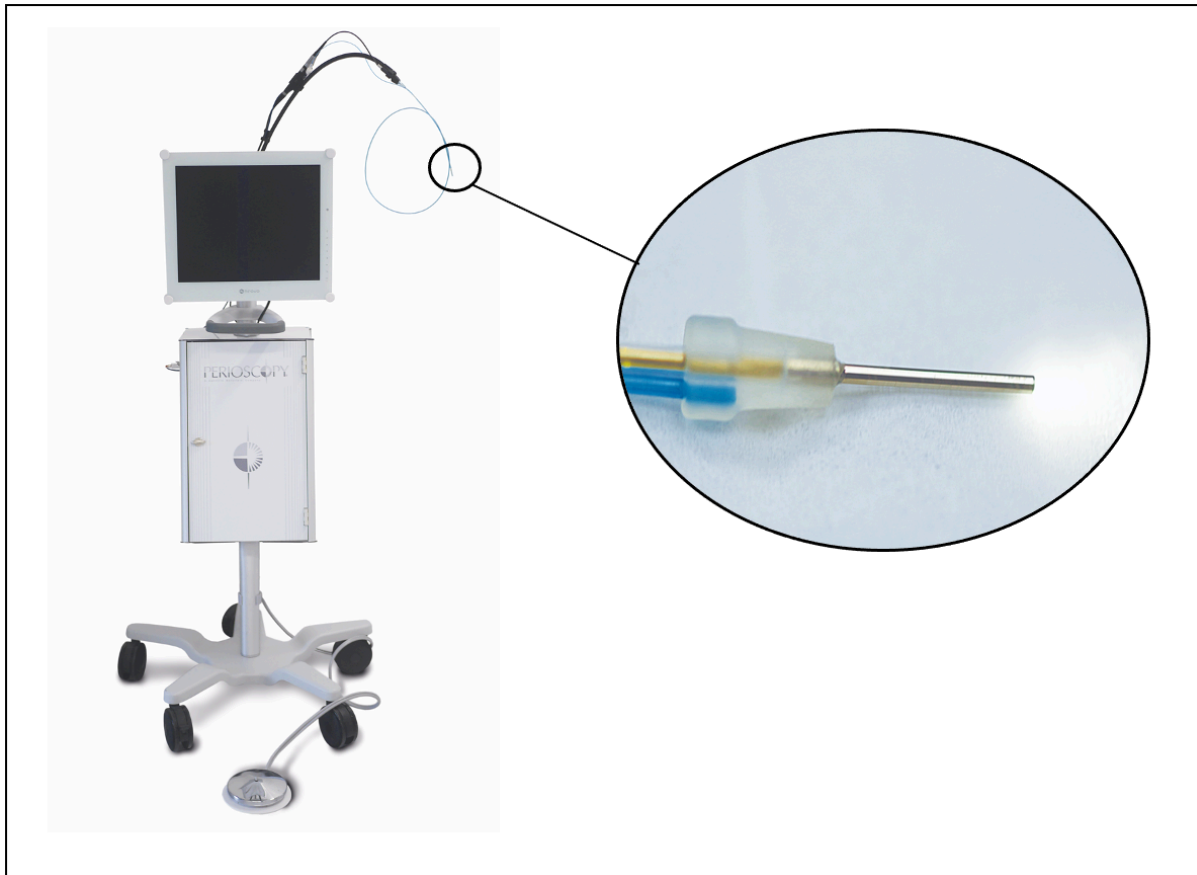


Abbildung 3: Links: Perioscopy ©-Einheit. Rechts: Faseroptische Einheit in steriler Schutzhülle mit abgeschlossenem Wasserleiter. (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontitistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).

3.2. Funktionsprinzip der faseroptischen Einheit

Faseroptische Endoskope umfassen dünne Glasfaserbündel, die sowohl Licht als auch Bilder übertragen. Die räumliche Faseranordnung muss konstant kohärent erfolgen, sowohl am Eintrittsende als auch am Austrittsende des Lichtleiters (Stambaugh et al., 2002). Die einzelnen Fasern haben einen Durchmesser von etwa 10–80 μm mit unterschiedlichen Brechungsindices. Im Inneren befindet sich ein Kernglas mit hohem Brechungsindex, während die Fasern mit einem dünnen Mantelglas mit geringerem Brechungsindex überzogen sind. Die Weiterleitung des Lichtes und der Bilder folgt dem Prinzip der Totalreflexion (Stambaugh et al., 2002). Der Lichtleiter hat einen Gesamtdurchmesser von 1 mm, eine Länge von 1 mm und

setzt sich aus 19 einzelnen LED-Lichtleiterfasern als Lichtquelle, die am Eintrittsende der optischen Einheit lokalisiert sind, sowie einem 10-Megapixel-Bildleiter¹ zusammen.

Für die Einführung der optischen Einheit des PE in den Zahnfleischsulkus kommen verschiedene abgewinkelte Instrumente (sogenannte Explorer) zur Anwendung (Abb.4). Diese schirmen zusammen mit einem Schild das Epithel des Zahnfleisches mechanisch vom Lichtleiter ab, wodurch die Sicht auf die Wurzeloberfläche in einem Winkel von circa 70° in der Luft ermöglicht wird. Durch die Anwesenheit von Wasser wird dieser Winkel aufgrund des Brechungsindex auf 53° verkleinert (Stambaugh et al., 2002). Der Abstand zwischen der Linse des Endoskops und der Schneidkante der Kürette beträgt 4,5 mm. In der Ebene der Schneidkante ist das Sichtfeld also ein Kreis mit dem Durchmesser $2 * (4,5 * \tan [53/2]) = 4,5$ mm. Dies variiert mit unterschiedlichen Abständen zum Endoskopobjektiv. Das Endoskop ist so eingestellt, dass in der Luft ein Feld zwischen 1,8 mm und etwa 5 mm im Fokus ist. Unter Wasser ändert sich dies auf $1,8 * 1,33$ bis $5 * 1,33 = 2,4$ mm bis 6,6 mm. Folglich variiert die Möglichkeit der Fokussierung und somit scharfen Darstellung im Durchmesser von 2,4 bis 6,6 mm (Stambaugh et al., 2002).

Durch die CCD/LED-Kamera erfolgt die Digitalisierung der analogen Bilddaten, sodass eine Live-Bildgebung auf dem Monitor mit 24- bis 48-facher Vergrößerung möglich ist (Kwan, 2005). Das Arbeiten mit dem Endoskop erfordert eine Zwei-Hand-Technik, bei der die nicht dominante Hand das Endoskop führen soll, während mit der anderen unter direkter Sicht auf der Wurzeloberfläche instrumentiert werden kann (Kwan, 2005).

¹ Herstellerangaben unter: <https://www.zestdent.com/media/pdf/Brochures/periocopy/periobr-2015.pdf> (Version online abgerufen am 17.08.2021)

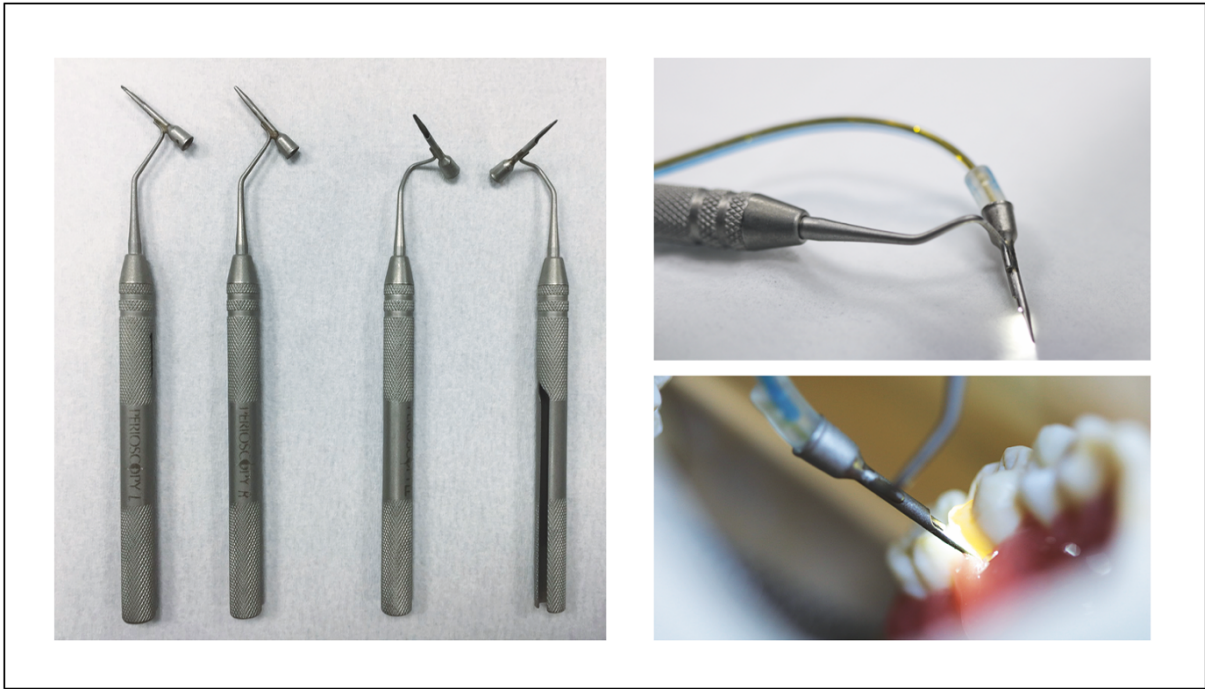


Abbildung 4: Links: Vier verschiedene Explorierer, unterschiedlich stark abgewinkelt, jeweils für die Bearbeitung der rechten oder linken Seite des Ober- und Unterkiefers. Oben rechts: Faseroptische Einheit adaptiert an Molaren-Explorer. Unten rechts: Demonstration der Arbeitsweise mit der PE-Sonde, die in den Sulkus eingeführt wird (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).

3.3. Versuchsaufbau

Die klinische Evaluationsstudie, die die Verwendung des PE umfasst, wurde im Rahmen des Kurses für die „Parodontalbehandlung Teil II“ durchgeführt. Die Probanden der Studie waren Studierende der Zahnmedizin im achten Semester, die als Bestandteil ihrer curricularen Ausbildung eine nicht chirurgische Parodontistherapie am Patienten durchführen. Folgende Instrumente wurden verwendet: Gracey-Küretten (*American Eagle Instruments*, Missoula, MT, USA) mit regulären und kleinen Schneiden 5/6, 7/8, 11/12 und 13/14; ein Schallscaler (*Synea, W & H*, Bürmoos, Österreich). Der Schallscaler, betrieben durch Druckluft des Turbinenantriebs der dentalen Einheit (*ESTETICA-E70-Vision-Einheit*, Kavo, Biberach, Deutschland), wurde entsprechend der Herstellerempfehlungen auf Level 2 („Medium Amplitude“) in Kombination mit Wasserkühlung und einem geraden Slimline-Ansatz (*1AP, W&H*, Bürmoos, Österreich) mit rundem Querschnitt verwendet. Allen Studienteilnehmern wurde die gleiche Auswahl an Instrumenten zur Verfügung gestellt, wobei die Küretten jeweils vor Kursbeginn aufgeschärft worden waren.

3.4. Training der Probanden

Zu Beginn der Studie wurde eine Informationsveranstaltung für alle Studierenden des achten Semesters durchgeführt, in deren Rahmen über die Studie als solche und ihren Ablauf aufgeklärt wurde. Das Einverständnis der Studierenden zur Teilnahme an der Studie erfolgte schriftlich. Zur Durchführung der Studie im Rahmen der Lehre in der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel lag das benötigte positive Ethikvotum unter dem Aktenzeichen AZ452/18 vor.

Alle Studienteilnehmer (n = 20) haben im Rahmen des Kurses für die „Parodontalbehandlung Teil I“ ein universitäres Trainingsprogramm durchlaufen, um den Umgang mit Hand- und maschinellen Instrumenten, durchgeführt am Phantomkopf, zu erlernen (Plagmann&Rühling, 2004). Das Trainingsprogramm sollte den Studierenden ein systematisches Vorgehen im Rahmen der Wurzeloberflächeninstrumentierung vermitteln. Mit den Handinstrumenten wurden 32 und mit dem Schallscaler 24 Arbeitsschritte durchgeführt (Graetz et al., 2014). Unterstützt wurden die Studierenden durch betreuende Kursassistenten, die die Anleitung und Kontrolle des Trainingsprogramms durchführten.

3.4.1. Beschreibung der Kurspatienten

Regulär wird für die Behandlung im Studentenkurs bei jedem Patienten eine ausführliche allgemeinmedizinische und zahnärztliche Anamnese durchgeführt. Zudem erfolgt eine Aufklärung aller Patienten über Ablauf, Umfang und Durchführung der studentischen Behandlung am Universitätsklinikum. Erst nach schriftlicher Einwilligung in die studentische Behandlung im Rahmen der antiinfektiösen Therapiephase findet die Aufnahme in den Studentenkurs statt. Für die studentische Behandlung mit dem dentalen Endoskop wurden vorab folgende Kriterien definiert: (1) das Patientenalter ≥ 18 bis ≤ 70 Jahre zu Beginn der Parodontitistherapie; (2) eine generalisierte Parodontitis Stadium III oder IV, Grad A, B oder C (30 % oder mehr Zähne mit Sondierungstiefen von ≥ 6 mm); (3) Patient hat $n \geq 16$ behandelbare Zähne oder mehr, ohne Wurzelkaries und Sondierungstiefen von ≥ 4 mm; (4) die terminliche Verfügbarkeit des Patienten für die NSPT und Reevaluation innerhalb der nächsten ≤ 6 Monate war gegeben; (5) keine körperlichen oder mentalen Beeinträchtigungen des Patienten; (6) keine Medikamenteneinnahme mit Einfluss auf die Speichelsekretion; (7) der Patient hat keine speziellen Diätvorschriften zu befolgen.

Patienten wurden nicht mit dem Endoskop behandelt, wenn (1) weitere Erkrankungen der Mundhöhle über die Parodontitis hinaus bestanden (Formen der akut nekrotisierenden ulzerierenden Parodontitis oder lediglich eine Parodontitis der Stadien I und II; (2) der Patient an systemischen Erkrankungen leidet, die die Therapieerfolge beeinflussen könnten (e. g. ein nicht optimiert eingestellter Diabetes mellitus, ein Tumor des oralen Hart- oder Weichgewebes) oder wenn es spezieller Maßnahmen beim Patienten bedarf, wie einer Endokarditisprophylaxe; (3) wenn der Patient bereits innerhalb der letzten zwölf Monate jegliche Art von Behandlung gegen die parodontale Erkrankung erhalten hat, einschließlich einer professionellen Zahnreinigung; (4) wenn wissentlich eine Schwangerschaft bestand oder gestillt wurde; und (5) wenn die Einwilligung in die Behandlung mit dem PE innerhalb des Studentenkurses nicht gegeben wurde. Von den ursprünglich 23 Parodontitispatienten konnten 20 über den gesamten Beobachtungszeitraum nachverfolgt werden.

3.4.2. Durchführung im Rahmen der studentischen Patientenbehandlung

In den studentischen Kursen behandeln jeweils zwei Studierende gemeinsam als Team in einer Behandlungsbox, einer in der Rolle als Behandler und der andere als Assistent. Die Betreuung erfolgt durch Kursassistenten mit mehrjähriger klinischer Erfahrung im Fachbereich Parodontologie. Jeder Patient erhielt durch den behandelnden Studierenden am ersten Behandlungstag eine professionelle Zahnreinigung und es wurde ein umfangreicher Parodontalstatus (Sondierungstiefen, Bluten auf Sondieren, Clinical Attachment Level, Margo Gingivae, Furkationsgrad, Zahnbeweglichkeit) erhoben. Zur Sicherung der Vergleichbarkeit folgten die Studierenden dem in der zur Verfügung gestellten Kursmappe festgelegten Behandlungsablauf. Anschließend erfolgte die Überprüfung der dokumentierten Werte durch den zuständigen Kursassistenten. Dieser Termin stellte den Baselinetermin (T0) der Evaluation dar. Am folgenden Kurstag begann die subgingivale Instrumentierung und die Reihenfolge der zu behandelnden Kieferquadranten erfolgte in zuvor randomisierter Reihenfolge. Die Studierenden instrumentierten die Wurzeloberfläche der erkrankten Zähne mit Gracey-Küretten 5/6, 7/8, 11/12 und 13/14 (*American Eagle Instruments*, Missoula, MT, USA) in regulären und kleinen Größen sowie dem Schallscaler (*Synea, W&H*, Bürmoos, Österreich) auf Stufe 2 („mittlere“ Amplitude) mit gerader, schlanker Spitze und rundem Querschnitt (*1AP, W&H*, Bürmoos, Österreich). Anschließend wurde die Arbeit der Studierenden durch den zuständigen Kursassistenten kontrolliert und gegebenenfalls erfolgte eine Nachbehandlung.

Die Randomisierung legte jeweils fest, in welchen zwei diagonal zueinander liegenden Quadranten die Effektivitätskontrolle der Instrumentierung jeweils durch die Verwendung des PE (Testquadranten) unterstützt oder ohne PE durchgeführt wird (Kontrollquadranten). An den folgenden Behandlungstagen wurden die übrigen Quadranten nach demselben Verfahren behandelt. Nach 4 ± 1 Monaten fand ein Reevaluationstermin (T1) mit dem Fokus der erneuten Bewertung der klinischen Parameter statt. Darüber hinaus wurde wiederholt auf verbliebene Konkremete untersucht. Die Kontrolltermine wurden jeweils durch einen anderen Kursassistenten durchgeführt, der verblindet gegenüber der ersten Behandlung war. Dementsprechend bestand keine Kenntnis darüber, ob mit oder ohne das PE (nPE) behandelt wurde.

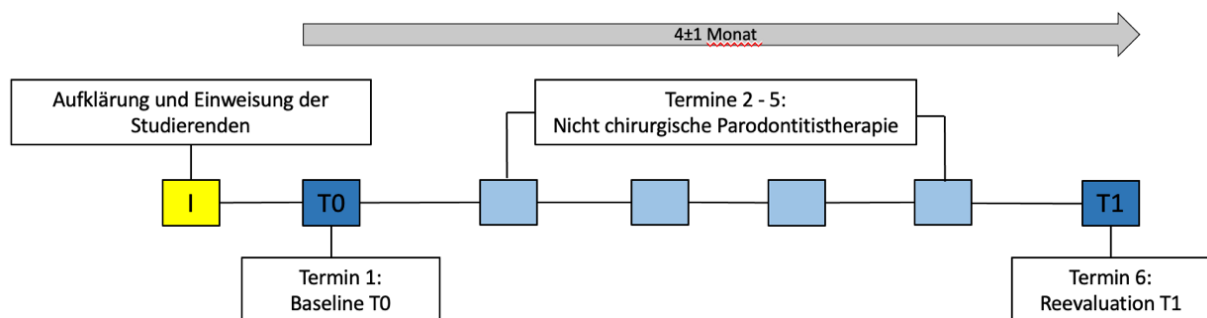


Abbildung 5: Ablauf der Studie im Rahmen des klinischen Abschnittes des Studentenkurses



Abbildung 6: Studentische Probandin und betreuender Kursassistent bei der Behandlung mit dem Perioscopy©

3.4.3. Erfassung der Probandenerfahrungen

Zum Ende des Kurses wurden die Studienteilnehmer, die übrigen Studierenden des achten Semesters und die betreuenden Kursassistenten gebeten, einen Fragebogen auszufüllen. Die Fragen basierten auf den Fragebögen von zwei bereits publizierten Studien zum Erlernen verschiedener Techniken zur Wurzeloberflächenbearbeitung (Graetz et al., 2021; Seidel et al., 2020), zur Handhabung eines dentalen Endoskops und zum individuellen Empfinden der Effizienz und Qualität der eigenen Arbeit, mit und ohne PE (Graetz et al., 2020). Die Fragen können somit als validiert betrachtet werden, wobei für die vorliegende Untersuchung anstatt einer Unterscheidung der Fragen nach verschiedenen Instrumenten eine Differenzierung hinsichtlich der zusätzlichen Verwendung eines PE versus ohne nPE erfolgte. Außerdem wurde ermittelt, ob Berufserfahrung oder ein (zahn-)medizinischer Hintergrund vorhanden ist und ob während der Patientenbehandlung das *Perioscopy*® verwendet wurde.

Der Fragebogen wurde individuell unter Verwendung einer Gradeinteilung von Grad 1 (trifft nicht zu) bis Grad 5 (trifft zu) ausgefüllt. Ziel war es, herauszufinden, ob und inwiefern die Behandlung mit und ohne PE die Effizienz und Qualität der Therapie sowie das individuelle Empfinden der Teilnehmer beeinflusst hat. Zu beantworten waren folgende Fragen: inwiefern sie die Ätiologie parodontaler Erkrankungen verstanden haben und nachvollziehen können; ob es ihnen nach dem Absolvieren des Kurses leichter fiel, die parodontale Krankheitsaktivität individuell zu beurteilen und es ihnen möglich erscheint, diese bei der Auswahl von Therapiemaßnahmen zu berücksichtigen; ob die Einschätzung von Ausmaß und Schwere der Gewebsdestruktion erleichtert wurde; ob die Anatomie und die Morphologie subgingivaler Strukturen (e. g. Wurzeleinziehungen, Furkationsbeteiligung, subgingivale Kronenränder etc.) begreifbarer wurden und ob es den Teilnehmern leichter fiel, die am Phantomkopf erlernten Techniken zur Reinigung der Wurzeloberfläche auf die Patientenbehandlung zu übertragen. Zudem wurde gefragt, ob die Studierenden am Kursende das Gefühl hatten, die Schwierigkeit der Reinigung der kompletten Wurzeloberfläche besser beurteilen und bewältigen zu können. Die betreuenden Kursassistenten wurden aufgefordert, den Fragebogen dahingehend zu beantworten, ob sie der Meinung sind, dass sich die Verwendung des PE durch die Studierenden entsprechend positiv auf die jeweiligen Fragestellungen ausgewirkt hat.

3.4.4. Erfassung der Patientendaten

Für die Erhebung der sekundären Faktoren haben die Studierenden die klinischen Parameter BOP, ST sowie das CAL bestimmt und im Programm *Pro X Dent* (Crosssoft, Offenbach, Deutschland) jeweils zum Zeitpunkt T0 und T1 dokumentiert. BOP wurde an sechs Flächen am Zahn nach Messung der Taschentiefen mit einer parodontalen Sonde erhoben². Das *Clinical Attachment Level* (CAL) wurde dabei aus dem gemessenen Wert der Sondierungstiefe und der Distanz der Schmelzzementgrenze zum Gingivarand berechnet. Alle drei Parameter wurden für die Zähne beider Gruppen mit und ohne PE erhoben.

Die Dokumentation der verbliebenen subgingivalen Konkremete entsprechend der jeweiligen Zahnfläche wurden vom assistierenden Studierenden auf einem vorgefertigten Befundbogen eingetragen. Die Konkremete wurden dann in ein grafisches Zahnschema auf dem Befundbogen eingezeichnet. Evaluiert wurden jeweils sechs Flächen am Zahn durch einen Behandler mit mehrjähriger klinischer Erfahrung, der für die Nutzung des PE ausgebildet

² PCPUNC15, Hu-Friedy, Chicago, IL, USA

war. Im Rahmen der Kontrolle der Quadranten, die ohne PE behandelt wurden, haben die Behandler zusätzlich eine Lupenbrille verwendet. Dokumentiert wurde darüber hinaus, ob mit oder ohne PE behandelt wurde, welcher Kursassistent die Behandlung durchgeführt hat, sowie die Behandlungsdauer, die für alle Zähne eines Quadranten unter Berücksichtigung der Zeit für den Instrumentenwechsel benötigt wurde. Zur Analyse der Behandlungsdauer und der voraussichtlichen Lernkurve der Behandler wurde eine Einteilung in die Behandlungsgruppen 1, 2 und 3 vorgenommen.

Sämtliche Daten wurden in einer Tabelle in *Microsoft Excel* (*Microsoft Corporation*, Redmond, WA, USA) pseudonymisiert erfasst. Jeweils für T0 und T1 wurden die Gesamtanzahl der Zähne, die Anzahl der jeweils mit PE und ohne PE (nPE) behandelten Zähne, der jeweilige Zahntyp (einwurzelig und mehrwurzelig), noch vorhandene Konkrementen mit der entsprechenden Flächenangabe (mesiovestibulär, zentralvestibulär, disto-vestibulär, distopalatinal/lingual, zentralpalatinal/lingual, mesiopalatinal/lingual), die Sondierungstiefe, Blutung auf Sondieren, Zahnlockerung, Rezessionen, Furkationsbeteiligung, Behandlungsdauer und der Behandler dokumentiert. Aus den vorhandenen Angaben ergaben sich weitere Daten: CAL und die Anzahl der verlorenen Zähne im Zeitraum von T0 bis T1. Zudem wurden in der Tabelle anamnestische Angaben der Patienten dokumentiert: das Geschlecht, das Alter, Raucher ja/nein, die Anzahl der Zigaretten pro Tag, Diabetes ja/nein und das individuelle Stadium und der Grad (Tabelle 3).

3.4.5. Datenanalyse und Statistische Auswertung der Patientendaten

Die Festlegung der Test- und Kontrollquadranten sowie der Behandlungsreihenfolge der Kieferquadranten erfolgte bei jedem Patienten randomisiert über die Funktion ‚Zufallsbereich‘ in *Microsoft Excel* (*Microsoft Corporation*, Redmond, WA, USA). Die statistische Analyse wurde mehrstufig auf Zahnoberflächen- und Patientenebene mit der Software *SPSS Statistics 24* (*IBM*, Chicago, USA) durchgeführt. Eine Normalverteilung der Daten wurde zuvor mittels Kolmogorov-Smirnov- und Shapiro-Wilk-Test überprüft. Da die Daten für den BOP, die ST und das CAL an T0 und T1 auf Zahnoberflächenebene nicht normal verteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test / Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,001$ / $p < 0,001$), wurde die Veränderung von T0 zu T1 innerhalb einer Gruppe mittels eines nicht parametrischen Wilcoxon-Tests ermittelt. Anschließend wurden Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mit und ohne Endoskop jeweils am Baselinetermin (T0) und zum Zeitpunkt der Reevaluation

(T1) mittels eines Mann-Whitney-U-Tests auf ihre Signifikanz hin überprüft. Um Differenzen in den Messreihen der beiden Zeitpunkte zu validieren, wurde ein parameterfreier Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Subanalysen wurden durchgeführt, indem BOP-, ST- und CAL-Änderungen für die verschiedenen Zahntypen und Stellen in der Mundhöhle berechnet wurden. Außerdem wurden die Behandlungszeit und die Anzahl der Stellen mit Konkrementen pro Gruppe analysiert.

Da die Untersuchung im *Splitmouth*-Design und als Pilotstudie konzipiert wurde, war auf eine vorhergehende Fallzahlkalkulation verzichtet worden, und stattdessen wurde die statistische Power des primären *Outcome*-BOP mithilfe des Posthoc-Tests nachträglich bestimmt. Als Post-hoc-Test wurde ein Mann-Whitney-U-Test zur Feststellung signifikanter Unterschiede der Mittelwerte sowie die Bonferroni-Methode zur Neutralisierung einer eventuellen Alphafehler-Kumulierung bei multiplen Vergleichen angewendet. Die Zusammenhänge zwischen den Variablen wurden mit dem Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten untersucht, um mögliche Einflussfaktoren auf ihre Signifikanz hin überprüfen zu können.

Alle statistischen Tests wurden als zweiseitige Tests durchgeführt und ein p-Wert von $\leq 0,05$ wurde mit der Bonferroni-Korrektur für Mehrfachvergleiche als statistisch signifikant angenommen. Es wurden nur Patienten mit vollständigen Daten zu den Zeitpunkten T0 und T1 (n = 20) eingeschlossen, wobei keine *Intention-to-Treat*-Analyse verwendet wurde.

Eine multiple lineare Regressionsanalyse wurde durchgeführt, um die Assoziationen zwischen den Prädiktoren (Alter, Geschlecht, Rauchen, Diabetes mellitus, Behandlungsgruppe, Behandler, Stadium, Grad, Gruppe von PE / nPE, Anzahl der Zähne bei T0, n der Stellen mit BOP an T0, durchschnittliche ST an T0, durchschnittliches CAL an T0 und der Anzahl von Stellen mit subgingivalen Konkrementen an T0) und der Anzahl von Stellen mit BOP bei T1 (abhängige Variable) aufzuzeigen. Regressionskoeffizient, Standardfehler (SEs), p-Werte und 95 % des Konfidenzintervalls (Cis) wurden als geschätzter Effekt verwendet.

4. Ergebnisse

4.1. Evaluationsergebnisse der Studierenden

Zwanzig Studierende (männlich / weiblich: 4/16) haben evaluiert. Davon waren 13 Studierende Teil der PE-Kohorte und sieben gehörten der nPE-Kohorte an. Die Mehrheit der Studierenden (n = 11) war zum Zeitpunkt der Studie zwischen 20–25 Jahren, vier Teilnehmer waren zwischen 26–30 Jahren und die übrigen fünf Teilnehmer zwischen 31–40 Jahren (Tabelle 2) alt. Die Daten in den Antworten des Fragebogens sind nicht normalverteilt. Die Antworten der jeweiligen Fragen wurden mittels eines Rangsummentests (Mann-Whitney-U Test) zwischen den beiden Gruppen der Studierenden (PE-Gruppe vs. nPE-Gruppe) verglichen. Dabei wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden (Tabelle 1).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertung der Fragebögen deshalb nach Anzahl der jeweiligen Verteilung (Anzahl/ Prozent Probanden je Gruppe der Studierenden) deskriptiv dargestellt. In der Gruppe der Studierenden, die das *Perioscopy*® während der Patientenbehandlung verwendeten, wurde die Frage der Nachvollziehbarkeit der Ätiologie und Pathogenesen parodontaler Erkrankungen geringfügig höher mit ‚zutreffend‘ oder ‚eher zutreffend‘ (PE: 76,92 %/ nPE: 71,43 %) beantwortet. Hingegen schätzte ein etwas höherer Prozentanteil der Studierenden, die das *Perioscopy*® nicht verwendet hatten, das Verständnis über die Anatomie und Morphologie subgingivaler Strukturen als zutreffender ein (PE: 85,71 %/ nPE: 100 %). Auch bei der Frage danach, ob die Beurteilung des Ausmaßes und der Schwere der parodontalen Erkrankung begreifbarer ist, antwortete die gesamte Studierendengruppe einheitlich mit ‚zutreffend‘ oder ‚eher zutreffend‘ (nPE: 100 %/ PE 92,31 %). Dass die Übertragbarkeit des theoretischen Wissens vom Phantomkopf auf die Patientenbehandlung besser war, empfanden mehr der Studierenden, die das *Perioscopy*® verwendet haben (PE: 61,54 %), als ‚zutreffend‘ oder ‚eher zutreffend‘, im Gegensatz zu nur 28,56 % der Studierenden der nPE-Gruppe. Die Aussage, dass es den Studierenden zum Kursende leichter fiel, die Schwierigkeit der Reinigung der kompletten Wurzeloberfläche zu beurteilen und zu bewältigen, beantworteten beide Studierendengruppen mehrheitlich mit ‚zutreffend‘ (PE: 84,62 % / nPE: 85,71 %).

Im Sinne der Vollständigkeit beantworteten auch die fünf Kursassistenten den Fragebogen, jedoch kann hier keine Unterscheidung in PE vs. nPE vorgenommen werden. Sie beantworteten die Fragen zum besseren Verständnis für Ätiologie und Pathogenese, zur

leichteren Begreifbarkeit von Ausmaß und Schwere der Gewebsdestruktion und zur besseren Verständlichkeit der Anatomie und Morphologie alle (100 %) mit ‚zutreffend‘ beziehungsweise ‚eher zutreffend‘. Unterschiedliche Einschätzungen gab es bei der Frage zur erleichterten Beurteilung der Krankheitsaktivität. Mit ‚zutreffend‘ oder ‚eher zutreffend‘ antworteten hier 83,33 %, die restlichen 16,67 % stimmten teilweise zu. Einig waren sich die Assistenten (100 %) bei der Einschätzung, dass die Verwendung des PE teilweise zur besseren Übertragbarkeit vom Phantomkopf auf die Patientenbehandlung führt.

Wie bereits erwähnt, erfolgte keine weitere statistische Analyse der hier aufgezeigten Mehrheitsverteilungen, weder zwischen den deutlich unterschiedlich starken Studienkohorten noch innerhalb dieser (keine Vergleichbarkeit der Kohorte der Studierenden mit der Kohorte der Kurassistenten hinsichtlich der Gruppenverteilung PE versus nPE). Deshalb sollten die weiteren Ergebnisse im Folgenden umsichtig interpretiert werden.

Tabelle 1: Beschreibende Statistiken der Fragebogenevaluation zwischen den beiden Studierendenkohorten

Verwendung Perioscopy	Schwierigkeit komplette Reinigung Wurzeloberfläche	Übertragung Phantomkopf auf Patientenbehandlung	Anatomie Morphologie verständlicher	Beurteilung parodontale Krankheitsaktivität	Ätiologie nachvollziehbar	Berufserfahrung
	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00
	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	2.50	3.00	2.00	3.00	2.50	2.00
	1.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00
	1.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00
	0.964	0.289	0.761	0.608	0.608	0.187

Statistische Ergebnisse zum Vergleich der evaluierten Fragen zwischen beiden Studierendengruppen (PE/nPE); Median und unteres / oberes Quartil (Q25%; Q75%);

Tabelle 2: Ergebnisse der Fragebögen der Studienteilnehmer in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Berufserfahrung

		Häufigkeit	Prozent
Alter			
Kursassistenten	26–30 Jahre	2	33.333.3
	>40 Jahre	3	50.0
mit PE	20–25 Jahre	6	46.2
	26–30 Jahre	3	23.1
	31–40 Jahre	4	30.8
ohne PE	20–25 Jahre	5	71.4
	26–30 Jahre	1	14.3
	31–40 Jahre	1	14.3
Geschlecht			
Kursassistenten	männlich	1	33.3
	weiblich	4	66.7
mit PE	männlich	4	30.8
	weiblich	9	69.2
ohne PE	weiblich	7	100.0
Berufserfahrung			
Kursassistenten	Ja	5	100.0
mit PE	Ja	2	15.4
	Nein	11	84.6
ohne PE	Ja	3	42.9
	Nein	4	57.1

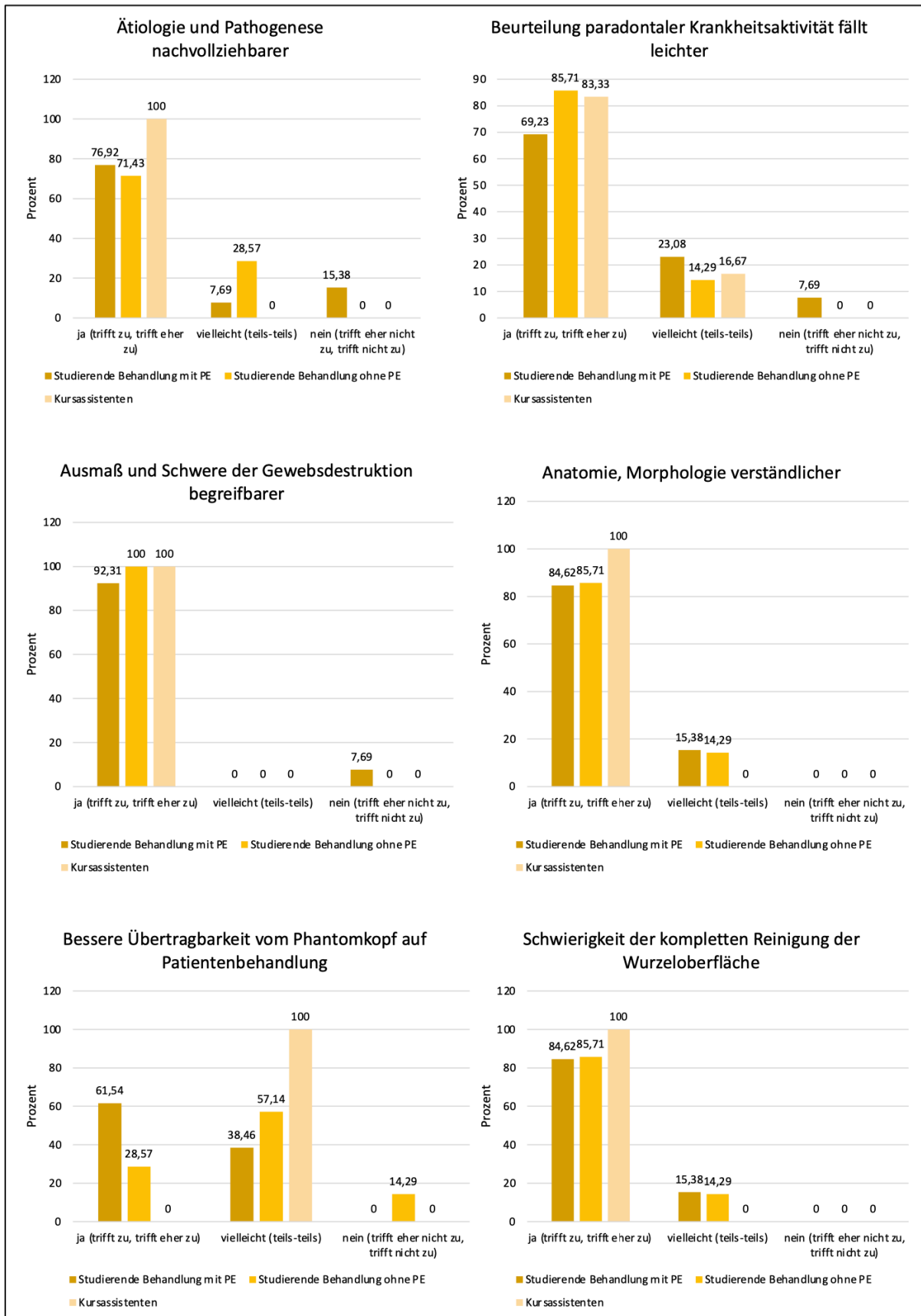


Abbildung 7: Ergebnisse der Fragebögen

4.2. Auswahl und Basisdaten der Patientenkohorte

Zwanzig Patienten (Männer / Frauen: 10/10) mit einem Durchschnittsalter (SD) von 54,3 (10,9) Jahren haben die Studie beendet. Insgesamt hatten die Patienten 487 Zähne (zuvor extrahiert: n = 153), die behandelt wurden (PE / nPE: 250/237). Zum Zeitpunkt T0 zeigte die Mehrheit der Patienten eine Parodontitis im Stadium III (n = 17) und des Grads B (n = 11) (Tabelle 3). Während des Beobachtungszeitraums von 119,7 (24,6) Tagen wurden keine unerwünschten Behandlungsergebnisse dokumentiert. Im Rahmen der NSPT (T0–T1) wurden 30 Zähne extrahiert und von der Analyse ausgeschlossen (nPE/ PE: 20/10). Daher betrug die durchschnittliche Anzahl der Zähne pro Patient 23,8 (3,8) an T0 und nur noch 22,5 (5,3) an T1. Ein Patient hatte zum Zeitpunkt T0 zwei Zahnimplantate (beide in nPE), die nicht in die Analyse einbezogen wurden. Von den 457 eingeschlossenen Zähnen waren 220 Frontzähne (nPE / PE: 109/111), 128 (nPE / PE: 65/63) Prämolaren und 109 (nPE / PE: 56/53) Molaren. Die Mehrheit aller analysierten Molaren (n = 71) zeigte keine Furkationsbeteiligung oder lediglich den Furkationsgrad 1 an T0 (nPE / PE: 34/37), 22 Molaren zeigten Furkationsgrad 2 (nPE / PE: 15/7), und 16 Molaren zeigten Furkationsgrad 3 (nPE / PE: 7/9). Von allen Zahnoberflächen (nPE / PE: 1380/1362) wurde in der nPE-Gruppe an 484 Stellen (PE: 486 Stellen) eine Sondierungstiefe ≤ 3 mm an T0 gemessen. In die Analyse zur klinischen Wirksamkeit der Therapiegruppen wurden nur Flächen mit Sondierungstiefen ≥ 4 mm eingeschlossen. Dies waren in der Perioscopygruppe 876 und in der Kontrollgruppe 896 Flächen, was jeweils 210 bzw. 217 Zähnen entsprach. Für diese Stellen gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt T0 in Bezug auf den BOP, die ST oder das CAL (Tabelle 4). Die durchschnittliche Anzahl von Stellen mit ST ≥ 4 mm pro Patient betrug im Median (Q25 %; Q75 %) 44,0 (35,0; 59,5) für die nPE-Gruppe und 48,5 (31,5; 53,8) für die PE-Gruppe ($p = 0,820$).

Tabelle 3: Demographische und klinische Daten der Patientenkohorte.

Baseline Daten (T0)	
Geschlecht [n (%)]	
Männlich	10 (50.0)
Weiblich	10 (50.0)
Raucher [n (%)]	
Ja	9 (45.0)
Nein	11 (55.0)
Diabetes mellitus [n (%)]	
Ja	1 (5.0)
Nein	19 (95)
Alter (in Jahren)	
Mittelwert (SD)	54.3 (10.9)
Parodontitis Stadium [n (%)]	
Stadium III	17 (85.0)
Stadium IV	3 (15.0)
Parodontitis Grad [n (%)]	
Grad A	2 (10.0)
Grad B	11 (55.0)
Grad C	7 (35.0)
Zähne pro Patient (n)	
Zähne pro Patient (SD) an T0	23.8 (3.8)
Zähne pro Patient (SD) an T1	22.5 (5.3)
Extrahierte Zähne T0 bis T1 pro Patient (n)	
Zähne (SD)	1.3 (2.9)
Untersuchte Zähne [n (%)]	
Vorhanden an T0	487 (76.1)
Nicht auswertbar an T0	153 (23.9)
Zahnstatus [n (%)]	
Erhalten von T0 bis T1	457
Extrahiert von T0 bis T1	30
Zeit von T0 bis T1 (in Tagen)	
Mittelwert (SD)	119.7 (24.6)

Standardabweichung (SD), Summe (n), Prozent (%), Baseline (T0), nicht chirurgische Parodontitis-therapie (NSPT), Reevaluationsuntersuchung nach der Beendigung der NSPT (T1)

Tabelle 4: Beschreibende Statistiken und Ergebnisse zum Vergleich zwischen beiden Behandlungsgruppen und Besuchen, Teil 1 (nur Stellen mit ST \geq 4 mm an T0, signifikante Unterschiede sind fett hervorgehoben).

Variablen	Kontrolle nPE n = 896	Test PE N = 876	p-Wert zwischen Kontrolle und Test*
Ergebnisse auf Patientenebene			
Median (Q25 %; Q75 %) von n der Zahnflächen mit ST \geq 4mm (%) / n von allen Zahnflächen an T0 pro Patient	-1.0 (-2.0; 0)	-1.0 (-2.0; 0)	0.002
Median (Q25 %; Q75 %) von n der Zahnflächen mit HD(%) / n von allen Zahnflächen an T0 pro Patient	3.5 (2.0; 5.0)	7.5 (3.5; 9.8)	0.009
Median (Q25 %; Q75 %) von n der Zahnflächen mit BOP (%) / n von allen Zahnflächen an T0 pro Patient	0 (0; 0.7)	0 (0; 0.7)	0.968
Median (Q25%; Q75%) von n der Zahnflächen mit BOP (%) / n von allen Zahnflächen an T1 pro Patient	0.1 (0; 0.3)	0.1 (0; 0.4)	0.659
Median (Q25 %; Q75 %) von n der Zahnflächen mit BOP(%) / n von allen Zahnflächen mit Veränderung T0–T1 mit BOP an T0 pro Patient	0 (-0.5; 0.2)	0.1 (0; 0.4)	0.968
p-Wert für BOP an T0 vs. T1†	0.394	0.495	
Median (Q25 %; Q75 %) ST an T0 pro Patient	5.0 (4.9; 5.6)	5.1 (4.8; 5.4)	1.000
Median (Q25 %; Q75 %) ST an T1 pro Patient	3.4 (3.2; 3.9)	3.6 (3.1; 3.8)	0.799
Median (Q25 %; Q75 %) ST mit Veränderung T0–T1 pro Patient	-2.1 (-1.7; -1.3)	-1.7 (-2.0; -1.3)	0.678
p-Wert für ST an T0 vs. T1†	<0.001	<0.001	
Median (Q25 %; Q75 %) CAL an T0 pro Patient	5.5 (5.0; 6.2)	5.4 (5.1; 6.1)	1.000
Median (Q25 %; Q75 %) CAL an T1 pro Patient	5.3 (4.0; 5.9)	5.0 (4.3; 6.2)	0.659
Median (Q25 %; Q75 %) CAL mit Veränderung T0–T1 pro Patient	-0.6 (-1.3; -0.3)	-0.5 (-1.2; -0.1)	0.495
p-Wert für CAL an T0 vs. T1†	0.030	0.044	

Variablen	Kontrolle nPE n = 896	Test PE N = 876	p-Wert zwischen Kontrolle und Test*
Ergebnisse auf Zahnflächenebene			
n der Zahnflächen mit BOP (%) an T0	262 (29.2)	254 (29.0)	0.909
n der Zahnflächen mit BOP (%) an T1	125 (14.0)	156 (17.8)	0.026
n der veränderten Zahnflächen (%) zwischen T0 und T1 mit BOP an T0	229 (25.6)	191 (21.8)	0.114
p-Wert für BOP an T0 vs. T1†	<0.001	<0.001	
Median (Q25 %; Q75 %) ST at T0	5.0 (4.0; 6.0)	5.0 (4.0; 6.0)	0.250
Median (Q25 %; Q75 %) ST at T1	3.0 (3.0; 4.0)	3.0 (3.0; 4.0)	0.439
Median (Q25 %; Q75 %) ST mit Veränderung T0–T1	-2.0 (-2.0; -1.0)	-1.0 (-2.0; -1.0)	0.038
p-Wert für ST an T0 vs. T1†	<0.001	<0.001	
Median (Q25 %; Q75 %) CAL an T0	5.0 (4.0; 7.0)	5.0 (4.0; 7.00)	0.588
Median (Q25 %; Q75 %) CAL an T1	5.0 (3.0; 6.0)	5.0 (4.0; 7.0)	0.059
Median (Q25 %; Q75 %) CAL mit Veränderung T0–T1	-1.0 (-2.0; 0)	-1.0 (-2.0; 0)	0.002
p-Wert für CAL an T0 vs. T1†	<0.001	0.001	

Median und unteres / oberes Quartil (Q25 %; Q75 %); Frequenzen (n); Prozentsätze (%); klinisches Attachmentlevel (CAL in mm); nicht chirurgische Parodontitistherapie (NSPT); Testzähne ohne parodontale Endoskopie behandelt (nPE); Testzähne mit parodontaler Endoskopie behandelt (PE); Taschenabstasttiefe (ST in mm); Baseline (T0); Reevaluation nach Ende der NSPT (T1); Blutung auf Sondieren (BOP, alle Stellen) aller erhaltenen Zähne (Kontrolle: n = 230; Test: n = 227)

* Mann-Whitney-Test; † Wilcoxon-Test

4.3. Klinische Behandlungseffekte

Es wurden Inter- und Intragruppen-Analysen während verschiedener Behandlungsphasen (T0 und T1) durchgeführt, um die Behandlungseffekte auf BOP, CAL und ST zu bewerten. Die Intraexaminer-Reproduzierbarkeit betrug 86 % für ST und 79 % für CAL, nicht bewertet wurde sie für BOP.

Es wurden für keinen der drei klinischen Parameter signifikante Unterschiede bei T0 oder T1 zwischen den beiden Gruppen mit und ohne Perioscopy festgestellt. Statistisch signifikante Unterschiede finden sich aber bei den Veränderungen von T0 zu T1 innerhalb der beiden Gruppen. Im Allgemeinen nahmen auf Zahnoberflächenebene von T0 bis T1 sowohl in der nPE- als auch in der PE-Gruppe BOP, ST und CAL signifikant ab (Tabelle 4, $p \leq 0,001$). Für CAL und ST wurden in der nPE-Gruppe ein größerer Attachmentgewinn (CAL: $p = 0,002$) und eine höhere ST-Reduktion beobachtet (ST: $p = 0,038$; Tabelle 4).

Für den BOP ergaben sich auf Patientenebene keine signifikanten Unterschiede, weder innerhalb noch zwischen den Gruppen. Bei Betrachtung der Zahnflächenebene war zu erkennen, dass in beiden Therapiegruppen 21 % bzw. 25 % mit einem positiven BOP an T0 zum Zeitpunkt T1 nach NSPT nicht mehr bluteten. Folglich ist die Anzahl der Stellen mit BOP an T1 in der nPE-Gruppe (Kontrollgruppe) signifikant geringer (Tabelle 4; $p = 0,026$), da sich 25,6 % ($n=229$) aller Stellen mit BOP bei T0 in der nPE-Gruppe gegenüber 21,8 % ($n = 191$) in der PE-Gruppe verbesserten ($p = 0,114$). Die statistische Power dieses Ergebnisses nach der Post-hoc-Analyse liegt bei 47 %.

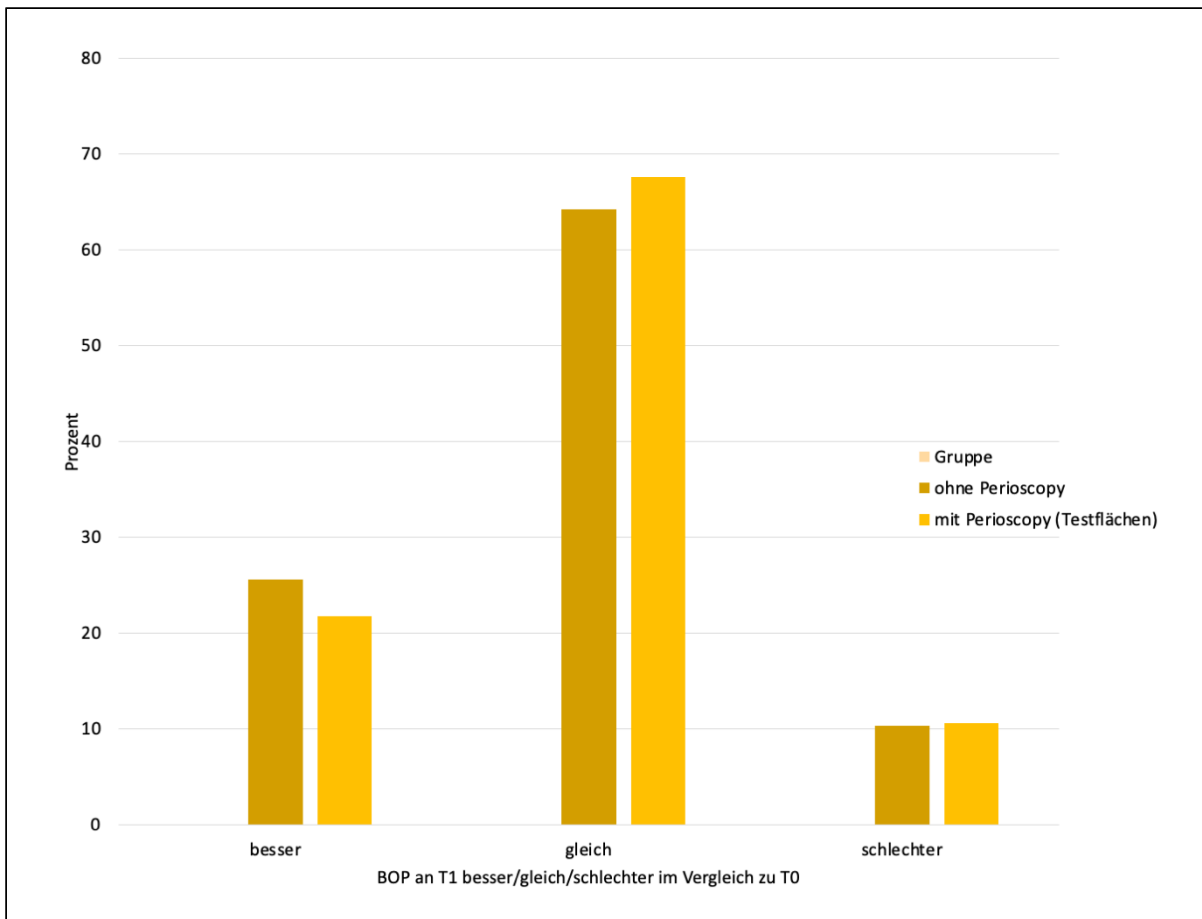


Abbildung 8: Ergebnisse für BOP auf Zahnflächenebene

Bei Betrachtung der klinischen Parameter ST und CAL auf Patientenebene waren die Reduktion der Sondierungstiefen und der Attachmentgewinn zwischen T0 und T1 in beiden Behandlungsgruppen signifikant (Tabelle 4, $p \leq 0,05$). Es zeigt sich, dass der Attachmentverlust der nPE-Gruppe im Median um 0,6 mm und in der PE-Gruppe um 0,5 mm verringert werden konnte. Die Reduktion der Sondierungstiefe zwischen T0 und T1 in der nPE-Gruppe lag im Median bei -2,1 mm und in der PE-Gruppe bei -1.7 mm.

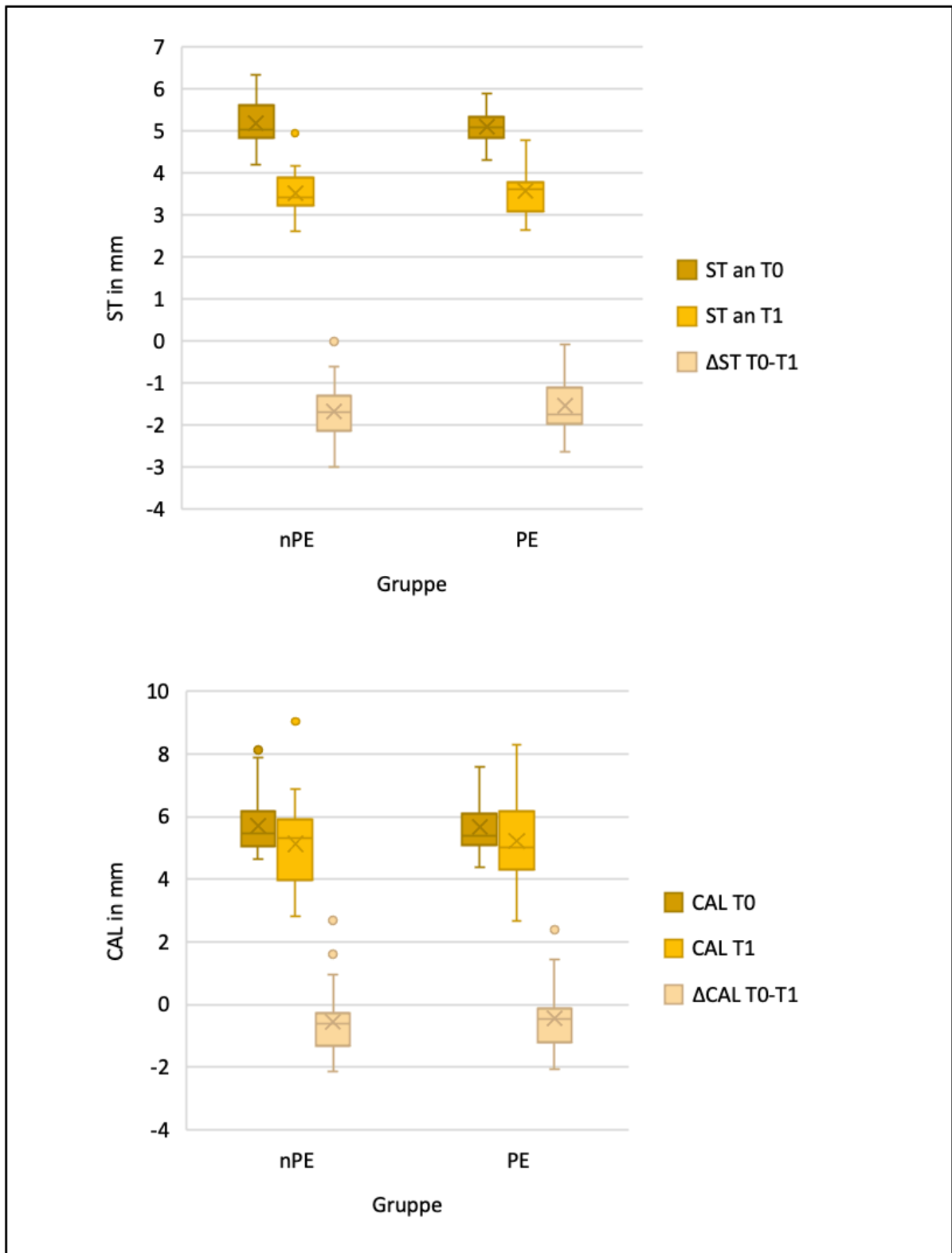


Abbildung 9: oben: Ergebnisse für ST in mm auf Patientenebene; unten: Ergebnisse für CAL in mm auf Patientenebene

Auf Zahnoberflächenebene konnten nach einer Subgruppenanalyse Signifikanzen beobachtet werden (Tabelle 5). Zähne mit einer ST von 4–6 mm bei T0 zeigten einen signifikant höheren Attachmentgewinn (Differenz aus gemessenem Attachmentverlust an T0 und T1) in der nPE-Gruppe (Median (Q25 %; Q75 %): -1,0 mm (-2,0; 0)) als in der PE-Gruppe (-0,5 mm (-1,0; 1,0); $p = 0,014$, Tabelle 5). Zudem zeigten die Ergebnisse, dass die ST-Reduktion und der Attachmentgewinn im Unterkiefer in der nPE-Gruppe signifikant höher als in der PE-Gruppe ($p \leq 0,05$, Tabelle 5) waren, wobei eine signifikant geringere Anzahl von Resttaschen mit $ST \geq 5$ mm nach nPE-Therapie zum Zeitpunkt T1 festgestellt wurde (Anzahl der Restsondierungstiefen in der nPE/PE-Gruppe: 51 (7.9 %)/80 (12.8 %), $p = 0.004$). Zwischen den Zahntypen (Frontzähne, Prämolaren und Molaren) waren keine signifikanten Unterschiede bei BOP, ST und CAL nachweisbar, während bei allen Mesialflächen die nPE-Gruppe einen größeren Behandlungseffekt für alle Parameter (ST, CAL, BOP und Anzahl der Resttaschen mit $ST \geq 5$ mm) zeigte als die PE-Gruppe ($p \leq 0,05$, Tabelle 5).

Nach Durchführung einer zusätzlichen multinominalen logistischen Regressionsanalyse auf Patientenebene war kein untersuchter Prädiktor für BOP an Stellen mit $ST \geq 4$ mm bei T1 signifikant (Tabelle 6). Auf der Ebene der Zahnoberfläche (Tabelle 7) waren die Behandlungsgruppe (PE; $p = 0,015$), der Zahntyp (Frontzahn; $p < 0,001$), das Vorhandensein von BOP ($p = 0,019$), der Kiefer (Oberkiefer; $p < 0,001$) und das Vorhandensein harter Ablagerungen ($p = 0,027$) bei T0 signifikante Prädiktoren. Der Regressionskoeffizient (B) ergab, dass die Prädiktoren nPE-Gruppe ($B = -0,326$), Frontzähne ($B = -0,754$) und kein BOP bei T0 ($B = -0,326$) einen positiven Einfluss auf die BOP-Reduktion nach NSPT hatten, während die anderen signifikanten Prädiktoren Oberkiefer ($B = 0,401$) und das Vorhandensein harter Auflagerung ($B = 0,48$) einen negativen Effekt hatten (BOP bei T1).

Tabelle 5: Beschreibende Statistiken und Ergebnisse zum Vergleich zwischen beiden Behandlungsgruppen und Besuchen, Teil 2 (Subgruppenanalyse auf Zahnflächenebene, signifikante Unterschiede sind fett hervorgehoben).

		n der (%) diagnostizierten harten Auflagerungen zum Zeitpunkt T0	Median (Q25 %; Q75 %) ST mit Veränderung T0-T1	Median (Q25 %; Q75 %) CAL mit Veränderung T0-T1	n der (%) verblieben en ST zum Zeitpunkt T1	n der (%) BOP zum Zeitpunkt T1 (%)
Initiale gemessene ST						
nPE	ST ≤ 3mm	7 (1.4)	0 (0,0)	1.0 (0,1.0)	1 (0.2)	38 (7.8)
	ST = 4-6mm	67 (8.6)	-1.0 (-2.0, -1.0)	-1.0 (-2.0,0)*	77 (9.8)	107 (13.7)
	ST = ≥ 7mm	12 (10.6)	-4.0 (-4.0, -3.0)	-2.0 (-3.0, -1.0)	34 (30.1)	18 (15.9)
PE	ST ≤ 3mm	39 (8.0)[‡]	0 (0,0)	0 (0, 1.0)	6 (1.2)	34 (7.0)
	ST = 4-6mm	132 (16.8)[‡]	-1.0 (-2.0, -1.0)	-0.5 (-1.0,1.0)	96 (12.2)	132 (16.8)
	ST = ≥ 7mm	20 (22.2)*	-3.0 (-4.0, -2.0)	-1.0 (-3.0,0)	35 (38.9)	24 (26.7)
Kiefer						
nPE	Oberkiefer	40 (6.2)	-1.0 (-2.0, 0)	1.0 (-1.0, 0)	51 (7.9)[‡]	88 (13.6)
	Unterkiefer	46 (6.2)	-1.0 (-2.0, 0)*	-1.0 (-1.0, 0)[‡]	61 (8.3)	75 (10.2)
PE	Oberkiefer	99 (15.9)[‡]	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	80 (12.8)	98 (15.7)
	Unterkiefer	92 (12.5)[‡]	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	7 (7.7)	92 (12.5)
Zahntyp						
nPE	Frontzähne	30 (4.6)	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	27 (4.1)	62 (9.4)
	Prämolaren	25 (6.4)	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	22 (5.6)	46 (11.8)
	Molaren	31 (9.2)	-1.0 (-2.0, 0)	-1.0 (-1.7, 0)	63 (18.8)	55 (16.4)
PE	Frontzähne	76 (11.4)[‡]	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	29 (4.4)	69 (10.4)
	Prämolaren	45 (11.9)[‡]	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	33 (8.7)	54 (14.3)
	Molaren	70 (22.0)[‡]	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	75 (23.6)	67 (21.1)

		n der (%) diagnostizierten harten Auflagerungen zum Zeitpunkt T0	Median (Q25 %; Q75 %) ST mit Veränderung T0–T1	Median (Q25 %; Q75 %) CAL mit Veränderung T0–T1	n der (%) verblieben en ST zum Zeitpunkt T1	n der (%) BOP zum Zeitpunkt T1 (%)
Zahnfläche						
nPE	mesial	33 (7.2)	-1.0 (-2.0, 0)*	-1.0 (-2.0, 0)*	42 (9.1)*	60 (13.0)*
	zentral	17 (3.7)	0 (-1.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	19 (4.1)	36 (7.8)
	distal	36 (7.8)	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 0)	51 (11.0)	67 (14.5)
PE	mesial	66 (14.5)‡	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	63 (13.9)	82 (18.1)
	zentral	59 (13.0)‡	-1.0 (-1.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	24 (5.3)	45 (9.9)
	distal	66 (14.5)‡	1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	50 (11.0)	63 (13.9)
Behandlungsgruppe						
nPE	frühe	23 (5.0)	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	65 (14.1)	73 (15.8)
	mittlere	36 (6.8)	-1.0 (-2.0, 0)	-1.0 (-2.0, 0)	21 (4.0)	57 (10.8)
	späte	27 (6.8)	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	26 (6.6)	33 (8.3)
PE	frühe	73 (15.8)‡	-1.0 (-2.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	70 (15.2)	73 (15.8)
	mittlere	50 (10.4)‡	-1.0 (-2.0, 0)	-1.0 (-2.0, 0)	26 (5.4)	68 (14.2)
	späte	68 (16.2)‡	-1.0 (-1.0, 0)	0 (-1.0, 1.0)	41 (9.8)	49 (11.7)

Deskriptive und statistische Ergebnisse zum Vergleich zwischen beiden Gruppen (PE/nPE) für n der subgingivalen Auflagerungen Krankheit (% aller Zähne), Median (Q25 %, 75 %) Veränderung der ST zwischen T0–T1 (in mm), Median (Q25 %, 75 %) Veränderung der CAL zwischen T0–T1 (in mm), n der Resttaschen zum Zeitpunkt T1 (PD ≥ 5 mm) und n der Zahnoberflächen mit BOP an T1 (% aller Zahnoberflächen) aller verbliebenen Zähne eingeteilt nach ST (kategorisiert in ≤3 mm, 4-6 mm und >7 mm) bei T0, Kiefer (Ober- und Unterkiefer) und Zahntyp (Frontzähne, Prämolaren und Molaren), Zahnoberflächen (mesial, mittel und distal) sowie Behandlungsreihenfolgegruppen (früh, mittel, zuletzt). Alle signifikanten Unterschiede mit besseren Ergebnissen in PE / nPE sind in Fett hervorgehoben.

Standardabweichung (SD); Summe (n); Prozentsätze (%); *Clinical Attachment Level* (CAL); harte Auflagerungen; nicht chirurgische Parodontitistherapie (NSPT); unteres / oberes Quartil (Q25 %, Q75 %); Testzähne ohne parodontale Endoskopie behandelt (nPE); Testzähne mit parodontaler Endoskopie behandelt (PE); Sondierungstiefe (ST); Baseline (T0); Reevaluationsuntersuchung nach der Beendigung der NSPT (T1)

Mann-Whitney-Test zwischen PE gegen nPE: * p ≤ 0,05; † p ≤ 0,01; ‡ p ≤ 0,001 (Bonferroni-Einstellung)

Tabelle 6: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse auf Patientenebene für die signifikanten Prädiktoren der Anzahl der Stellen mit ST \geq 4 mm, Blutung bei Sondierung (BOP) bei T1.

Variablen		B	SE	95 % CI		P-Wert
				Unteres Limit	Oberes Limit	
Konstante		56,71	13,489			<0.001
Alter		0,03	0,063	0,911	1,165	0,635
Rauchen	nein	1,972	2,262	0,085	605,332	0,383
	ja (Referenz)	0				
Diabetes mellitus	nein	-43,48	0	1,31E-19	1,31E-19	1
	ja (Referenz)	0				
Therapiegruppe	nPE	-0,589	1,124	0,061	5,024	0,6
	PE (Referenz)	0				
Behandler	eins	60,639	6342,559	0	1	0,992
	zwei (Referenz)	0				
Behandlungsgruppe	frühe	48,428	51,672	1,12E-23	1,04E+65	0,349
	mittlere	33,22	31,023	1,05E-12	6,82E+40	0,284
	späte (Referenz)	0				
Parodontitis Stadium	Stadium III	-40,499	2983,526	0	1	0,989
	Stadium IV (Referenz)	0				
Parodontitis Grad	Grad A	44,014	2983,527	0	1	0,988
	Grad B	45,61	2983,53	0	1	0,988
	Grad C (Referenz)	0				
n der Zähne an T0		-1,116	0,588	0,103	1,038	0,058
n der Stellen mit BOP an T0		-4,733	3,632	7,13E-06	10,862	0,193
Ø ST an T0		-9,144	5,785	1,27E-09	8,966	0,114
Ø CAL an T0		10,755	6,016	0,355	6,192	0,074
n der Stellen mit HDs an T0		-0,108	0,136	0,688	1,171	0,426

Klinisches Attachmentlevel (CAL); harte Auflagerungen (HD); Testzähne ohne Behandlung mit dem Perioscopy (nPE); Testzähne mit Behandlung mit dem Perioscopy (PE); Sondierungstiefe (ST); Baseline (T0); Reevaluationsbesuch nach Ende der nicht-chirurgischen Parodontistherapie (T1)

Regressionskoeffizient (B), Standardfehler (SE), Odds Ratio (OR): signifikant bei $P \leq 0,05$ (fett gedruckt)

Tabelle 7: Ergebnisse der multinomialen logistischen Regressionsanalyse auf Zahnoberflächenebene für die signifikanten Prädiktoren eines positiven BOP an Stellen mit einer ST ≥ 4 mm an T1.

Variablen		B	SE	95 % CI		P-Wert
				Unteres Limit	Oberes Limit	
Konstante		-1.797	0.455			<0.001
Therapiegruppe	nPE	-0.326	0.134	0.555	0.938	0.015
	PE (Referenz)	0				
Behandlungsgruppe	frühe	0.188	0.166	0.871	1.673	0.257
	mittlere	-0.241	0.183	0.549	1.125	0.188
	späte (Referenz)	0				
Kiefer	Oberkiefer	0.491	0.135	1.255	2.128	<0.001
	Unterkiefer (Referenz)	0				
Zahntyp	Frontzahn	-0.754	0.164	0.341	0.648	<0.001
	Prämolar	-0.314	0.165	0.528	1.01	0.057
	Molar (Referenz)	0				
Zahnfläche	mesial	0.108	0.149	0.833	1.49	0.468
	zentral	-0.007	0.183	0.693	1.421	0.967
	distal	0				
ST an T0		0.085	0.092	0.909	1.303	0.356
CAL an T0		-0.042	0.072	0.833	1.103	0.557
Positiver BOP an T0	nein	-0.362	0.155	0.514	0.942	0.019
	ja (Referenz)	0				
Vorhandensein HDs an T0	nein	0.48	0.217	1.055	2.474	0.027
	ja (Referenz)	0				

4.4. Diagnostizierung subgingivaler harter Auflagerungen

Bei Betrachtung aller behandelten Stellen (nPE/PE: n = 1380/n = 1362) wurden HDs in 14 % der mit PE ausgewerteten Stellen entdeckt (nPE: 6,2 %).

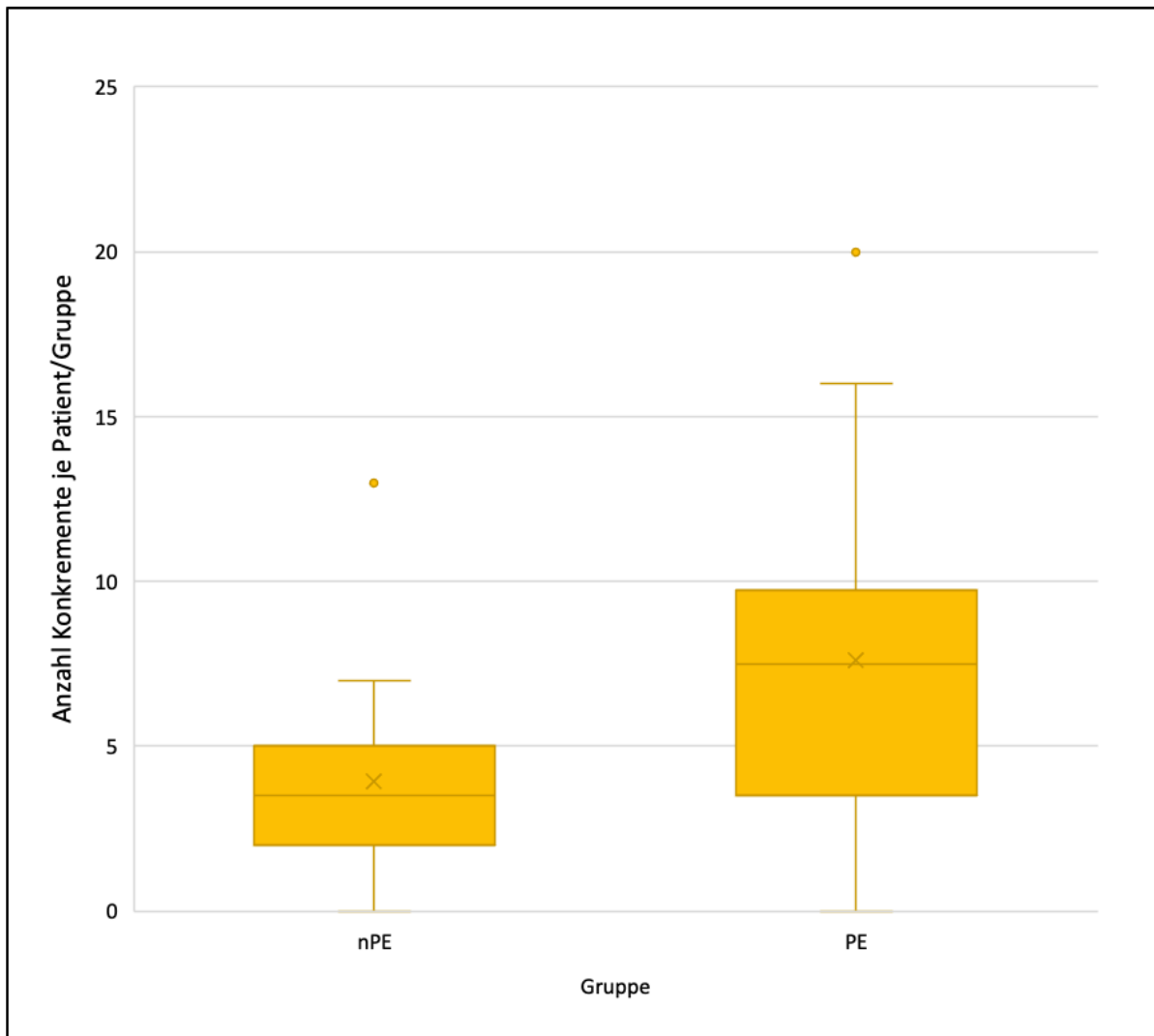


Abbildung 10: Diagnostizierte subgingivale harte Auflagerungen je Patient

Im Vergleich zur nPE-Gruppe zeigte die PE-Gruppe signifikant bessere Ergebnisse bei der subgingivalen Konkrementerkennung (Anzahl der nachweisbaren HDs in den nPE/PE-Gruppen: 86/191; $p = 0,001$). Auf Patientenebene war bei derselben Anzahl von Stellen mit ST ≥ 4 mm zum Zeitpunkt T0 (Median (Q25 %; Q75 %) nPE/PE: 44,0 (35,0; 59,5)/48,5 (31,5; 53,8) 0,820) mehr als die doppelte Anzahl nachweisbarer HDs pro Patient mit PE messbar (Tabelle 4; $p = 0,009$).

Auf Zahnoberflächenebene (Tabelle 5) zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den PE- und nPE-Gruppen hinsichtlich der Anzahl der Stellen mit nachweisbaren HDs zwischen den Kiefern ($p < 0,001$), zwischen verschiedenen Zahntypen ($p < 0,001$) und zwischen Zahnoberflächen ($p < 0,0001$). Bei den gruppeninternen Analysen waren die Unterschiede zwischen den Frontzähnen und den Molaren in beiden Gruppen signifikant (PE/nPE: $p < 0,001/p = 0,004$) und nur in der nPE-Gruppe wurde eine signifikant geringere Anzahl von HDs auf den mittleren gegenüber den mesialen Flächen festgestellt ($p = 0,020$).

4.5. Behandlungsdauer

Die durchschnittliche Behandlungsdauer unterschied sich signifikant zwischen den beiden Behandlungsgruppen. Für die Gruppe PE wurde pro Zahn im Mittel (SD) 1,94 (2,45) min länger benötigt (nPE / PE: 2,26 (0,93) / 4,19 (2,18) min pro Zahn; $p < 0,001$). Zusätzlich wurde ein signifikanter Unterschied der Behandlungsdauer festgestellt ($p < 0,001$), nicht nur zwischen der nPE- und PE-Gruppe, sondern auch innerhalb der beiden Gruppen. Folgende Unterschiede wurden dargestellt bezogen auf die frühe Behandlungsgruppe (Mittelwert (SD) TrT in nPE / PE: 2,53 (1,01) / 5,20 (1,73); $p < 0,001$), die mittlere Behandlungsgruppe (Mittelwert (SD)) TrT in nPE / PE: 2,09 (0,91) / 3,98 (2,26); $p < 0,001$) und die späte Behandlungsgruppe (mittlere (SD) TrT in nPE / PE: 2,14 (0,77) / 3,32 (2,07); $p \leq 0,001$).

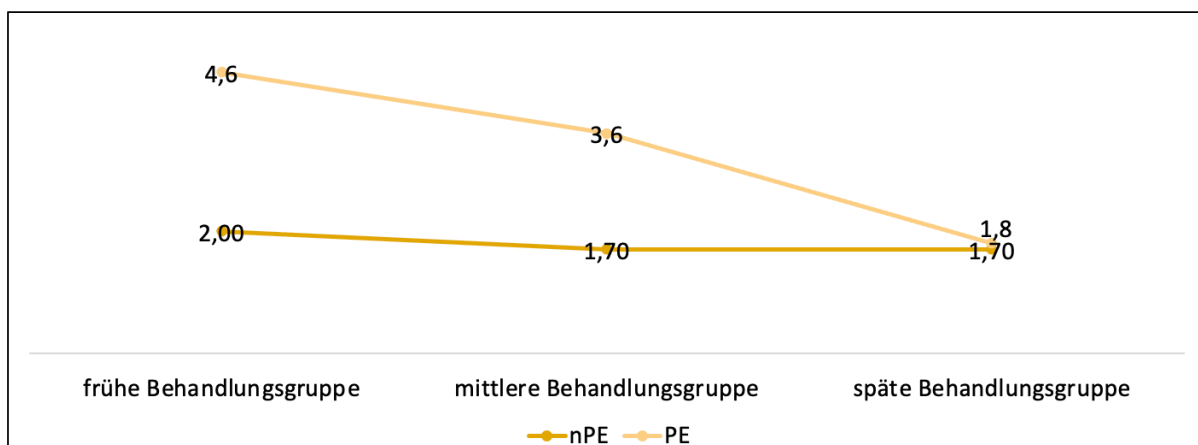


Abbildung 11: Instrumentierungszeit in min für die frühe, mittlere und späte Behandlungsgruppe

In der späten Gruppe wurden alle Zähne in einer signifikant kürzeren Zeit von -1,07 (1,62) min pro Zahn behandelt als in den anderen Gruppen ($p < 0,001$). Dies wurde für sowohl für die nPE, als auch die PE-Gruppe beobachtet.

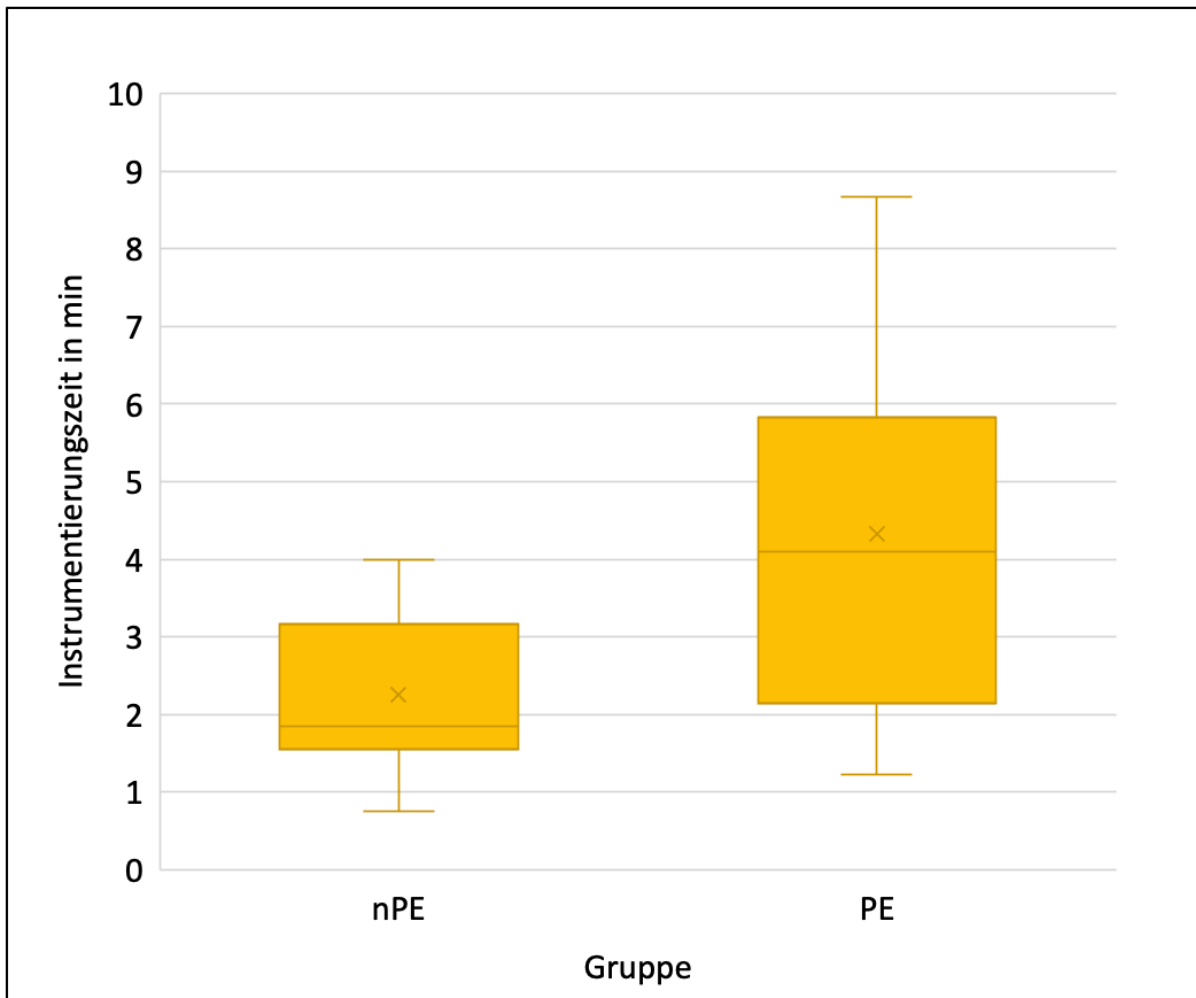


Abbildung 12: Instrumentierungszeit in der späten Behandlungsgruppe

5. Diskussion

Das primäre Ziel der durchgeführten Studie war es, den Ausbildungseffekt auf Studierende der Zahnmedizin durch die Verwendung eines PE als unterstützende Maßnahme während der Wurzeloberflächeninstrumentierung zu untersuchen.

Zunächst ist nochmals zu konkretisieren, welche Inhalte in der Lehre im Fach Parodontologie vermittelt werden sollen. Nicht nur die geltende Approbationsordnung (Approbationsordnung für Zahnärzte, 1983) beschreibt die oben bereits erwähnten erforderlichen Nachweise, die die Studierenden zum Abschluss des Studiums vorweisen müssen. Auch ein Bericht über den 1. Europäischen Workshop zur parodontalen Ausbildung konkretisiert die zu erwerbenden Kompetenzen eines Studierenden der Zahnmedizin (Sanz&Meyle, 2010). Der Fokus liegt auf der bestmöglichen Vermittlung praktischer und klinischer Erfahrungen. Weiterhin werden zukünftige Anforderungen an die Studierenden im Rahmen der *Dental-Education-Projekte* (DentEd) durch die *Association for Dental Education in Europe* thematisiert (Cowpe et al., 2010; Plasschaert et al., 2005). Hervorgehoben werden zahlreiche Kernkompetenzen für den Funktionsbereich Parodontologie:

- Kompetenz zur Diagnosestellung und Identifizierung von Zuständen des Parodonts, die einer Behandlung bedürfen
- Kompetenz des Managements von Parodontalerkrankungen
- Kompetenz zur Schärfung des Bewusstseins der Patienten für die Rolle der Mundhygiene und die Durchführung einer angemessenen Mundhygieneinstruktion
- Kompetenz zur Durchführung von supragingivalem und subgingivalem Scaling und Wurzeldebridement, sowohl mit maschinellen als auch manuellen Instrumenten
- Kompetenz zur Beurteilung der Ergebnisse der Parodontalbehandlung und Ausarbeitung eines Nachsorgeprogramms

Es stellt sich nunmehr die Frage, ob die Verwendung eines PE die Vermittlung der beschriebenen Kompetenzen sinnvoll unterstützen kann. Im Folgenden werden dazu verschiedene Aspekte betrachtet.

5.1. Verwendung eines dentalen Endoskops in der Lehre

Durch die Entwicklung verschiedenster Lehrprogramme wird bereits versucht, den Studierenden der Zahnmedizin die bestmögliche Ausbildung im Bereich der Parodontologie zu bieten. Dazu zählen beispielsweise ein digitalisiertes Trainingsprogramm zur maschinellen Wurzeloberflächenbearbeitung mit Schallscalern (Graetz et al., 2021), effektive computerunterstützte Lernprogramme (Rosenberg et al., 2005), ein modellbasierter, computergestützter Trainingsansatz für die Durchführung und Aufzeichnung parodontaler Untersuchungen (Heym et al., 2018) oder ein zahnmedizinisches Modell, mit dem Studenten die Messung tiefer parodontaler Taschen üben können (Sunaga et al., 2013). Das PE als neuartige Technik könnte als eine ergänzende Komponente für bestehende Lehrprogramme betrachtet werden.

Haben die Studierenden den Eindruck, dass sich durch die Verwendung des PE ihre Wahrnehmung über parodontale Krankheitsbilder betreffend Ätiologie, Pathogenese sowie anatomischer und morphologischer Besonderheiten verändert hat?

Die Ergebnisse der Fragebogenauswertung lassen darauf schließen, dass die Studierenden durch das PE eine andere Perspektive auf Parodontalerkrankungen erhalten und ein zusätzliches Bewusstsein über deren Komplexität erlangt haben. Jedoch muss beachtet werden, dass es keine statistischen Unterschiede bei der Beantwortung der Fragen zwischen der Gruppe der Studierenden mit PE-Erfahrung und der ohne solche (nPE) gab. Trotzdem zeigen sich Trends in der Beantwortung bei der Fragestellung bezüglich der richtigen Beurteilung von Erkrankungen. Hier schätzen sich die Studierenden der PE-Kohorte schlechter ein als die Studierenden, die nicht mit dem PE gearbeitet haben. Diese optimistische Selbsteinschätzung der nPE-Studierenden zeigte sich auch bei Auswertung der Frage hinsichtlich des Verständnisses über die Anatomie und Morphologie der Zähne. Die Ergebnisse sind vermutlich auf die eindruckliche bildliche Darstellung subgingivaler Konkreme und Ablagerungen zurückzuführen. Mit der Möglichkeit, subgingival zu sehen, konnten sie das Ausmaß der Parodontalerkrankung und die von ihr verursachte Zerstörung des Gewebes erkennen, was ihnen unter Umständen das bessere Erkrankungsverständnis (Komplexität) vermittelte. Die Visualisierung ermöglicht es dem Behandelnden zudem, die Platzierung des Instruments im richtigen Winkel auf der Wurzeloberfläche zu überprüfen (Harrel&Wilson, 2014). Zwar instrumentierten die Studierenden nicht immer direkt selbst mit dem PE, es

wurde ihnen aber in jedem Fall ermöglicht, die korrekte Platzierung der Instrumente nachzuvollziehen.

Allein dadurch, dass die nPE-Kohorte nachvollziehen konnte, wie komplex die notwendige Anpassung an schwierige Zahnmorphologien teilweise ist, kann auch die Entfernung des subgingivalen Zahnsteines und Biofilms begreifbarer werden (Harrel et al., 2014). Dies fördert zusätzlich das Verständnis für anatomische und morphologische Besonderheiten.

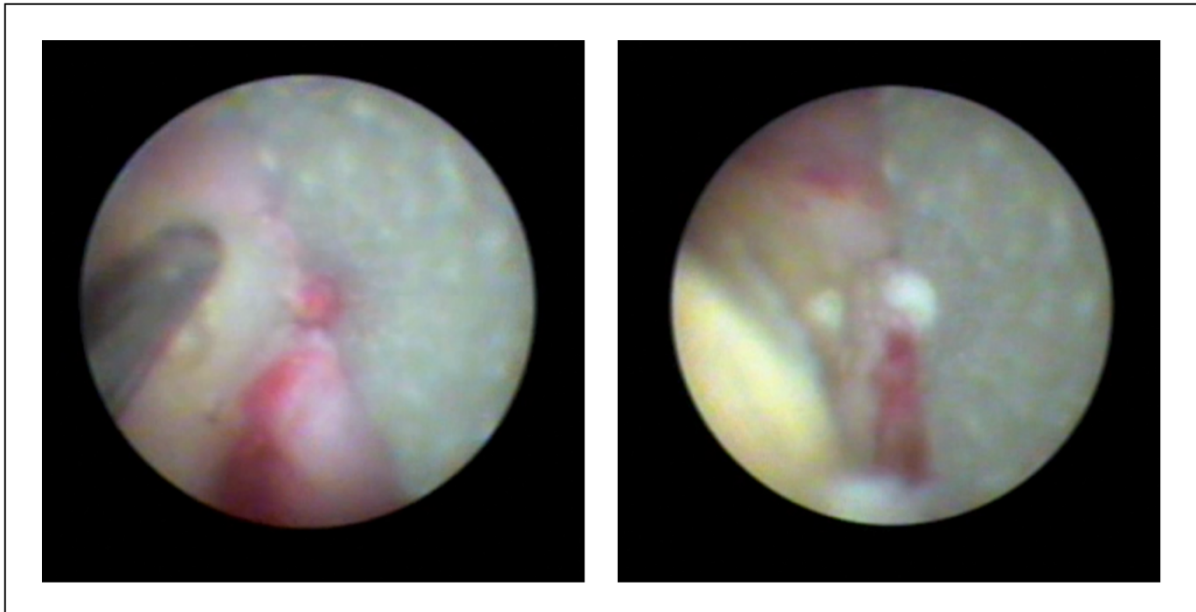


Abbildung 13: links: Bild des Bildschirms des Endoskops während einer Behandlung mit Darstellung der subgingivalen Wurzeloberfläche während der Instrumentierung mittels einer Schallscalerspitze rechts: Bild des Bildschirms des Endoskops mit Visualisierung eines subgingival unterhalb eines Kronenrandes liegendem Konkrement auf der Wurzeloberfläche (Fälle: PD Dr. Graetz, Kiel).

Die optimistische Beurteilung der eigenen Reinigungsleistung der Studierenden der nPE-Gruppe sollte hinterfragt werden. Parodontalerkrankungen können ein schwieriges, komplexes und häufig unterschätztes Thema sein (Dannewitz et al., 2021). Für eine erfolgreiche Behandlungsplanung ist das Verständnis für die Komplexität der Krankheit Voraussetzung, damit sie sowohl auf den vom Zahnarzt diagnostizierten Befund als auch auf den vom Patienten wahrgenommenen Bedürfnissen basiert (Ferreira et al., 2017). Bereits in der Ausbildung sollten somit weitere mögliche Maßnahmen ergriffen werden, um die Studierenden in der Entwicklung des entsprechenden Verständnisses zu fördern. Dies würde in zukünftigen Befragungen realistische Beurteilungen erzielen. Ein entscheidender Faktor, mit dem die Verwendung des PE die Lehre positiv beeinflussen kann, ist die durch die bildliche Darstellung bedingte Ergänzung eines weiteren Lernstils. Aus lerntheoretischer Sicht könnte

das PE zusätzlich zur auditiven Vermittlung des theoretischen Wissens über Parodontalerkrankungen und der klinischen Behandlung von Erkrankungen als taktile Methode als visuelle Komponente zum verbesserten Verständnis beitragen. Unterstützt werden können insbesondere Lernende, die einen visuellen Lernstil oder eine Kombination verschiedener Lernstile bevorzugen, was eine Vielzahl Studierender ausmacht (Aldosari et al., 2018; Asiry, 2016; Lujan&DiCarlo, 2006). Zudem kann eine zusätzliche Verbindung zwischen der didaktischen Ausbildung und dem Erlernen klinischer Fähigkeiten hergestellt werden. Dies ist für die Behandlung von Parodontalerkrankungen ohnehin unerlässlich.

Hatte die Verwendung des PE einen Einfluss darauf, wie die Studierenden über ihre eigenen Fähigkeiten bei der subgingivalen Instrumentierung denken?

Traditionell basiert Lernen auch in medizinischen Ausbildungen auf einem klassischen Kontrollmechanismus. Der Lernende ist auf die Kontrolle des Lehrenden angewiesen und lernt durch Nachahmen der erfahrenen Kliniker (Dahmen et al., 2013). Lernen durch Nachahmung erschwert jedoch die Eigenbeurteilung der Lernenden (Bruns, 2013). Innovative Lerntools können die Eigenbeurteilung fördern, ein Beispiel dafür sind bild- und videobasierte Tools zur Ergebnis- und Prozesskontrolle. Insbesondere im Bereich der allgemeinchirurgischen Ausbildung gibt es zahlreiche Tools, die diesen Lernansatz widerspiegeln. Diese sind in Form von Video- oder Fotodokumentation der Übungen (Dahmen et al., 2013) oder ergänzender Trainings mit einem Virtual-Reality-Simulator zur Verbesserung technischer Fertigkeiten verfügbar (Nagendran et al., 2013). Auch in der Zahnmedizin gibt es, wie bereits beschrieben, zahlreiche Entwicklungen zur Erweiterung der klassischen Lehrmethoden (Graetz et al., 2021; Heym et al., 2018; Rosenberg et al., 2005; Sunaga et al., 2013).

Festzuhalten ist auch, dass bei Beantwortung der Frage danach, ob die Verwendung des PE für eine bessere Einschätzbarkeit der Schwierigkeit der Reinigung der gesamten Wurzeloberfläche sorgt, nicht nur die Studierenden der PE-Kohorte zustimmend geantwortet haben, sondern auch die Studierenden der nPE-Kohorte. Die Ergebnisse könnten so interpretiert werden, dass diese Gruppe Studierender den Einsatz des PE auch für sich als sinnvoll erachtet hätte und dessen Vorteile erkannt hat, ohne selbst die direkte Lernerfahrung gemacht zu haben.

Die Visualisierung durch das PE gibt Hilfestellung bei der Unterscheidung zwischen Konkrementen und individueller Wurzelanatomie, Frakturen, Restaurationsrändern oder

Wurzelanomalien (Blue et al., 2013). Dies ermöglicht eine verbesserte Kontrolle, sodass Strukturen weniger schnell verwechselt werden können. Zudem kann angenommen werden, dass die Möglichkeit, subgingivalen Zahnstein zu visualisieren, auch die Fähigkeit erhöht, diesen zu entfernen. Auch die Fähigkeiten beim Instrumentieren können mithilfe des von einem Endoskop assistierten Operierens verbessert werden. Dedmon et al. (2018) und Clark et al. (2005) zeigten, dass sich die Leistungen von Medizinstudenten bei der Verwendung eines Trainers für endoskopische Ohrchirurgie oder der Teilnahme an einem umfassenden Endoskopie-Curriculum in der Facharztausbildung durch wiederholtes Üben mit dem endoskopischen Trainer im Umgang mit dem Instrument aber auch die chirurgischen Kompetenzen erheblich verbesserten.

Kann die Verwendung eines dentalen Endoskops kritisches Denken fördern?

Ein wichtiges Prinzip im Rahmen der Ausbildung von Gesundheitsberufen, insbesondere in der zahnmedizinischen Lehre, ist das Erlernen kritischen Denkens (Johnsen et al., 2012). Als zentrale Fähigkeiten des kritischen Denkens werden bezeichnet: die Interpretation, das Verstehen und Kommunizieren der Bedeutung von Informationen für andere; die Analyse, Informationen miteinander zu verbinden; die Evaluation zur Beurteilung der Glaubwürdigkeit einer Information; die Interferenz zum Erkennen von Informationselementen, die zur Verfügung stehen, um zu vernünftigen Schlussfolgerungen zu gelangen; die Erklärung zur Verdeutlichung von Informationen zur Weitergabe, damit diese vollständig von einer anderen Person verstanden werden können; Selbstregulierung als Fähigkeit, die eigenen Gedanken, das eigene Verhalten und die eigenen Emotionen zu kontrollieren (Facione, 1990). Die Entwicklung dieser Fähigkeiten ist schwierig, aber dennoch sind es erlernbare Fähigkeiten (Persky et al., 2019). Der Lernprozess muss jedoch von den Lernenden selbstgesteuert werden (Garrison&Archer, 2000). Um zu bewerten, ob das PE das Erlernen dieser Fähigkeiten erleichtern kann, ist vor allem die Beziehung zwischen kritischem Denken und kognitiven Fähigkeiten näher zu betrachten. Metakognition hilft kritischen Denkern, sich ihrer Denkprozesse bewusster zu sein und diese zu kontrollieren (Medina et al., 2017). Sie bezieht sich auf die Fähigkeit eines Individuums, sein eigenes Denken und das tatsächliche Niveau der eigenen Fähigkeiten zu beurteilen. Als ein unverzichtbares Konzept der Metakognition ist die Reflexion als kognitiver Prozess anerkannt, der ein größeres Verständnis von sich selbst und von Situationen schafft (Sandars, 2009). Zum einen fördert das Konzept der Reflexion die

Selbstreflexion der Studierenden, zum anderen spielt es eine entscheidende Rolle beim Erlernen kritischen Denkens und bei der Entwicklung professioneller Werte und Fähigkeiten (Loka et al., 2019). Die Reflexion als solche ermöglicht die Integration neuen Lernens in bestehendes Wissen und Können, was Studierende dazu ermutigt, sich mit ihren Erfahrungen auseinanderzusetzen (Loka et al., 2019). Durch eine daraus resultierende kritische Beurteilung kann erlerntes Wissen übernommen und beispielsweise auf die Fähigkeit zur Instrumentierung subgingivaler Wurzeloberflächen übertragen werden (Veeraiyan&Sekhar, 2013). Es ist also vielmehr die Arbeit mit der Erfahrung, die beim Lernen wichtig ist (Lew&Schmidt, 2011), z. B. in Form eines kritischen Rückblicks auf vergangene Lernerfahrungen, Lernstrategien und Zusammenfassungen des Gelernten. Im Rahmen der Studie wurde das PE als Instrument zur Unterstützung der Nachkontrolle der durch die Studierenden durchgeführten Wurzeloberflächeninstrumentierung verwendet. Die Visualisierung auf dem Bildschirm führt zur direkten Anwendung der kognitiven Fähigkeit des Sehens. Darüber hinaus ermöglicht die Kontrolle den Studierenden eine direkte Reflexion darüber, wie gut die Durchführung der Behandlung war, und sie erhielten von den Kursbetreuern direktes Feedback zu ihrer Leistung. Schlussendlich führt die Anwendung des Endoskops und der dadurch ausgedehnten Nachkontrolle durch eine lehrende Person zu einem kritischen Auseinandersetzen mit der Lernerfahrung und den Behandlungsstrategien im Rahmen der Wurzeloberflächeninstrumentierung. Diese Aspekte fördern die Entwicklung kritischeren Denkens positiv, sodass die Verwendung des PE im Rahmen der Lehre hier einen Beitrag leisten kann.

Kann die Verwendung des PE die Selbstwirksamkeit der Studierenden in Bezug auf ihre Durchführung einer Wurzeloberflächeninstrumentierung erhöhen?

Das Konzept der Selbstwirksamkeit beschreibt die positive Einstellung einer Person gegenüber ihrer Fähigkeit, erfolgreich zu sein (Bandura, 1977). Zwei Aspekte sind dabei relevant: Zum einen geht es nicht nur um die Fähigkeit einer Person, eine Aufgabe zu erledigen, sondern die Person muss auch daran glauben, die Aufgabe erledigen zu können. Zum anderen kann die Selbstwirksamkeit eine Person dazu bewegen, sich Ziele zu setzen und sich selbst herauszufordern (Bandura, 1977). Studierende mit hoher Selbstwirksamkeit nehmen schwierige und herausfordernde Aufgaben bereitwilliger in Angriff als Studierende mit niedriger Selbstwirksamkeit. Je höher die eigene Selbstwirksamkeit ist, desto größer ist die

Wahrscheinlichkeit, dass die Aufgabe erfolgreich gelöst wird (Zimmerman, 2000). Nachweislich spielt Selbstwirksamkeit deshalb eine wichtige Rolle beim Lernen und der Entwicklung neuer Fähigkeiten und Kenntnisse (Klassen&Klassen, 2018). Studierende in der Zahnheilkunde beginnen in der Regel ohne Kenntnisse im Bereich der Wurzeloberflächeninstrumentierung, was eine geringe Selbstwirksamkeit hinsichtlich der Fähigkeit zur Durchführung einer effektiven Patientenbehandlung bedeuten kann. Wenn ein Studierender seine Instrumentierungsfähigkeiten verbessert und dies für ihn auch erkennbar ist, steigert sich seine Selbstwirksamkeit und somit die Fähigkeit, einen Patienten effektiv zu behandeln. Die Selbstwirksamkeit wird durch den Erwerb von Wissen, Vertrauen und Fähigkeiten erhöht, die für den Erfolg erforderlich sind (Bandura, 1977). Eine erhöhte Selbstwirksamkeit der Studierenden kann außerdem mit der Visualisierung der Instrumentierung und Reinigung der Wurzeloberfläche in Verbindung gebracht werden. Durch den Einsatz des PE im Rahmen der Ausbildung werden die Studierenden zum Denken und Analysieren in Form der Bewertung und Einordnung der optischen Eindrücke herausgefordert. Bei einer Studie von Westfelt et al. (Westfelt et al., 2013) wurden Nichtanästhesisten (Ärzte und Krankenschwestern) in einer hybriden Simulation (Humanpatienten-Simulator und Endoskopie-Simulator) geschult, Propofol bei der Magen-Darm-Endoskopie zu verabreichen, mit dem Ergebnis, dass das systematische, zielgerichtete Training mit dem Endoskop zu einer erhöhten Selbstwirksamkeit der Studienteilnehmer führte. Die Autoren führten die Ergebnisse darauf zurück, dass die Probanden ihre Technik und die Platzierung der Instrumente visualisieren und somit überprüfen konnten.

In der vorliegenden Untersuchung fanden sich keine Unterschiede bei der Fragestellung zur Schwierigkeit der Wurzeloberflächeninstrumentierung in beiden Gruppen der Studierenden und in rund 80 % der Fälle empfanden alle die Reinigung als schwierig. Im Rahmen der Studie wurde keine Befragung vor der Verwendung des PE durchgeführt, es kann somit keine Aussage darüber getroffen werden, inwiefern das PE die Selbstwirksamkeit der Probanden tatsächlich beeinflusst hat. Da es aber, wie bereits erwähnt, die Sicht in die parodontale Tasche ermöglicht und dabei hilft, eine schwierige Wurzeloberflächeninstrumentierung zu bewältigen (Harrel&Wilson, 2014; Kuang et al., 2017; Stambaugh et al., 2002), kann es zur Perfektionierung der Fähigkeiten der Wurzeloberflächeninstrumentierung beitragen. Um das Gefühl der Kompetenz weiterhin zu steigern, könnte die mehrfache Verwendung des PE im studentischen Curriculum möglicherweise zu noch mehr Selbstwirksamkeit verhelfen.

Wie ist die Befragung der betreuenden Kursassistenten hinsichtlich der Verwendung des Endoskops im Studentenkurs zu bewerten?

Für die Beantwortung der Frage danach, ob der Einsatz eines dentalen Endoskops in der Lehre sinnvoll ist, sollte neben der Einschätzung der Studierenden auch die Befragung der Lehrenden einbezogen werden. Jedoch konnte in der vorliegenden Studie aufgrund der Personalstärke des Funktionsbereiches Parodontologie nur eine kleine Menge an Personen befragt werden ($n = 6$), von der alle Personen bereits regelmäßig mit dem PE arbeiten (Selektionsbias).

Im Allgemeinen ist es aus Sicht der Lehrenden wichtig, zu verstehen, wie Studierende eine gute Lernerfahrung interpretieren. Dies kann helfen, Curricula anzupassen und weiterzuentwickeln. Wie die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen (Abb. 7), waren die Kursassistenten nur teilweise davon überzeugt, dass die Studierenden die am Phantom erlernten Fähigkeiten durch Unterstützung des PE besser auf die Patientenbehandlung übertragen können. Allerdings waren alle (100 %) davon überzeugt, dass das Endoskop die Komplexität der Erkrankung leichter begreifbar macht. Deshalb kann angenommen werden, dass die Lehrenden grundsätzlich den Einsatz des Endoskops für sinnvoll erachten. Zu berücksichtigen ist aber, dass der Betreuungsaufwand für die Kursassistenten bei Verwendung des Endoskops steigt. Die Aufklärung der Studierenden, die Einführung in die Verwendung des PE und die eigentliche Behandlung erfordern besonders bei der Erstanwendung mehr Zeit (Graetz et al., 2020). Hier ist zu prüfen, ob die individuellen Gegebenheiten am Ausbildungsort diesen Mehraufwand zulassen. Ein weiteres Hindernis für den Einsatz des PE in der Ausbildung sind die Kosten für Anschaffung und Verwendung des Geräts.

5.2. Klinische Parameter

Beide Behandlungsmethoden verbesserten die parodontalen Parameter ST, CAL und BOP, was mit den aktuellen Erkenntnissen über die Wirksamkeit einer NSPT übereinstimmt (Heitz-Mayfield et al., 2002; Pihlstrom et al., 1983; Suvan, 2005), wobei neben anderen signifikanten Prädiktoren für kein BOP nach NSPT die nPE-Gruppe identifiziert wurde ($B = -0,326$, $p = 0,015$). Die Ergebnisse auf Zahnoberflächenebene zeigten eine signifikant geringere Anzahl von Stellen mit einem positiven BOP für beide Behandlungsgruppen. Auf Patientenebene wurden

jedoch weder innerhalb noch zwischen den Gruppen von PE und nPE signifikante Unterschiede in der Nachbeobachtung nach im Mittel vier Monaten gefunden. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu einer publizierten klinischen Untersuchung von Naicker et al. (2021), die einen reduzierten BOP von über 70 % in beiden Behandlungsgruppen beobachteten. Die Ergebnisse dieser Studie, die einen signifikant niedrigeren BOP mit PE-unterstützter NSPT zeigen, wurden jedoch erst nach sechs, neun und zwölf Monaten erfasst. Dies deutet darauf hin, dass länger nachbeobachtet werden sollte, ob die endoskopisch assistierte Behandlung langfristig bessere Ergebnisse für den BOP erzielen kann. Naicker et al. (2021) stellten zudem fest, dass die PE-unterstützte NSPT zu einem leichten, statistisch signifikanten Vorteil bei Taschentiefen von mehr als 6 mm (bis zu 9 mm) führte und um mehrwurzelige Zähne herum ein größerer röntgenologischer Knochenaufbau zu verzeichnen war. Auch ein solcher klinischer Vorteil konnte im Rahmen der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Ähnlich wie bei den Ergebnissen für BOP waren auf Patientenebene keine signifikanten klinischen Vorteile für die PE-unterstützte NSPT in Bezug auf ST und CAL nachweisbar.

Möglicherweise sind die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung und der von Naicker et al. (2021) durch die beeinflussenden Risikofaktoren erklärbar (Papapanou et al., 2018). Unsere Untersuchung erfolgte im *Splitmouth*-Design (Naicker et al. als zweiarmlige Kohortenstudie), weshalb Parameter auf Patientenebene für Test- und Kontrollzähne gleichermaßen kontrollierbar waren. Dazu zählen zum Beispiel Rauchen (45 % aller eingeschlossenen Patienten waren Raucher, und ehemalige Raucher wurden als Nichtraucher klassifiziert, wenn sie seit mindestens fünf Jahren nicht mehr geraucht hatten) (Lang&Tonetti, 2003), Diabetes oder Mundhygiene-Compliance (Papapanou et al., 2018). Jedoch kann dies nicht ausreichend das Fehlen klinischer Unterschiede zwischen den Gruppen erklären.

Um Einschränkungen speziell bei den Ergebnissen für BOP zu überwinden, wurde im Vorfeld eine Untersucherkalibrierung zur standardisierten Sondierung mit gleichmäßigem Druck von 0,20–0,25 Newton mit der Parodontalsonde durchgeführt, um reproduzierbare Messungen zu gewährleisten.

5.3. Behandlungsdauer

Die Behandlungsdauer mit PE ist signifikant länger und beträgt fast das Doppelte der Behandlungszeit von nPE ($p < 0,001$). Mit einem erhöhten Zeitaufwand mit dem PE von 4,2 min pro Zahn sind die Ergebnisse mit zuvor veröffentlichten in-vitro-Ergebnissen vergleichbar (Graetz et al., 2020). Eine bereits veröffentlichte Studie (Michaud et al., 2007) zeigte jedoch eine mittlere Behandlungszeit pro Zahn von 19 min mit PE gegenüber 13 min ohne PE und ergab einen statistisch signifikanten Unterschied von 6 min ($p < 0,001$). Es ist somit zu beachten, dass die Behandlungszeit ohne PE in diesen Untersuchungen erheblich länger war als in der aktuellen Kontrollgruppe (Geisinger, 2018; Geisinger et al., 2007; Michaud et al., 2007). Ein Grund für diese Unterschiede in der Behandlungszeit zwischen der durchgeführten Studie und anderen Studien könnte sein, dass alle in diesen Studien bewerteten Zähne zuvor aus prothetischen oder parodontalen Gründen als nicht erhaltungsfähig oder nicht therapierbar eingestuft wurden. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Zähne im Vergleich zu Zähnen, die in der Regel im Rahmen der NSPT behandelt werden, einen erhöhten Behandlungsbedarf aufwiesen (Sanz et al., 2020). Außerdem können die erhöhten Gingivaindizes (GI), erhöhte Mobilität, Granulationsgewebe sowie kariöse Läsionen (Geisinger, 2018) die Fähigkeit des Behandlers, das PE zu verwenden, beeinträchtigt haben. Das in der aktuellen Studie identifizierte Verhältnis der Behandlungszeit von 1:2 zwischen den Behandlungsgruppen scheint somit die zahnärztliche Praxis realistischer wiederzugeben. Zudem kann die zusätzliche Zeit von fast zwei Minuten pro Zahn als akzeptabel angesehen werden. Insbesondere im Rahmen der Reevaluationsuntersuchung zur Bewertung davon, ob eine zusätzliche Behandlung der verbleibenden entzündeten Stellen notwendig ist, scheint es sinnvoll, die zusätzliche Zeit zu investieren (Osborn et al., 2014).

Nicht außer Acht gelassen werden darf eine immer bestehende Lernkurve. Auch wenn die Kursassistenten als erfahren im Umgang mit dem PE eingestuft werden können (Graetz et al., 2020), muss nach Geisinger et al. der Einfluss der Erfahrung und des Trainings des Behandlers mit dem PE immer in die Bewertung der Studienergebnisse miteinbezogen werden (Geisinger et al., 2007). In den genannten Studien (Geisinger et al., 2007; Michaud et al., 2007) wurde die Behandlungszeit zum Zeitpunkt der Patientenrekrutierung (erste Behandlungsgruppe, mittlere Gruppe und letzte Gruppe) getrennt analysiert, wobei davon ausgegangen wurde, dass die Behandler am Ende der Studie erfahrener und folglich schneller waren (erste Gruppe: 26,34 +- 5,63 min pro Zahn; mittlere Gruppe: 20,04 +- 4,81 min pro Zahn; letzte Gruppe: 15,23

+ 3,35 min pro Zahn). Allerdings fehlt eine genaue Analyse der Behandlungszeit pro Zahn, da lediglich die Gesamtbehandlungszeit durch die Anzahl aller behandelten Zähne mit oder ohne PE dividiert wurde. Es waren darüber hinaus keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Behandlungszeit zwischen Test- und Kontrollzähnen in allen drei Behandlungsgruppen erkennbar. Zudem verringerte sich der Unterschied mit zunehmender Erfahrung des Behandlers mit dem PE. Die benötigte Zeit nähert sich dementsprechend der Zeit an, die für die Durchführung einer herkömmlichen subgingivalen Instrumentierung erforderlich ist (Geisinger et al., 2007; Osborn et al., 2014).

Im Rahmen der durchgeführten Studie erfolgte ebenfalls eine Einteilung in drei Behandlungsgruppen, bestimmt durch den Zeitpunkt der Patientenrekrutierung im Kurs (frühe Behandlungsgruppe (Mittelwert (SD) TrT in nPE / PE: 2,53 (1,01) / 5,20 (1,73); $p < 0,001$), mittlere Behandlungsgruppe (Mittelwert (SD) TrT in nPE / PE: 2,09 (0,91) / 3,98 (2,26); $p < 0,001$) und späte Behandlungsgruppe (mittlere (SD) TrT in nPE / PE: 2,14 (0,77) / 3,32 (2,07); $p \leq 0,001$)). Die aktuellen Ergebnisse unterstützen somit die vorhandenen Studien (Geisinger et al., 2007; Osborn et al., 2014). Es kann für erfahrene Anwender (bezüglich PE) angenommen werden, dass bei entsprechender Lernkurve der Zeitverlust durch die Verwendung des PE irgendwann vernachlässigbar ist (Graetz et al., 2020). Jedoch deutet die Lernkurve in der vorliegenden Studie an, dass für die Verkürzung der Behandlungsdauer insbesondere eine kontinuierliche Anwendung neben dem ausreichenden Vertrauen in und Wissen über die Technologie notwendig ist, um effektiv die Behandlungszeit zu verkürzen.

5.4. Diagnostizierung harter subgingivaler Auflagerungen

In der PE-Gruppe wurden fast 8 % mehr subgingivale harte Auflagerungen unter allen Zahnoberflächen diagnostiziert als in der nPE-Gruppe (nPE / PE: $n = 1380 / n = 1362$); nPE: 6,2 % / PE: 14 %). Es stellt sich die Frage, ob die Ergebnisse indizieren, dass eine Visualisierung der Wurzeloberfläche unerlässlich ist. In diesem Zusammenhang ist es von zentraler Bedeutung, dass eine Reduktion der subgingivalen Mikroorganismen nach wie vor das Schlüsselement für eine erfolgreiche Parodontitistherapie darstellt und die vollständige Entfernung der subgingivalen harten Konkreme nicht notwendig ist (Lopez et al., 2006; Mombelli et al., 1995). Die vollständige Entfernung harter Auflagerungen von den Wurzeloberflächen kann einen positiven Heilungseffekt haben (Cobb, 2002), jedoch wurde eine ähnliche Tendenz zur parodontalen Heilung auch bei nahezu geglätteten Restkonkrementen beschrieben (Kocher

et al., 2001; Nyman et al., 1988). Derzeit ist noch unklar, inwiefern der quantitative und qualitative Anteil oraler Biofilme und von Konkrementen mit gesunden parodontalen Bedingungen korreliert (Laleman et al., 2017). Eine vollständige Entfernung harter Auflagerungen auf der Wurzeloberfläche ist somit zwar wünschenswert, scheint aber für das Ausgleichen der mikrobiellen Dysbiose nicht zwingend erforderlich zu sein.

Grundsätzlich sollte angenommen werden, dass auch im Rahmen einer konventionellen Instrumentierung (in überlappenden Bahnen) eine effektive Entfernung subgingivaler harter Auflagerungen gewährleistet ist, wenn systematisch gearbeitet wird (Drisko et al., 2000). Zu betonen ist, dass bei einem nicht chirurgischen Ansatz der Behandler allein den Tastsinn beziehungsweise Taktilität verwendet, um zu bestimmen, ob alle krankheitsverursachenden Auflagerungen oder Oberflächenrauigkeiten bzw. -fehlbildungen (z. B. Schmelzfehlbildungen auf dem Wurzelzement nach Traumata) entfernt wurden. Bei der rein taktilen Methode ohne Zugänglichkeit oder Visualisierung der subgingivalen Wurzeloberfläche mangelt es an Sensitivität, Spezifität und Reproduzierbarkeit (Archana, 2014). Dennoch verbessert ein geschlossenes subgingivales Instrumentieren in der Regel die Gesundheit erkrankten parodontalen Gewebes. Jedoch gibt es Fälle, in denen sich die Ergebnisse nach einem geschlossenen Vorgehen nicht verbessern, was auf verbliebene subgingivale harte Auflagerungen zurückzuführen sein könnte, die der Behandler nicht detektieren konnte (Harrel&Wilson, 2014; Kopic et al., 1990). Eine zwangsläufige Detektion subgingivaler Auflagerungen kann aufgrund mangelnder Sicht nicht nachgewiesen werden (Pippin&Feil, 1992). Es kann deshalb angenommen werden, dass eine Wurzeloberflächeninstrumentierung vorhersehbarer ist, wenn die Wurzel sichtbar gemacht wird. Dies ist der Hauptgrund für die Durchführung parodontalchirurgischer Eingriffe. Hier stärkt das PE die Möglichkeit, ursächliche Aspekte der Parodontitis im Rahmen eines minimalinvasiven Vorgehens zu visualisieren und verbesserte Behandlungsergebnisse zu erzielen (Blue et al., 2013). In der durchgeführten Untersuchung wurden signifikant mehr Konkremente gefunden, wenn das PE verwendet wurde, als wenn es nicht verwendet wurde (PE: 14 % / nPE: 6,2 %). Wie von Kuang et al. beschrieben (Kuang et al., 2017), kommen weitere vorherige Studien ebenfalls zu verbesserten Ergebnissen bei der Entfernung harter Auflagerungen bei Verwendung des PE (Geisinger et al., 2007; Michaud et al., 2007). Anhand der Ergebnisse ist auch erkennbar, dass die zusätzliche Verwendung des PE während der NSPT im Rahmen der Studie besonders vorteilhaft für die Behandlung mehrwurzeliger Zähne war. Die klinische Studie von Michaud

et al. stellte im Gegensatz dazu keine signifikant verbesserte Entfernung harter Auflagerungen bei mehrwurzeligen Zähnen fest (Michaud et al., 2007). Andere Studien, die konventionelle Instrumentierung untersuchten, konnten keine Unterschiede in der Effektivität hinsichtlich des Zahntyps feststellen (Caffesse et al., 1986; Rabbani et al., 1981). Insgesamt wurde jedoch sichtbar, dass Molaren, die weniger zugänglich sind, in beiden Gruppen bei T0 die geringste Menge an nachweisbaren subgingivalen harten Auflagerungen aufwiesen (Tabelle 5, $p < 0,01$). Dies ist konträr zu Studienergebnissen von Michaud und Checchi (2009; 2007). Zudem zeigte sich bei einer zuvor untersuchten in-vitro Simulation am Phantomkopf, dass bei Verwendung des PE die Effektivität der Entfernung harter Auflagerungen im Seitenzahnbereich geringer (45,45 %) als im Frontzahnbereich (63,64 %) war (Graetz et al., 2020). Die Ergebnisse unterstreichen die grundsätzlich schwierige Zugänglichkeit des retralen Seitenzahnbereichs. In der PE-Gruppe kommt die gewöhnungsbedürftige Handhabung der angulierten Instrumente des PE hinzu, die Übung erfordert (Kuang et al., 2017). Wie jedoch bereits in Bezug auf die klinischen Parameter (BOP, ST und CAL) diskutiert wurde, muss bedacht werden, dass die vorliegende Studie in einem universitären Rahmen durchgeführt wurde. Die subgingivale parodontale Instrumentierung erfolgte ohnehin systematisch unter ständigem Kontakt zwischen der Spitze des Instruments und dem Zahn (Drisko, 2001; Zappa, 1992), sodass der zusätzliche Nutzen der erweiterten Visualisierung subgingivaler harter Auflagerungen durch das PE für einen erfahrenen systematisch arbeitenden Behandler eher als minimal einzuschätzen ist.

5.5. Diskussion der studienbedingten Limitationen

Die durchgeführte Studie hat Einschränkungen, die dazu führen, dass die Ergebnisse aufgrund zahlreicher Faktoren nur bedingt verallgemeinert werden können.

5.5.1. Limitationen der Methodik der Erhebung der Umfrageergebnisse

Die Daten wurden von einer kleinen Stichprobe erhoben, die auf die Studierenden der Zahnmedizin des achten Semesters der Christian-Albrechts-Universität in Kiel sowie deren parodontologische Kursassistenten beschränkt war. Bei einer größeren Probandengruppe wäre die Aussage über den Vergleich von Studierenden, die das PE verwendet haben, und denen, die es noch nicht verwendet haben, von größerer Bedeutung. Zudem wurde die Umfrage sowohl bei den betreuenden Kursassistenten als auch bei den Studierenden mit

einem identischen Fragebogen durchgeführt, da dieser bereits in einer vorhergehenden Untersuchung validiert worden war (Graetz et al., 2021). Bei den Kursassistenten bestand jedoch das Risiko, dass sie die Fragen aufgrund der folgenden Formulierungen „ich kann nachvollziehen; mir fiel es leichter; für mich begreifbarer“ irrtümlich auf sich selbst bezogen haben. Sie waren aufgefordert, ihre Einschätzung bezogen auf die Studierenden abzugeben, dennoch hätte ein separater Fragebogen für die Kursassistenten mit anderen Formulierungen erstellt und validiert werden können, um Missverständnissen vorzubeugen und eindeutigere Ergebnisse zu erzielen.

Des Weiteren wurde im Rahmen der Studie eine umfassende Umfrage ausschließlich zum Kursende durchgeführt. Eine zusätzliche Befragung zu Beginn des Studentenkurses wäre sinnvoll gewesen, da dann ein entsprechender Vergleich möglich gewesen wäre. Insbesondere bei der Fragestellung der veränderten Wahrnehmung des Krankheitsbildes einer Parodontitis sowie dem Einfluss des PE auf die Selbstwirksamkeit der Studierenden wäre ein Vorher-nachher-Vergleich aufschlussreich gewesen. Gleiches gilt für die Verwendung des PE durch die Studierenden der PE-Kohorte. Nicht jeder Studierende dieser Kohorte hat selbst mit dem Gerät instrumentiert, teilweise wurde nur assistiert und über den Monitor die Behandlung in Echtzeit verfolgt. Somit kann das Ergebnis der Einschätzung der Fragen zur besseren Übertragbarkeit vom Phantomkopf auf die Patientenbehandlung und zur leichteren Bewältigung der Schwierigkeit der kompletten Wurzeloberflächenreinigung nicht 1:1 verglichen werden.

Aufgrund der beschriebenen Limitationen erfolgte die Auswertung der Fragebogenergebnisse eher deskriptiv und weitere umfangreichere Untersuchungen sollten die Ergebnisse der Pilotstudie ergänzen, um festzustellen, ob die Ausbildung der Studierenden durch die Verwendung eines dentalen Endoskops verbessert wird.

5.5.2. Limitationen der Methodik der Erhebung der klinischen Daten

Zu Studienbeginn wurden unterschiedliche Schweregrade einer Parodontitis bei den Patienten diagnostiziert. Es wurden nur Patienten mit den Parodontitisstadien III oder IV eingeschlossen. Diese Unterschiede können insbesondere bei den Ergebnissen der klinischen Parameter eine Rolle gespielt haben. Durch eine sorgfältige Auswahl der Kurspatienten und Einschluss- und Auswahlkriterien wurde eine gewisse Vergleichbarkeit hinsichtlich der Ausgangssituation dennoch gewährleistet. Eventuelle Störfaktoren ergeben sich auch durch

individuelle Patienteneinflüsse, doch diese können die Studienergebnisse nicht absehbar beeinflusst haben. Da Faktoren wie Patienteneigenschaften die Heilung beeinflussen können, wurde ein *Splitmouth*-Design gewählt, um den Einfluss der Störgröße zu minimieren. Hier spielt vor allem die häusliche Mundhygiene eine Rolle, die nicht kontrolliert werden konnte. Durch konkrete Instruktion der Probanden hinsichtlich ihres Zahnputzverhaltens und der Zwischenraumpflege wurde versucht, die Relevanz dieser Störgröße gering zu halten. Zudem könnten, wie bereits erwähnt, individuelle Risikofaktoren die Ergebnisse beeinflusst haben (Papapanou et al., 2018). Eine signifikant ungünstigere ST-Reduktion tiefer Taschen bei rauchenden Patienten muss angenommen werden (Wan et al., 2009) und hat wahrscheinlich auch die vorliegenden Therapieergebnisse mit beeinflusst.

Ein weiterer möglicherweise limitierender Faktor ist, dass die NSPT zwar hauptsächlich bei Parodontitis-Patienten im Stadium III durchgeführt wurde, aber nicht gewährleistet war, dass bei jedem Patienten mehr als zwei Stellen mit einer Sondierungstiefe von mehr als 6 mm vorhanden waren. Um diese Einschränkung zu überwinden, wurde eine Multilevel-Analyse durchgeführt. Dennoch könnte das mögliche Fehlen des Patientenmerkmals einer ST von mehr als 6 mm als eine der primären Indikationen für die Anwendung von PE den klinischen Nutzen der Anwendung auf ST, CAL oder BOP in der aktuellen Studie eingeschränkt haben. Hinzu kommt, dass die Behandlungen und Messungen bei den einzelnen Patienten nicht komplett vergleichbar sind. Alle Behandler haben zwar mehrjährige Erfahrung, dennoch könnte der individuelle Umgang mit dem PE Einfluss auf das Therapieergebnis gehabt haben. Jedoch waren die Behandler mit dem PE gleichermaßen trainiert (Graetz et al., 2020).

Weiterhin erfolgte im Rahmen der Studie die Diagnostizierung und Entfernung erkennbarer subgingivaler harter Auflagerungen ohne eine vorherige Quantifizierung und Einteilung der harten Auflagerungen (Anzahl der HDs vor der Therapie) (Checchi et al., 2009). Da Zahnextraktionen oder ein chirurgischer Eingriff an T1 bei keinem der behandelten Patienten weder für notwendig erachtet noch durchgeführt wurde, konnte die Effektivität der subgingivalen Konkremententfernung nicht überprüft werden. Außerdem wurde die Wurzeloberfläche an T1 nicht nochmals mit PE kontrolliert, weder in der Test- noch Kontrollgruppe. Beides unterblieb aus ethischen Überlegungen, da dies (1) bei den zu erwartenden klinischen Veränderungen mit deutlicher Reduktion der ST einen unnötigen und mitunter schmerzhaften Eingriff dargestellt hätte und (2) ein chirurgischer Eingriff nicht indiziert war.

Der Fokus lag auf der Untersuchung des Nutzens der PE-unterstützten NSPT unter den typischen klinischen Behandlungsbedingungen und nicht unter außergewöhnlich herausfordernden Bedingungen. Außerdem schließen außergewöhnliche Bedingungen die Behandlung hoffnungsloser Zähne mit hohen Mengen an Granulationsgewebe und Mobilität ein, die entsprechend ihrer Prognose bei T0 sofort extrahiert worden wären wie es z. B. in der Studie von Geisinger et al. erfolgte (Geisinger et al., 2007). Schlussendlich ist es problematisch, dass nachfolgende Untersuchungen längere Nachbeobachtungszeiträume mit sechs oder zwölf Monaten wählten (Naicker et al., 2021).

5.6. Schlussfolgerung und Ausblick

Fazit dieser Studie ist, dass die Übertragbarkeit des theoretischen Wissens vom Phantomkopf auf die Patientenbehandlung, die Nachvollziehbarkeit der Ätiologie der Pathogenesen parodontaler Erkrankungen und das Ausmaß der Gewebedestruktion den Studierenden leichter fiel, die das PE in der Behandlung verwendet haben. Es ist auch davon auszugehen, dass das PE für eine positive Entwicklung der Selbstwirksamkeit der Studierenden verantwortlich ist und sich die Mehrheit der Studierenden aufgrund dessen in der Lage fühlt, eine vollständige Reinigung der Wurzeloberfläche im Rahmen der Instrumentierung zu erzielen. Für eine konkrete Aussage darüber, inwiefern das Endoskop die Selbstwirksamkeit tatsächlich beeinflusst hat, fehlt es jedoch studienlimitiert an einem direkten Vorher-nachher-Vergleich.

Zur Verifizierung der vorgestellten Studienergebnisse sollten weitere Studien mit einer größeren Anzahl an Teilnehmern konkreter den Zusammenhang der Selbstwirksamkeit der Studierenden und der Verwendung des PE untersuchen.

Hinsichtlich der klinischen Wirksamkeit kann innerhalb der Grenzen der Studie gezeigt werden, dass die Veränderung der klinischen Studienparameter BOP, ST und CAL keinen zusätzlichen Nutzen für den Einsatz der minimal-invasiven Technik der Endoskopie gegenüber der konventionellen Vorgehensweise im Rahmen der primären Therapiephase der NSPT zeigt. Ein möglicher Grund dafür, warum sich kein Vorteil nachweisen ließ, liegt vermutlich im systematischen Vorgehen während der Instrumentierung nach dem Kieler Konzept. Dabei wird vom Behandler unter ständigem Kontakt mit der Wurzeloberfläche in überlappenden Bahnen instrumentiert. Hinsichtlich der Erkennung subgingivaler Konkremete für die PE-Gruppe konnten signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zur nPE-Gruppe erzielt werden.

Das erfolgreiche Detektieren und die Entfernung subgingivaler Auflagerungen mit dem PE scheint leichter möglich. Dies zeigen auch Ergebnisse klinischer Studien zur Wurzeloberflächeninstrumentierung, durchgeführt an hoffnungslosen Zähnen, die für die Analyse der Reinigungsleistung nach der Therapie extrahiert wurden (Geisinger et al., 2007; Michaud et al., 2007). Dennoch erlauben die Ergebnisse der durchgeführten Studie hinsichtlich der Einschätzung der Reinigungsleistung bei der Entfernung subgingivaler Konkremente methodenimmanent keine Aussage und dürfen nicht überbewertet oder auf die gesamte Parodontitistherapie verallgemeinert werden. Gegenstand weiterer Studien sollte deshalb sein, inwiefern die Anwendung eines PE in anderen Phasen der Parodontitistherapie sinnvoll sein kann. Beispielsweise in der UPT, wo subgingival nur wenige lokale harte Auflagerungen zu erwarten sind und eine gezielte, substanzschonende Wurzeloberflächeninstrumentierung im Vordergrund steht, sollten Studien die Effizienz eines PE bei der Behandlung untersuchen. Zusätzlich ist anzunehmen, dass mit jedem zusätzlichen Gerät, das für die subgingivale Visualisierung verwendet wird, eine bessere Beziehung zwischen Zahnarzt und Patient entsteht, basierend in erster Linie auf der erleichterten Nachvollziehbarkeit der Behandlung für den Patienten. Der positive Einfluss einer guten Patienten-Behandler-Beziehung auf Behandlungsergebnisse wurde bereits in anderen medizinischen Bereichen nachgewiesen (Chipidza et al., 2015; Hall et al., 2010). Dadurch verringert sich möglicherweise die Behandlungszeit, übermäßige Instrumentierung wird gegebenenfalls verhindert und Beschwerden gemindert, was zu einer verbesserten Compliance führen kann (Amerio et al., 2020).

Das Bestreben im Rahmen der Lehre im Fachbereich Parodontologie ist es, das Wissen hinsichtlich der Komplexität der Erkrankungen, Anatomien und morphologischer Besonderheiten mit vielseitigen Methoden, unter anderem mit der zukunftsweisenden Technik der Endoskopie, stets zu verbessern (Schorr, 2020). Mit der Studie ist ein erster Schritt für die Integration des PE als Teil der klinischen Lernerfahrung gelungen, jedoch muss dies nachfolgend noch deutlich weiter ausgebaut werden, um die erforderlichen Kompetenzen im Umgang mit der minimal-invasiven Technik und den allgemeinen Gedanken einer präventiven Zahnmedizin nachhaltig im Curriculum zu etablieren.

6. Zusammenfassung

Trotz bedeutsamer Fortschritte im Rahmen der Parodontitistherapie der letzten Jahre bleibt die subgingivale Instrumentierung im Rahmen der nicht chirurgischen Parodontitistherapie aufgrund fehlender Sicht limitiert. Dem kommt die Verwendung von Endoskopen im Zahnfleischsulkus als minimalinvasive Diagnostik- und Therapieform entgegen.

Mit einem für die Zahnmedizin modifizierten medizinischen Endoskop (PE) wurde in der vorliegenden Studie untersucht, ob die Verwendung der neuen Technologie eine ergänzende Methode für die Lehre im Fachbereich Parodontologie darstellt. Primäres Ziel der Pilotstudie war der Nachweis einer verbesserten zahnärztlichen Ausbildung mittels PE im studentischen Behandlungskurs Parodontologie. Sekundär wurden neben der Erfassung der Behandlungszeit auch klinische Faktoren (Bluten auf Sondieren (BOP), Attachmentlevel (CAL), Sondierungstiefe (ST)) sowie die Anzahl diagnostizierter subgingivaler harter Auflagerungen bei den Patienten des studentischen Behandlungskurses ausgewertet. Dies erfolgte im *Splitmouth*-Design, wobei 20 Studierende des achten Semesters unter Supervision von fünf Assistenzärzten eine Wurzeloberflächeninstrumentierung durchführten. Die Nachkontrolle der Instrumentierung erfolgte durch die behandlungserfahrenen Kursassistenten, wobei im Vorfeld randomisiert festgelegt wurde, in welchen zwei diagonal zueinander liegenden Quadranten die Kontrolle jeweils durch die Verwendung eines PE (Testquadranten) unterstützt oder ohne PE durchgeführt wird (Kontrollquadranten). Eine Reevaluation der Behandlung erfolgte nach 4 ± 1 Monaten am Ende des Behandlungskurses. Zeitgleich beantworteten sowohl die Studierenden als auch die Kursassistenten Fragen zur Verwendung des PE. Die statistische Auswertung erfolgte entsprechend der vorgefundenen Nichtnormalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test / Shapiro-Wilk-Test) aller Daten mittels eines Mann-Whitney-U-Tests interindividuell. Die statistische Analyse der Patientendaten wurde mehrstufig auf Zahnflächen- und Patientenebene durchgeführt (keine Normverteilung; Mann-Whitney-U-Test).

Die deskriptive Auswertung der Befragung der Studierenden ließ darauf schließen, dass diese durch das PE eine andere Perspektive der subgingivalen Wurzelmorphologie erhielten und ein zusätzliches Bewusstsein über die Komplexität von Parodontalerkrankungen erlangten. Jedoch fanden sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Studienkohorten. Darüber hinaus sind keine konkreten Aussagen darüber möglich, inwiefern das PE die Selbstwirksamkeit der Studierenden im Behandlungskurs beeinflusst hat.

Hinsichtlich der klinischen Behandlungsergebnisse fanden sich für keine Parameter signifikante Unterschiede auf Patientenebene ($n = 20$), weder innerhalb noch zwischen den Gruppen mit PE oder ohne PE. Auf der Ebene der Zahnflächen wurde in der Gruppe ohne das PE eine geringere Anzahl von Flächen mit BOP ($p = 0,026$) beobachtet. CAL und ST verbesserten sich während der Behandlungsphase in beiden Gruppen signifikant ($p \leq 0,001$), mit einer höheren ST-Reduktion ($p < 0,001$) und CAL-Zunahme ($p < 0,001$) in der Gruppe ohne das PE. Eine signifikant längere Behandlungszeit ($p < 0,001$) und mehr Oberflächen mit subgingivalen harten Auflagerungen waren bei PE-Nutzung zu beobachten ($p = 0,001$).

Grundsätzlich kann aufgrund der Studienergebnisse auf (1) eine signifikant verbesserte Visualisierung subgingivaler harter Auflagerungen und (2) ein verbessertes Verständnis der Zahnmorphologie geschlossen werden. Die Verwendung eines PE im zahnärztlichen Curriculum stellt eine hilfreiche Ergänzung bisheriger Lehrmethoden für die Studierenden des achten Semesters dar, jedoch war kein zusätzlicher Nutzen eines PE gegenüber der konventionellen Vorgehensweise im Rahmen der nicht chirurgischen Parodontitistherapie für die behandelten Kurspatienten erkennbar.

7. Befundbogen

Pat.Nr. _____

EVALUATION

Bitte die Lokalisation der **verbliebenen Konkremete deutlich einzeichnen** und die Daten für jeden Quadranten eintragen.

1.Quadrant

mit /ohne Perioscopy (bitte einkreisen)

Behandler _____

Behandlungszeit _____

Datum _____

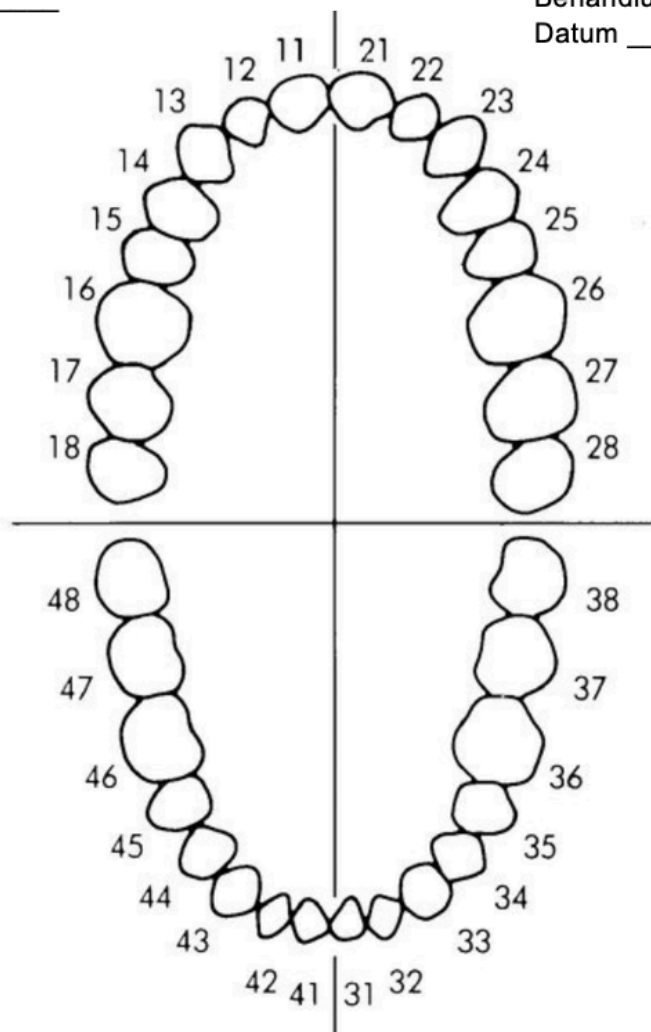
2.Quadrant

mit /ohne Perioscopy (bitte einkreisen)

Behandler _____

Behandlungszeit _____

Datum _____



4.Quadrant

mit /ohne Perioscopy (bitte einkreisen)

Behandler _____

Behandlungszeit _____

Datum _____

3.Quadrant

mit /ohne Perioscopy (bitte einkreisen)

Behandler _____

Behandlungszeit _____

Datum _____

8. Fragebogen

Evaluation Patientenbehandlung Kurs II - Parodontologie

Geschlecht Männlich Weiblich

Alter 20-29Jahre ≥30Jahre

Berufserfahrung/ Fachwissen mit (zahn-)medizinischen Hintergrund vorhanden

Ja Nein

Wurde während ihrer Patientenbehandlung in der Koje ein dentales Endoskop (Perioscopy®) benutzt?

Ja Nein

Bitte beantworten Sie die Fragen individuell für sich und nutzen Sie zur Beantwortung die Gradeinteilung von 1(trifft nicht zu) bis 5 (trifft zu).

1. Am Ende des Kurs II habe ich die Ätiologie und Pathogenese parodontaler Erkrankungen verstanden und kann diese nachvollziehen.

1 trifft zu 2 trifft eher zu 3 teils-teils 4 trifft eher nicht zu 5 trifft nicht zu

2. Nach dem Kurs fällt es mir leichter die individuelle parodontale Krankheitsaktivität von Patientinnen und Patienten zu beurteilen sowie die individuell relevanten ätiologischen Faktoren zu gewichten (Patientenebene) und bei der Therapie berücksichtigen.

1 trifft zu 2 trifft eher zu 3 teils-teils 4 trifft eher nicht zu 5 trifft nicht zu

3. Durch die praktische Arbeit am Patienten wurde für mich das Ausmaß und die Schwere der manifesten parodontalen Gewebsdestruktion sichtbar und begreifbarer.

1 trifft zu 2 trifft eher zu 3 teils-teils 4 trifft eher nicht zu 5 trifft nicht zu

4. Nach der Behandlung von Patienten mit Parodontitis sind mir anatomische Besonderheiten wie Wurzeleinziehungen, Furkationsbeteiligung oder morphologischen Besonderheiten (z.B. Wurzelengstand, subgingivale Kronenränder etc.) nachvollziehbarer geworden und deren (aufwendigere) Therapie hat für mich an Bedeutung gewonnen.

1 trifft zu 2 trifft eher zu 3 teils-teils 4 trifft eher nicht zu 5 trifft nicht zu

5. Mir fiel es leicht das theoretische Wissen und die Praktischen Übungen von den Phantomköpfen auf die Patientenbehandlung zu übertragen.

1 trifft zu 2 trifft eher zu 3 teils-teils 4 trifft eher nicht zu 5 trifft nicht zu

6. Mir fiel es am Kursende leichter die Schwierigkeit der Reinigung der kompletten Wurzeloberfläche zu beurteilen und diese zu bewältigen.

1 trifft zu 2 trifft eher zu 3 teils-teils 4 trifft eher nicht zu 5 trifft nicht zu

9. Literaturverzeichnis

Akcali, A. & Lang, N. P. (2018). Dental calculus: the calcified biofilm and its role in disease development. *Periodontol 2000*, 76(1), 109-115. DOI: 10.1111/prd.12151

Albandar, J. M. & Tinoco, E. M. (2002). Global epidemiology of periodontal diseases in children and young persons. *Periodontol 2000*, 29, 153-176. DOI: 10.1034/j.1600-0757.2002.290108.x

Aldosari, M. A., Aljabaa, A. H., Al-Sehaibany, F. S. & Albarakati, S. F. (2018). Learning style preferences of dental students at a single institution in Riyadh, Saudi Arabia, evaluated using the VARK questionnaire. *Adv Med Educ Pract*, 9, 179-186. DOI: 10.2147/AMEP.S157686

Amerio, E., Mainas, G., Petrova, D., Giner Tarrida, L., Nart, J. & Monje, A. (2020). Compliance with supportive periodontal/peri-implant therapy: A systematic review. *J Clin Periodontol*, 47(1), 81-100. DOI: 10.1111/jcpe.13204

Approbationsordnung für Zahnärzte. (1983). Bundesministerium für Gesundheit.

Archana, V. (2014). Calculus detection technologies: where do we stand now? *J Med Life*, 7 *Spec No. 2*, 18-23.

Asiry, M. A. (2016). Learning styles of dental students. *The Saudi Journal for Dental Research*, 7, 13-17.

Axelsson, P. & Lindhe, J. (1981). The significance of maintenance care in the treatment of periodontal disease. *J Clin Periodontol*, 8(4), 281-294. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1981.tb02039.x

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychol Rev*, 84(2), 191-215. DOI: 10.1037//0033-295x.84.2.191

Bassetti, M., Bassetti, R., Sculean, A. & Salvi, G. E. (2014). [Subcutaneous emphysema following non-surgical peri-implantitis therapy using an air abrasive device: a case report]. *Swiss Dent J*, 124(7-8), 807-817.

Benfenati, M. P., Montesani, M. T., Benfenati, S. P. & Nathanson, D. (1987). Scanning electron microscope: an SEM study of periodontally instrumented root surfaces, comparing sharp, dull, and damaged currettes and ultrasonic instruments. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 7(2), 50-67.

Bergstrom, J. (2014). Smoking rate and periodontal disease prevalence: 40-year trends in Sweden 1970-2010. *J Clin Periodontol*, *41*(10), 952-957. DOI: 10.1111/jcpe.12293

Blue, C. M., Lenton, P., Lunos, S., Poppe, K. & Osborn, J. (2013). A pilot study comparing the outcome of scaling/root planing with and without Perioscope technology. *J Dent Hyg*, *87*(3), 152-157.

Brayer, W. K., Mellonig, J. T., Dunlap, R. M., Marinak, K. W. & Carson, R. E. (1989). Scaling and root planing effectiveness: the effect of root surface access and operator experience. *J Periodontol*, *60*(1), 67-72. DOI: 10.1902/jop.1989.60.1.67

Bruns, C. J. (2013). Chirurgie und Lehre. *Der Chirurg*(84), 833-834.

Caffesse, R. G., Sweeney, P. L. & Smith, B. A. (1986). Scaling and root planing with and without periodontal flap surgery. *J Clin Periodontol*, *13*(3), 205-210. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1986.tb01461.x

Cepeda, M. S., Weinstein, R., Blacketer, C. & Lynch, M. C. (2017). Association of flossing/inter-dental cleaning and periodontitis in adults. *J Clin Periodontol*, *44*(9), 866-871. DOI: 10.1111/jcpe.12765

Chapple, I. L. C., Mealey, B. L., Van Dyke, T. E., Bartold, P. M., Dommisch, H., Eickholz, P., ... Yoshie, H. (2018). Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol*, *89 Suppl 1*, S74-S84. DOI: 10.1002/JPER.17-0719

Checchi, L., Montevecchi, M., Checchi, V. & Zappulla, F. (2009). The relationship between bleeding on probing and subgingival deposits. An endoscopical evaluation. *Open Dent J*, *3*, 154-160. DOI: 10.2174/1874210600903010154

Chipidza, F. E., Wallwork, R. S. & Stern, T. A. (2015). Impact of the Doctor-Patient Relationship. *Prim Care Companion CNS Disord*, *17*(5). DOI: 10.4088/PCC.15f01840

Clark, J. A., Volchok, J. A., Hazey, J. W., P.J., S. & Fanelli, R. D. (2005). Initial experience using an endoscopic simulator to train surgical residents in flexible endoscopy in a community medical center residency program. *Current Surgery*, *62*(1), 59-63.

Cobb, C. M. (2002). Clinical significance of non-surgical periodontal therapy: an evidence-based perspective of scaling and root planing. *J Clin Periodontol*, *29 Suppl 2*, 6-16.

Cowpe, J., Plasschaert, A., Harzer, W., Vinkka-Puhakka, H. & Walmsley, A. D. (2010). Profile and competences for the graduating European dentist - update 2009. *Eur J Dent Educ*, *14*(4), 193-202. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2009.00609.x

Curtis, J. W., Jr., McLain, J. B. & Hutchinson, R. A. (1985). The incidence and severity of complications and pain following periodontal surgery. *J Periodontol*, *56*(10), 597-601. DOI: 10.1902/jop.1985.56.10.597

Dahmen, U., Sanger, C., Wurst, C., Arlt, J., Wei, W., Dondorf, F., ... Dirsch, O. (2013). Videounterstutzte Selbstkontrolle in der chirurgischen Lehre. *Der Chirurg*(84), 851-858.

Dannewitz, B., Holtfreter, B. & Eickholz, P. (2021). Periodontitis - therapy of a widespread disease. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* (64), 931-940.

Dedmon, M. M., Xie, D. X., BP, O. C., Dillon, N. P., Wellborn, P. S., Bennett, M. L., ... Rivas, A. (2018). Endoscopic Ear Surgery Skills Training Improves Medical Student Performance. *J Surg Educ*, *75*(6), 1480-1485. DOI: 10.1016/j.jsurg.2018.04.015

Dentino, A., Lee, S., Mailhot, J. & Hefti, A. F. (2013). Principles of periodontology. *Periodontol 2000*, *61*(1), 16-53. DOI: 10.1111/j.1600-0757.2011.00397.x

Donos, N., Calciolari, E., Brusselaers, N., Goldoni, M., Bostanci, N. & Belibasakis, G. N. (2020). The adjunctive use of host modulators in non-surgical periodontal therapy. A systematic review of randomized, placebo-controlled clinical studies. *J Clin Periodontol*, *47 Suppl 22*, 199-238. DOI: 10.1111/jcpe.13232

Drisko, C. H. (2001). Nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol 2000*, *25*, 77-88. DOI: 10.1034/j.1600-0757.2001.22250106.x

Drisko, C. L., Cochran, D. L., Blieden, T., Bouwsma, O. J., Cohen, R. E., Damoulis, P., ... Therapy Committee of the American Accademy of, P. (2000). Position paper: sonic and ultrasonic scalers in periodontics. Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology. *J Periodontol*, *71*(11), 1792-1801. DOI: 10.1902/jop.2000.71.11.1792

Facione, P. A. (1990). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction*. American Philosophical Association.

Ferreira, M. C., Dias-Pereira, A. C., Branco-de-Almeida, L. S., Martins, C. C. & Paiva, S. M. (2017). Impact of periodontal disease on quality of life: a systematic review. *J Periodontal Res*, *52*(4), 651-665. DOI: 10.1111/jre.12436

Garrison, R. D. & Archer, W. (2000). *A Transactional Perspective on Teaching and Learning: A Framework for Adult and Higher Education*. (Bd. 18). Oxford: Emerald Group Publishing Limited.

Gartenmann, S. J., Hofer, D., Wiedemeier, D., Sahrman, P., Attin, T. & Schmidlin, P. R. (2019). Comparative effectiveness of hand scaling by undergraduate dental students following a two-week pre-clinical training course. *Eur J Dent Educ*, 23(1), 1-7. DOI: 10.1111/eje.12361

Geisinger, M. L. (2018). Letters. *J Am Dent Assoc*, 149(3), 170. DOI: 10.1016/j.adaj.2018.01.020

Geisinger, M. L., Mealey, B. L., Schoolfield, J. & Mellonig, J. T. (2007). The effectiveness of subgingival scaling and root planing: an evaluation of therapy with and without the use of the periodontal endoscope. *J Periodontol*, 78(1), 22-28. DOI: 10.1902/jop.2007.060186

Graetz, C., Bräuning, A., Plaumann, A., Springer, C., Kahl, M. & Dörfer, C. E. (2016). Antinfektiöse Therapie - Instrumente zur Wurzeloberflächenbearbeitung im Fokus. *Parodontologie*(02/2016), 165-183.

Graetz, C., Elsayed, K. F., Sälzer, S. & Dörfer, C. E. (2018). s3-Leitlinie: Häusliches mechanisches Biofilmmangement in der Prävention und Therapie der Gingivitis.

Graetz, C., Fecke, P., Seidel, M., Engel, A. S., Schorr, S., Sentker, J., ... Salzer, S. (2021). Evaluation of a systematic digitized training program on the effectivity of subgingival instrumentation with curettes and sonic scalers in vitro. *Clin Oral Investig*, 25(1), 219-230. DOI: 10.1007/s00784-020-03356-8

Graetz, C., Plaumann, A., Wiebe, J. F., Springer, C., Salzer, S. & Dorfer, C. E. (2014). Periodontal probing versus radiographs for the diagnosis of furcation involvement. *J Periodontol*, 85(10), 1371-1379. DOI: 10.1902/jop.2014.130612

Graetz, C., Plaumann, A., Wittich, R., Springer, C., Kahl, M., Dorfer, C. E. & El-Sayed, K. F. (2017). Removal of simulated biofilm: an evaluation of the effect on root surfaces roughness after scaling. *Clin Oral Investig*, 21(4), 1021-1028. DOI: 10.1007/s00784-016-1861-9

Graetz, C., Schorr, S., Christofzik, D., Dorfer, C. E. & Salzer, S. (2020). How to train periodontal endoscopy? Results of a pilot study removing simulated hard deposits in vitro. *Clin Oral Investig*, 24(2), 607-617. DOI: 10.1007/s00784-019-02913-0

Graetz, C., Schwendicke, F., Plaumann, A., Rauschenbach, S., Springer, C., Kahl, M., ... Dorfer, C. E. (2015). Subgingival instrumentation to remove simulated plaque in vitro: influence of operators' experience and type of instrument. *Clin Oral Investig*, *19*(5), 987-995. DOI: 10.1007/s00784-014-1319-x

Haffajee, A. D., Teles, R. P. & Socransky, S. S. (2006). The effect of periodontal therapy on the composition of the subgingival microbiota. *Periodontol 2000*, *42*, 219-258. DOI: 10.1111/j.1600-0757.2006.00191.x

Hall, A. M., Ferreira, P. H., Maher, C. G., Latimer, J. & Ferreira, M. L. (2010). The influence of the therapist-patient relationship on treatment outcome in physical rehabilitation: a systematic review. *Phys Ther*, *90*(8), 1099-1110. DOI: 10.2522/ptj.20090245

Harrel, S. K. (2018). Videoscope-Assisted Minimally Invasive Surgery (VMIS) for Bone Regeneration around Teeth and Implants: A Literature Review and Technique Update. *Dent J (Basel)*, *6*(3). DOI: 10.3390/dj6030030

Harrel, S. K., Abraham, C. M., Rivera-Hidalgo, F., Shulman, J. D. & Nunn, M. E. (2014). Videoscope-assisted minimally invasive periodontal surgery (V-MIS). *J Clin Periodontol*, *41*(9), 900-907. DOI: 10.1111/jcpe.12294

Harrel, S. K., Abraham, C. M., Rivera-Hidalgo, F., Shulman, J. D. & Nunn, M. E. (2016). Videoscope-Assisted Minimally Invasive Periodontal Surgery: One-Year Outcome and Patient Morbidity. *Int J Periodontics Restorative Dent*, *36*(3), 363-371. DOI: 10.11607/prd.2759

Harrel, S. K. & Wilson, T. G. (2014). *Minimally Invasive Periodontal Therapy: Clinical Techniques and Visualization Technology*: WILEY Blackwell.

Heitz-Mayfield, L. J., Trombelli, L., Heitz, F., Needleman, I. & Moles, D. (2002). A systematic review of the effect of surgical debridement vs non-surgical debridement for the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol*, *29 Suppl 3*, 92-102; discussion 160-102. DOI: 10.1034/j.1600-051x.29.s3.5.x

Heym, R., Krause, S., Hennesen, T., Pitchika, V., Ern, C. & Hickel, R. (2016). A New Model for Training in Periodontal Examinations Using Manikins. *J Dent Educ*, *80*(12), 1422-1429.

Heym, R., Krause, S., Hennesen, T., Pitchika, V., Ern, C. & Hickel, R. (2018). A Computer-Assisted Training Approach for Performing and Charting Periodontal Examinations: A Retrospective Study. *J Dent Educ*, *82*(1), 76-83. DOI: 10.21815/JDE.018.009

Holtfreter, B., Schwahn, C., Biffar, R. & Kocher, T. (2009). Epidemiology of periodontal diseases in the Study of Health in Pomerania. *J Clin Periodontol*, 36(2), 114-123. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2008.01361.x

Jepsen, S., Blanco, J., Buchalla, W., Carvalho, J. C., Dietrich, T., Dorfer, C., ... Machiulskiene, V. (2017). Prevention and control of dental caries and periodontal diseases at individual and population level: consensus report of group 3 of joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal diseases. *J Clin Periodontol*, 44 Suppl 18, S85-S93. DOI: 10.1111/jcpe.12687

Johnsen, D. C., Lipp, M. J., Finkelstein, M. W. & Cunningham-Ford, M. A. (2012). Guiding dental student learning and assessing performance in critical thinking with analysis of emerging strategies. *J Dent Educ*, 76(12), 1548-1558.

Jordan, A. R. & Micheelis, W. (2016). Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV.

Kassebaum, N. J., Bernabe, E., Dahiya, M., Bhandari, B., Murray, C. J. & Marcenes, W. (2014). Global burden of severe periodontitis in 1990-2010: a systematic review and meta-regression. *J Dent Res*, 93(11), 1045-1053. DOI: 10.1177/0022034514552491

Kebschull, M., Jepsen, S. & Dannewitz, B. (2021). Ein umfassendes Behandlungskonzept für die Parodontaltherapie. *Zahnärztliche Mitteilungen*(06/2021).

Kebschull, M., Jepsen, S., Kocher, T., Sälzer, S., Arweiler, N., Dörfer, C. E., ... Dannewitz, B. (2020). Die Behandlung von Parodontitis Stadium I bis III, Die deutsche Implementierung der S3-Leitlinie "Treatment of Stage I-III Periodontitis" der European Federation of Periodontology (EFP).

Kepic, T. J., O'Leary, T. J. & Kafrawy, A. H. (1990). Total calculus removal: an attainable objective? *J Periodontol*, 61(1), 16-20. DOI: 10.1902/jop.1990.61.1.16

Khosravi, M., Bahrami, Z. S., Atabaki, M. S., Shokrgozar, M. A. & Shokri, F. (2004). Comparative effectiveness of hand and ultrasonic instrumentations in root surface planing in vitro. *J Clin Periodontol*, 31(3), 160-165. DOI: 10.1111/j.0303-6979.2004.00458.x

Kiel School of Gynaecological Endoscopy. (2021). Geschichte - historische Übersicht der Entwicklung endoskopischer Techniken Abgerufen am 17 Mai, 2021. Verfügbar unter <https://www.kiel-school.de/Wir+über+uns/Geschichte.html>

Kilian, M., Chapple, I. L., Hannig, M., Marsh, P. D., Meuric, V., Pedersen, A. M., ... Zaura, E. (2016). The oral microbiome - an update for oral healthcare professionals. *Br Dent J*, 221(10), 657-666. DOI: 10.1038/sj.bdj.2016.865

Klassen, R. M. & Klassen, J. R. L. (2018). Self-efficacy beliefs of medical students: a critical review. *Perspect Med Educ*, 7(2), 76-82. DOI: 10.1007/s40037-018-0411-3

Knowles, M. S. (1980). *The Modern Practice of Adult Education* New York, NY: CAMBRIDGE, The Adult Education Company

Kocher, T., König, J., Hansen, P. & Ruhling, A. (2001). Subgingival polishing compared to scaling with steel curettes: a clinical pilot study. *J Clin Periodontol*, 28(2), 194-199. DOI: 10.1034/j.1600-051x.2001.028002194.x

König, J., Ruhling, A., Schlemme, H., Kocher, T., Schwahn, C. & Plagmann, H. C. (2002). Learning root debridement with curettes and power-driven instruments in vitro: the role of operator motivation and self-assessment. *Eur J Dent Educ*, 6(4), 169-175. DOI: 10.1034/j.1600-0579.2002.00258.x

Krishna, R. & De Stefano, J. A. (2016). Ultrasonic vs. hand instrumentation in periodontal therapy: clinical outcomes. *Periodontol 2000*, 71(1), 113-127. DOI: 10.1111/prd.12119

Kuang, Y., Hu, B., Chen, J., Feng, G. & Song, J. (2017). Effects of periodontal endoscopy on the treatment of periodontitis: A systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc*, 148(10), 750-759. DOI: 10.1016/j.adaj.2017.05.011

Kwan, J. Y. (2005). Enhanced periodontal debridement with the use of micro ultrasonic, periodontal endoscopy. *J Calif Dent Assoc*, 33(3), 241-248.

Kwon, T., Lamster, I. B. & Levin, L. (2020). Current concepts in the management of periodontitis. *Int Dent J*. DOI: 10.1111/idj.12630

KZBV & BZÄK. (2017). PAR-Versorgungskonzept Konzept für die Behandlung von Parodontalerkrankungen bei Versicherten der Gesetzlichen Krankenversicherung

Laleman, I., Cortellini, S., De Winter, S., Rodriguez Herrero, E., Dekeyser, C., Quirynen, M. & Teughels, W. (2017). Subgingival debridement: end point, methods and how often? *Periodontol 2000*, 75(1), 189-204. DOI: 10.1111/prd.12204

Lang, N. P. & Tonetti, M. S. (2003). Periodontal risk assessment (PRA) for patients in supportive periodontal therapy (SPT). *Oral Health Prev Dent*, 1(1), 7-16.

Lew, M. D. & Schmidt, H. G. (2011). Self-reflection and academic performance: is there a relationship? *Adv Health Sci Educ Theory Pract*, 16(4), 529-545. DOI: 10.1007/s10459-011-9298-z

Lindhe, J. & Nyman, S. (1975). The effect of plaque control and surgical pocket elimination on the establishment and maintenance of periodontal health. A longitudinal study of periodontal therapy in cases of advanced disease. *J Clin Periodontol*, 2(2), 67-79. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1975.tb01727.x

Loe, H., Theilade, E. & Jensen, S. B. (1965). Experimental Gingivitis in Man. *J Periodontol*, 36, 177-187. DOI: 10.1902/jop.1965.36.3.177

Loka, S. R., Doshi, D., Kulkarni, S., Baldava, P. & Adepur, S. (2019). Effect of reflective thinking on academic performance among undergraduate dental students. *J Educ Health Promot*, 8, 184. DOI: 10.4103/jehp.jehp_77_19

Loos, B. G. & Needleman, I. (2020). Endpoints of active periodontal therapy. *J Clin Periodontol*, 47 Suppl 22, 61-71. DOI: 10.1111/jcpe.13253

Lopez, N. J., Socransky, S. S., Da Silva, I., Japlit, M. R. & Haffajee, A. D. (2006). Effects of metronidazole plus amoxicillin as the only therapy on the microbiological and clinical parameters of untreated chronic periodontitis. *J Clin Periodontol*, 33(9), 648-660. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2006.00957.x

Lorenzo, A. R. & Lorenzo, B. U. (2013). Learning Styles of Teacher Education Students: Basis in Improving the Teaching - Learning Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (103), 595-605.

Lujan, H. L. & DiCarlo, S. E. (2006). First-year medical students prefer multiple learning styles. *Adv Physiol Educ*, 30(1), 13-16. DOI: 10.1152/advan.00045.2005

Lüllmann-Rauch, R. (2009). *Taschenlehrbuch Histologie*: Thieme Verlag.

Marsh, P. D. & Zaura, E. (2017). Dental biofilm: ecological interactions in health and disease. *J Clin Periodontol*, 44 Suppl 18, S12-S22. DOI: 10.1111/jcpe.12679

Medina, M. S., Castleberry, A. N. & Persky, A. M. (2017). Strategies for Improving Learner Metacognition in Health Professional Education. *Am J Pharm Educ*, 81(4), 78. DOI: 10.5688/ajpe81478

Mehrotra, N. & Singh, S. (2020). *Periodontitis StatPearls*. Treasure Island (FL).

Meyer, K. & Lie, T. (1977). Root surface roughness in response to periodontal instrumentation studied by combined use of microroughness measurements and scanning electron microscopy. *J Clin Periodontol*, 4(2), 77-91. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1977.tb01887.x

Michaud, R. M., Schoolfield, J., Mellonig, J. T. & Mealey, B. L. (2007). The efficacy of subgingival calculus removal with endoscopy-aided scaling and root planing: a study on multirooted teeth. *J Periodontol*, 78(12), 2238-2245. DOI: 10.1902/jop.2007.070251

Mombelli, A., Nyman, S., Bragger, U., Wennstrom, J. & Lang, N. P. (1995). Clinical and microbiological changes associated with an altered subgingival environment induced by periodontal pocket reduction. *J Clin Periodontol*, 22(10), 780-787. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1995.tb00261.x

Müller, H.-P. (2021). *Checklisten der Zahnmedizin: Parodontologie*: Thieme Verlag.

Nagendran, M., Gurusamy, K. S., Aggarwal, R., Loizidou, M. & Davidson, B. R. (2013). Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev*(8), CD006575. DOI: 10.1002/14651858.CD006575.pub3

Naicker, M., Ngo, L. H., Rosenberg, A. J. & Darby, I. B. (2021). The effectiveness of using the perioscope as an adjunct to non-surgical periodontal therapy: Clinical and radiographic results. *Journal of Periodontology*, 1-11.

Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Zahnmedizin. (2015). In M. M. F. d. B. D. e.V. (Hrsg.). Berlin.

Needleman, I., Nibali, L. & Di Iorio, A. (2015). Professional mechanical plaque removal for prevention of periodontal diseases in adults--systematic review update. *J Clin Periodontol*, 42 *Suppl 16*, S12-35. DOI: 10.1111/jcpe.12341

Nyman, S., Westfelt, E., Sarhed, G. & Karring, T. (1988). Role of "diseased" root cementum in healing following treatment of periodontal disease. A clinical study. *J Clin Periodontol*, 15(7), 464-468. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1988.tb01601.x

- Osborn, J. B., Lenton, P. A., Lunos, S. A. & Blue, C. M. (2014). Endoscopic vs. tactile evaluation of subgingival calculus. *J Dent Hyg*, *88*(4), 229-236.
- Page, R. C. & Kornman, K. S. (1997). The pathogenesis of human periodontitis: an introduction. *Periodontol 2000*, *14*, 9-11. DOI: 10.1111/j.1600-0757.1997.tb00189.x
- Page, R. C. & Schroeder, H. E. (1976). Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of current work. *Lab Invest*, *34*(3), 235-249.
- Papapanou, P. N., Sanz, M., Buduneli, N., Dietrich, T., Feres, M., Fine, D. H., ... Tonetti, M. S. (2018). Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol*, *45 Suppl 20*, S162-S170. DOI: 10.1111/jcpe.12946
- Peres, M. A., Macpherson, L. M. D., Weyant, R. J., Daly, B., Venturelli, R., Mathur, M. R., ... Watt, R. G. (2019). Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet*, *394*(10194), 249-260. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)31146-8
- Persky, A. M., Medina, M. S. & Castleberry, A. N. (2019). Developing Critical Thinking Skills in Pharmacy Students. *Am J Pharm Educ*, *83*(2), 7033. DOI: 10.5688/ajpe7033
- Petersilka, G. J., Ehmke, B. & Flemmig, T. F. (2002). Antimicrobial effects of mechanical debridement. *Periodontol 2000*, *28*, 56-71. DOI: 10.1034/j.1600-0757.2002.280103.x
- Petsos, H., Dannewitz, B. & Eickholz, P. (2017). Unterstützende Parodontitistherapie (UPT). Risikofaktoren und Intervalle. *Parodontologie*, *28*(1), 45-56.
- Pfäffli, B. K. (2015). *Lehren an Hochschulen (Bd. 2)*. Bern: UTB.
- Pihlstrom, B. L. (2001). Periodontal risk assessment, diagnosis and treatment planning. *Periodontol 2000*, *25*, 37-58. DOI: 10.1034/j.1600-0757.2001.22250104.x
- Pihlstrom, B. L., McHugh, R. B., Oliphant, T. H. & Ortiz-Campos, C. (1983). Comparison of surgical and nonsurgical treatment of periodontal disease. A review of current studies and additional results after 61/2 years. *J Clin Periodontol*, *10*(5), 524-541. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1983.tb02182.x
- Pippi, R. (2017). Post-Surgical Clinical Monitoring of Soft Tissue Wound Healing in Periodontal and Implant Surgery. *Int J Med Sci*, *14*(8), 721-728. DOI: 10.7150/ijms.19727

Pippin, D. J. & Feil, P. (1992). Interrater agreement on subgingival calculus detection following scaling. *J Dent Educ*, 56(5), 322-326.

Plagmann, H. C. (1998). *Lehrbuch der Parodontologie*. München: Carl Hanser Verlag.

Plagmann, H. C. & Rühling, A. (2004). *Trainingsprogramm zum Scaling mit Gracey-Küretten*.

Plasschaert, A. J., Holbrook, W. P., Delap, E., Martinez, C., Walmsley, A. D. & Association for Dental Education in, E. (2005). Profile and competences for the European dentist. *Eur J Dent Educ*, 9(3), 98-107. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2005.00369.x

Poppe, K. & Blue, C. (2014). Subjective pain perception during calculus detection with use of a periodontal endoscope. *J Dent Hyg*, 88(2), 114-123.

Rabbani, G. M., Ash, M. M., Jr. & Caffesse, R. G. (1981). The effectiveness of subgingival scaling and root planing in calculus removal. *J Periodontol*, 52(3), 119-123. DOI: 10.1902/jop.1981.52.3.119

Ramfjord, S. P. & Nissle, R. R. (1974). The modified widman flap. *J Periodontol*, 45(8), 601-607. DOI: 10.1902/jop.1974.45.8.2.601

Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1997). Lehren im Erwachsenenalter. Auffassungen vom Lehren und Lernen, Prinzipien und Methoden. *Enzyklopädie der Psychologie* (S. 355-403). Göttingen Hogrefe.

Rosenberg, H., Sander, M. & Posluns, J. (2005). The effectiveness of computer-aided learning in teaching orthodontics: a review of the literature. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 127(5), 599-605. DOI: 10.1016/j.ajodo.2004.02.020

Salvi, G. E., Stahli, A., Schmidt, J. C., Ramseier, C. A., Sculean, A. & Walter, C. (2020). Adjunctive laser or antimicrobial photodynamic therapy to non-surgical mechanical instrumentation in patients with untreated periodontitis: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*, 47 Suppl 22, 176-198. DOI: 10.1111/jcpe.13236

Sandars, J. (2009). The use of reflection in medical education: AMEE Guide No. 44. *Med Teach*, 31(8), 685-695. DOI: 10.1080/01421590903050374

Sanz, M., Baumer, A., Buduneli, N., Dommisch, H., Farina, R., Kononen, E., ... Winkel, E. (2015). Effect of professional mechanical plaque removal on secondary prevention of periodontitis and the complications of gingival and periodontal preventive measures:

consensus report of group 4 of the 11th European Workshop on Periodontology on effective prevention of periodontal and peri-implant diseases. *J Clin Periodontol*, *42 Suppl 16*, S214-220. DOI: 10.1111/jcpe.12367

Sanz, M., Herrera, D., Kebschull, M., Chapple, I., Jepsen, S., Beglundh, T., ... Methodological, C. (2020). Treatment of stage I-III periodontitis-The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol*, *47 Suppl 22*, 4-60. DOI: 10.1111/jcpe.13290

Sanz, M. & Meyle, J. (2010). Scope, competences, learning outcomes and methods of periodontal education within the undergraduate dental curriculum: a consensus report of the 1st European Workshop on Periodontal Education--position paper 2 and consensus view 2. *Eur J Dent Educ*, *14 Suppl 1*, 25-33. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2010.00621.x

Saxby, M. S. (1987). Juvenile periodontitis: an epidemiological study in the west Midlands of the United Kingdom. *J Clin Periodontol*, *14*(10), 594-598. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1987.tb01521.x

Saxen, L. (1980). Prevalence of juvenile periodontitis in Finland. *J Clin Periodontol*, *7*(3), 177-186. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1980.tb01961.x

Schorr, S. (2020). Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Zahnheilkunde Inauguraldissertation), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Schroeder, H. E. (2000). *Orale Strukturbiologie: Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks (Bd. 5)*: Thieme Verlag.

Schwenzer, N. & Ehrenfeld, M. (2019). *Zahnärztliche Chirurgie (Bd. 5)*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag

Seidel, M., Sutor, S., Conrad, J., Engel, A. S., Geiken, A., Salzer, S. & Graetz, C. (2020). Influence of motivation and a new digitized training program on undergraduate dental students during preclinical scaling training. *BMC Oral Health*, *20*(1), 346. DOI: 10.1186/s12903-020-01343-9

Sherman, P. R., Hutchens, L. H., Jr. & Jewson, L. G. (1990). The effectiveness of subgingival scaling and root planing. II. Clinical responses related to residual calculus. *J Periodontol*, *61*(1), 9-15. DOI: 10.1902/jop.1990.61.1.9

Spaner, S. J. & Warnock, G. L. (1997). A brief history of endoscopy, laparoscopy, and laparoscopic surgery. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 7(6), 369-373. DOI: 10.1089/lap.1997.7.369

Stambaugh, R. V., Myers, G., Ebling, W., Beckman, B. & Stambaugh, K. (2002). Endoscopic visualization of the submarginal gingiva dental sulcus and tooth root surfaces. *J Periodontol*, 73(4), 374-382. DOI: 10.1902/jop.2002.73.4.374

Sunaga, M., Kondo, K., Adachi, T., Miura, Y. & Kinoshita, A. (2013). Development and evaluation of a new dental model at Tokyo Medical and Dental University for the practice of periodontal pocket probing. *J Dent Educ*, 77(9), 1185-1192.

Suppipat, N. (1974). Ultrasonics in periodontics. *J Clin Periodontol*, 1(4), 206-213. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1974.tb01259.x

Susin, C., Haas, A. N. & Albandar, J. M. (2014). Epidemiology and demographics of aggressive periodontitis. *Periodontol 2000*, 65(1), 27-45. DOI: 10.1111/prd.12019

Suvan, J., Leira, Y., Moreno Sancho, F. M., Graziani, F., Derks, J. & Tomasi, C. (2020). Subgingival instrumentation for treatment of periodontitis. A systematic review. *J Clin Periodontol*, 47 Suppl 22, 155-175. DOI: 10.1111/jcpe.13245

Suvan, J. E. (2005). Effectiveness of mechanical nonsurgical pocket therapy. *Periodontol 2000*, 37, 48-71. DOI: 10.1111/j.1600-0757.2004.03794.x

Takata, T. (1994). Oral wound healing concepts in periodontology. *Curr Opin Periodontol*, 119-127.

Tonetti, M. S., Eickholz, P., Loos, B. G., Papapanou, P., van der Velden, U., Armitage, G., ... Suvan, J. E. (2015). Principles in prevention of periodontal diseases: Consensus report of group 1 of the 11th European Workshop on Periodontology on effective prevention of periodontal and peri-implant diseases. *J Clin Periodontol*, 42 Suppl 16, S5-11. DOI: 10.1111/jcpe.12368

Tonetti, M. S., Greenwell, H. & Kornman, K. S. (2018). Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Periodontol*, 89 Suppl 1, S159-S172. DOI: 10.1002/JPER.18-0006

Torfason, T., Kiger, R., Selvig, K. A. & Egelberg, J. (1979). Clinical improvement of gingival conditions following ultrasonic versus hand instrumentation of periodontal pockets. *J Clin Periodontol*, 6(3), 165-176. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1979.tb02196.x

Trombelli, L., Farina, R., Silva, C. O. & Tatakis, D. N. (2018). Plaque-induced gingivitis: Case definition and diagnostic considerations. *J Periodontol*, *89 Suppl 1*, S46-S73. DOI: 10.1002/JPER.17-0576

Tunkel, J., Heinecke, A. & Flemmig, T. F. (2002). A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol*, *29 Suppl 3*, 72-81; discussion 90-71. DOI: 10.1034/j.1600-051x.29.s3.4.x

Veeraiyan, D. N. & Sekhar, P. (2013). Critical appraisal-based learning in a dental college in India: a randomized control study. *J Dent Educ*, *77(8)*, 1079-1085.

Walmsley, A. D., Lea, S. C., Landini, G. & Moses, A. J. (2008). Advances in power driven pocket/root instrumentation. *J Clin Periodontol*, *35(8 Suppl)*, 22-28. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2008.01258.x

Wan, C. P., Leung, W. K., Wong, M. C., Wong, R. M., Wan, P., Lo, E. C. & Corbet, E. F. (2009). Effects of smoking on healing response to non-surgical periodontal therapy: a multilevel modelling analysis. *J Clin Periodontol*, *36(3)*, 229-239. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2008.01371.x

Westfelt, E. (1996). Rationale of mechanical plaque control. *J Clin Periodontol*, *23(3 Pt 2)*, 263-267. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1996.tb02086.x

Westfelt, P., Hedman, L., Axelsson Lindkvist, M., Enochsson, L., Fellander-Tsai, L. & Schmidt, P. T. (2013). Training nonanesthetist administration of propofol for gastrointestinal endoscopy in scenario-based full-scale hybrid simulation--a pilot study. *Scand J Gastroenterol*, *48(11)*, 1354-1358. DOI: 10.3109/00365521.2013.836753

Wilson, T. G., Jr., Carnio, J., Schenk, R. & Myers, G. (2008). Absence of histologic signs of chronic inflammation following closed subgingival scaling and root planing using the dental endoscope: human biopsies - a pilot study. *J Periodontol*, *79(11)*, 2036-2041. DOI: 10.1902/jop.2008.080190

Yan, Y., Wang, X. E., Zhan, Y. L., Miao, L. L., Han, Y., Zhang, C. R., ... Hou, J. X. (2020). [Clinical outcomes of ultrasonic subgingival debridement combined with manual root planing in severe periodontitis]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*, *52(1)*, 64-70.

Yuan, X., Chen, J., Grauer, J. A., Xu, Q., Van Brunt, L. A. & Helms, J. A. (2021). The Junctional Epithelium Is Maintained by a Stem Cell Population. *J Dent Res*, *100(2)*, 209-216. DOI: 10.1177/0022034520960125

Zappa, U. E. (1992). Factors determining the outcome of scaling and root planing. *Probe*, 26(4), 152-159.

Zimmerman, B. J. (2000). Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemp Educ Psychol*, 25(1), 82-91. DOI: 10.1006/ceps.1999.1016

10. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Aufbau des Parodonts links: Zahn und Zahnhalteapparat rechts: vergrößerte Darstellung der einzelnen Strukturen a) Gingiva mit in verschiedene Richtungen durchziehenden Kollagenfaserbündeln, b) Wurzelzement und inserierende Kollagenfasern, c) Desmodontaler Spalt mit Zahnaufhängung durch Sharpey-Fasern, d) Alveolarknochen, e) Sulkus nach apikal ausgekleidet mit dem f) Saumepithel, g) freie marginale Gingiva (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontitistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).</i>	4
<i>Abbildung 2: Von links nach rechts: Stadien der Entstehung einer Parodontitis von der primären Anlagerung von Mikroorganismen an der Zahnhartsubstanz, über die Ausbildung eines organisierten Biofilms mit anfänglicher Entzündungsreaktion bis zur Parodontitis mit starker Entzündungsreaktion und Zerstörung des parodontalen Gewebes (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontitistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).</i>	6
<i>Abbildung 3: Links: Perioscopy ©-Einheit. Rechts: Faseroptische Einheit in steriler Schutzhülle mit abgeschlossenem Wasserleiter. (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontitistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).</i>	16
<i>Abbildung 4: Links: Vier verschieden Explorer, unterschiedlich stark abgewinkelt, jeweils für die Bearbeitung der rechten oder linken Seite. Oben rechts: Faseroptische Einheit adaptiert an Molaren-Explorer. Unten rechts: Demonstration der Arbeitsweise mit der PE-Sonde, welche in den Sulkus eingeführt wird (Originalabbildung aus Einfluss eines fiberoptisch-unterstützten Systems auf Qualität und Effizienz der Parodontitistherapie – Ergebnisse einer in-vitro-Untersuchung aus dem Funktionsbereich Parodontologie (Schorr, 2020)).</i>	18
<i>Abbildung 5: Ablauf der Studie im Rahmen des klinischen Abschnittes des Studentenkurses.</i>	21
<i>Abbildung 6: Studentische Probandin und betreuender Kursassistent bei der Behandlung mit dem Perioscopy©</i>	22
<i>Abbildung 7: Ergebnisse der Fragebögen</i>	30
<i>Abbildung 8: Ergebnisse für BOP auf Zahnflächenebene</i>	36


<i>Abbildung 9: oben: Ergebnisse für ST in mm auf Patientenebene; unten: Ergebnisse für CAL in mm auf Patientenebene</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 10: Diagnostizierte subgingivale harte Auflagerungen je Patient.....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 11: Instrumentierungszeit in min für die frühe, mittlere und späte Behandlungsgruppe.....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 12: Instrumentierungszeit in der späten Behandlungsgruppe.....</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 13: links: Bild des Bildschirms des Endoskops während einer Behandlung mit Darstellung der subgingivalen Wurzeloberfläche während der Instrumentierung mittels eine Schallscalerspitzte rechts: Bild des Bildschirms des Endoskops mit Visualisierung eines subgingival unterhalb eines Kronenrandes liegendem Konkrement auf der Wurzeloberfläche (Fälle: PD Dr. Graetz, Kiel).</i>	<i>48</i>

11. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Beschreibende Statistiken der Fragebogenevaluation zwischen den beiden Studierendekohorten</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 2: Ergebnisse der Fragebögen der Studienteilnehmer in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Berufserfahrung</i>	<i>29</i>
<i>Tabelle 3: Demographische und klinische Daten der Patientenkohorte.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 4 Beschreibende Statistiken und Ergebnisse zum Vergleich zwischen beiden Behandlungsgruppen und Besuchen, Teil 1 (nur Stellen mit $ST \geq 4$ mm an T0, signifikante Unterschiede sind fett hervorgehoben).</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 5: Beschreibende Statistiken und Ergebnisse zum Vergleich zwischen beiden Behandlungsgruppen und Besuchen, Teil 2 (Subgruppenanalyse auf Zahnflächenebene, signifikante Unterschiede sind fett hervorgehoben).....</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 6: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse auf Patientenebene für die signifikanten Prädiktoren der Anzahl der Stellen mit $ST \geq 4$ mm, Blutung bei Sondierung (BOP) bei T1.</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 7: Ergebnisse der multinomialen logistischen Regressionsanalyse auf Zahnoberflächenebene für die signifikanten Prädiktoren eines positiven BOP an Stellen mit einer $ST \geq 4$ mm an T1.</i>	<i>42</i>

12. Anhang

12.1. Votum der Ethikkommission

MEDIZINISCHE FAKULTÄT DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL		 A.D. 1665
ETHIK-KOMMISSION		
Universitäts-Kinderklinik · Schwanenweg 20 · 24105 Kiel		
PD Dr. Christian Graetz UKSH Campus Kiel Klinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie Arnold-Heller- Str. 3, Haus 26 24105 Kiel		Postadresse: Arnold-Heller-Straße 3 / Haus 9 D-24105 Kiel Telefon 04 31 / 500-14 191 Telefax 04 31 / 500-14 195 ethikkomm@email.uni-kiel.de Datum: 27. Juli 2018
AZ:	D 509/18 (bitte stets angeben)	
Studienplan:	Wurzeloberflächenbearbeitung - Effizienz und Lernverhalten verschiedener Instrumente in der curricularen Ausbildung. Anschreiben v. 18.07.18; Studienprotokoll V1.0; Probandeninformation und Einwilligungserklärung; Basisformular v. 24.07.18;	
In Bezug auf:	AZ. D 452/18: Online-Umfrage zur Evaluation der zahn- und medizinischen Lehre	
Antragsteller und Studienleiter:	PD Dr. Christian Graetz, Klinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie, UKSH Campus Kiel	
Antrag vom:	18. Juli 2018 (Eingang: 26. Juli 2018)	

Sehr geehrter Herr Kollege Graetz,

wir bestätigen den Eingang des obengenannten Antrages zur Beratung gemäß § 15 Berufsordnung (BO) der Ärztekammer Schleswig-Holstein. Nach Durchsicht der Unterlagen durch die Geschäftsstelle und durch mich als stellvertretenden Vorsitzenden der Ethik-Kommission bestehen gegen die Durchführung der Studie keine berufsethischen und berufsrechtlichen Bedenken.


Die im Folgenden aufgeführten Hinweise müssen beachtet werden:

1. Es wird darauf hingewiesen, dass datenschutzrechtliche Aspekte grundsätzlich nur kurzfristig durch die Ethik-Kommissionen geprüft werden. Dieses Votum ersetzt nicht die Konsultation des zuständigen Datenschutzbeauftragten.
2. Künftige Änderungen der Studie sind der Ethik-Kommission anzuzeigen und machen gegebenenfalls eine erneute Beratung erforderlich.
3. Die ethische und rechtliche Verantwortung für die Durchführung dieser Studie verbleibt beim Studienleiter.
4. Die Ethik-Kommission weist darauf hin, dass für eventuell in Zukunft weitere teilnehmende Zentren eine berufsrechtliche Beratung bei der jeweils für sie zuständigen Ethik-Kommission erforderlich ist.
5. Gemäß Deklaration von Helsinki **muss** der Ethik-Kommission nach Studienende ein Abschlussbericht vorgelegt werden, der eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie enthält.

Wir wünschen Ihnen für die Durchführung der Studie viel Erfolg.

Mit freundlichen kollegialen Grüßen

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Ingolf Cascorbi
Stv. Vorsitzender der Ethik-Kommission


Dr. med. Christine Glinicke
Geschäftsführung der Ethik-Kommission

AZ_D509/18_Votum_Jul18

12.2. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die eingereichte Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe verfasst, andere als die in ihr angegebene Literatur nicht benutzt und dass ich alle ganz oder annähernd übernommenen Textstellen sowie verwendete Grafiken, Tabellen und Auswertungsprogramme kenntlich gemacht habe. Außerdem versichere ich, dass die vorgelegte elektronische mit der schriftlichen Version der Dissertation übereinstimmt und die Abhandlung in dieser oder ähnlicher Form noch nicht anderweitig als Promotionsleistung vorgelegt und bewertet wurde.

Unterschrift

Ort, Datum

Vor- und Zuname: Johanna Caroline Sentker

Geburtsdatum: 22.03.1993

Geburtsort: Düsseldorf

12.3. Publikationen im Rahmen der Dissertation

Sentker, J., Seidel, M., Schorr, S., Springer, C., El-Sayed, K., Graetz, C. (2021) Parodontale Endoskopie in der nicht-chirurgischen Parodontitistherapie – klinische Behandlungsergebnisse im Pilot-RCT. Wissenschaftlicher Kurzvortrag mit zitierfähigem Abstrakt (Parodontologie 32(2): 225-229), DGParo Jahrestagung 2021

12.4. Danksagung

Ich möchte mich bei den Menschen bedanken, die einen großen Beitrag zur Fertigstellung dieser Dissertation beigetragen haben.

An erster Stelle möchte ich ganz besonders meinem Doktorvater Herrn PD Dr. Christian Graetz danken. Zum einen für die Idee und das Überlassen des Dissertationsthemas und zum anderen für die beste Unterstützung von Beginn der Entwicklung der Studie bis zum letzten geschriebenen Satz der fertiggestellten Dissertation.

Zudem wäre die Studie nicht ohne die Hilfsbereitschaft und Unterstützung der Kolleginnen und Kollegen des Funktionsbereichs Parodontologie durchführbar gewesen. Sie haben mich stets bei der Patientenorganisation unterstützt, bei der Einweisung und Aufklärung der Studierenden vertreten oder beim Auf- und Abbau des Endoskops im Kurssaal geholfen.

Ein besonderer Dank gilt Dr. Miriam Seidel, die mir während des gesamten Prozesses immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat und Dr. Susanne Schorr für die großzügige Zurverfügungstellung zahlreicher Grafiken.

Prof. Dr. Christof Dörfer, Direktor der Klinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie im UKSH, Campus Kiel, danke ich für die Nutzungsmöglichkeiten der dortigen Infrastruktur.

Ebenso möchte ich mich bei den Studierenden des damaligen 8. Semesters Zahnmedizin an der Christian-Albrechts-Universität Kiel für die motivierte und engagierte Teilnahme an der Studie bedanken.

Mein Dank gilt auch dem „Projekt Erfolgreiches Lehren und Lernen (PerLe)“ der Christian-Albrechts-Universität Kiel für die Lehrpreis-Auslobung für innovative Lehrprojekte. Durch die mit dem Preis verbundenen Mittel konnte ein parodontales Endoskop in die curriculare Ausbildung der Zahnmedizinierenden integriert werden.

Ein großes Dankeschön meiner Freundin und Kollegin Kristina Schoepke, für die gegenseitige Motivation für unsere Dissertationsvorhaben, deine Anregungen, Ideen und ein immer offenes Ohr.

Abschließend gilt ein besonderer Dank meiner Familie: meinen Eltern Klaus und Ingrid Sentker, meiner Schwester Theresa und Frieda. Ich danke euch, dass ihr mich stets unterstützt habt, den für mich richtigen Weg zu finden. Ihr habt damals als Erste gesehen, dass mich meine damalige Studiensituation nicht glücklich gemacht hat. Und mich motiviert Umzudenken und das Zahnmedizinstudium zu beginnen. Ich kann mit Sicherheit sagen, dass ich ohne euch heute weder Zahnärztin wäre, noch diese Dissertation geschrieben hätte. Ich danke euch, dass ihr mir so ziemlich alles Mögliche möglich macht, immer an mich glaubt und mich mit den richtigen Worten aufbaut, wenn es mal nicht so gut läuft. Ich kann nicht dankbarer und glücklicher sein, eine so großartige Familie zu haben und euch in allen Lebenssituationen immer an meiner Seite zu wissen.