

**Klinisch kontrollierte Studie zum Effekt einer
Ultraschallzahnbürste im Vergleich zu einer
Handzahnbürste bei kieferorthopädischen
Patienten mit manifester Gingivitis**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades Doctor medicinae dentarium
der Universität Witten/Herdecke

Fakultät für Gesundheit

vorgelegt von Shayesteh Saket
aus Teheran
2016

Dekan: Prof. Dr. med. Stefan Wirth
Mentor: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Peter Gängler
2. Mentor: Dr. med. dent. Tomas Lang
Zweitgutachter: Prof. Dr. med. dent. Dietmar Gesch
Tag der Disputation: 16.11.2016

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Übersicht	5
2.1. Pellikel und Plaque	5
2.2. Ätiologie der Gingivitis	6
2.3. Behandlung mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur . .	7
2.3.1. Risikofaktoren	10
2.3.2. Mundhygiene	13
3. Material und Methode	20
3.1. Patientenauswahl	20
3.2. Probandenanzahl	21
3.3. Aufklärung der Probanden	21
3.4. Studiendauer	21
3.5. Studienaufbau und Durchführung	21
3.6. Ablauf der Studie	22
3.7. Bewertungsmethoden	24
3.7.1. Indikatorlösung	24
3.7.2. Fotodokumentation	25
3.7.3. Indizes	25
3.7.3.1. Gingiva-Index	25
3.7.3.2. Plaque-Index	26
3.7.4. Testzahnbürsten und Testzahnpaste	29
3.7.4.1. Emmi-dental Professional Ultraschallzahnbürste	29
3.7.4.2. Emmi-dent Ultraschall- Zahncremekonzentrat .	31

3.7.4.3.	Denttabs-Handzahnbürste	32
3.7.4.4.	Denttabs-Zahnputz-Tabletten	33
3.7.5.	Statistische Auswertungen	34
4.	Auswertung und Ergebnisse	38
4.1.	Stichprobe	38
4.2.	Anzahl der Zähne mit Gingivitis	38
4.2.1.	Effekte der Putztechnik	40
4.2.1.1.	Gesamtzahl der Zähne mit Gingivitis	40
4.2.1.2.	Ober- und Unterkiefer	40
4.2.2.	Effekt bei den Messzeitpunkten	40
4.2.3.	Effekte des Kiefers	40
4.2.3.1.	Genereller Effekt	40
4.2.3.2.	Putztechniken	41
4.2.3.3.	Messzeitpunkte	41
4.2.4.	Effekte der Messzeitpunkte	41
4.2.4.1.	Genereller Effekt	41
4.2.4.2.	Putztechniken	42
4.2.4.3.	Ober- und Unterkiefer	44
4.3.	Analysen des Gingiva-Index	47
4.3.1.	Vorausgehende Analysen zum Gingiva-Index	47
4.3.2.	Effekte der Putztechnik	49
4.3.2.1.	Gesamtwert des Gingiva-Index	49
4.3.2.2.	Gingiva-Index vestibulär und palatinal/lingual	49
4.3.2.3.	Gingiva-Index für Ober- und Unterkiefer	50
4.3.2.4.	Messzeitpunkte	51
4.3.3.	Effekte der Messzeitpunkte	53
4.3.3.1.	Genereller Effekt	53
4.3.3.2.	Putztechniken	54
4.3.4.	Effekte der Zahnfläche	58
4.3.4.1.	Genereller Effekt	58

4.3.4.2.	Putztechniken	58
4.3.4.3.	Messzeitpunkte	59
4.3.4.4.	Messzeitpunkte pro Putztechnik	60
4.3.5.	Effekte des Kiefers	61
4.3.5.1.	Genereller Effekt	61
4.3.5.2.	Putztechniken	61
4.3.5.3.	Messzeitpunkte	62
4.3.5.4.	Messzeitpunkte pro Putztechnik	63
4.4.	Analysen des Plaque-Index	65
4.4.1.	Vorausgehende Analysen	65
4.4.2.	Effekte der Putztechnik	65
4.4.3.	Effekte der Messzeitpunkte	69
4.4.4.	Effekte der Zahnflächen	71
4.4.5.	Effekte der Lokalisation der Zähne	75
4.4.6.	Effekte des Kiefers	78
4.4.7.	Analysen der marginalen versus approximalen Zahnflächen	81
4.4.7.1.	Putztechniken	81
4.4.7.2.	Messzeitpunkte	83
4.4.7.3.	Zahnflächen	85
4.5.	Kovarianz von Plaque- und Gingiva-Index	89
4.5.1.	Plaque- und Gingiva-Index	89
4.5.2.	Plaque- und Gingiva-Index bei den Putztechniken	90
4.5.3.	Marginaler Plaque- und Gingiva-Index	91
4.5.4.	Marginaler Plaque- und Gingiva-Index bei den Putztech- niken	92
5.	Diskussion	93
5.1.	Studienprotokoll	93
5.1.1.	Studiendesign	93
5.1.2.	Anzahl der Probanden	94
5.1.3.	Auswahl der Probanden	94

5.1.4. Studienzeitraum	98
5.1.5. Probandenunterweisung	99
5.2. Test-Zahnbürsten, -Zahnputztabletten und -Zahncremekonzentrat	101
5.3. Gingiva-Index	102
5.4. Plaque-Index	104
5.5. Ergebnisse	105
5.5.1. Gingiva-Index	105
5.5.2. Plaque-Index	106
5.6. Kovarianz von Plaque- und Gingiva-Index	112
5.7. Zusammenfassung der Ergebnisse	112
5.8. Zukünftige Studien	113
6. Zusammenfassung	114
7. Summary	116
8. Literaturverzeichnis	118
A. Berechnung der Stichprobengröße / Power-Schätzung	129
B. Genehmigung des Ethikantrages	131
C. Lebenslauf	132
D. Eidesstattliche Erklärung	133
E. Danksagung	134

1. Einleitung

„Ziemlich verrückt. Wir lassen dreibeinige Sonden auf fernen Kometen landen, entlarven mit riesigen Beschleunigern winzige Teilchen und Autos können inzwischen selbsttätig einparken. Aber wie Zähneputzen richtig geht, haben wir noch nicht herausgefunden. Es fehlen schlicht Beweise dafür, dass eine Methode einer anderen wirklich überlegen ist, dass etwa kompliziertes Kreisen besser ist als einfaches, vorsichtiges Bürsten.“ (Schweitzer 2014).

Das Thema Zahngesundheit ist sowohl in den Medien als auch in den Fachzeitschriften ein weitverbreitetes Thema. So betrug laut der Zahnärztlichen Mitteilungen der Umsatz für Zahn- und Mundpflegeartikel in Deutschland im Jahr 2014 1,4 Milliarden Euro. Jeder Deutsche hat dabei im Schnitt 5,2 Tuben Zahnpasta verbraucht und 2,9 Zahnbürsten verwendet. 7,3 Tuben Zahnpasta und 4 Zahnbürsten werden von der Bundeszahnärztekammer für den jährlichen Verbrauch einer Person empfohlen. Im Rahmen der interdentalen Mundhygiene nutzte im Jahr 2014 jeder Deutsche durchschnittlich 20,1 Verbrauchseinheiten Zahnseide und 1,4 Interdentalbürsten. Die Empfehlung für Zahnseide liegt bei 365 Verbrauchseinheiten und 52 Interdentalbürsten (ZM 2016).

Anhand dieser Ausschnitte und Zahlen wird deutlich, dass nach wie vor die Mundhygiene und ihre Durchführung in Theorie und Praxis Abweichungen voneinander aufweisen. Umso positiver ist es, dass trotz dieser Diskrepanz die vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie aus dem Jahr 2006 bei 70,1 Prozent

der Kinder (definiert als 12-jährige) und 46,1 Prozent der Jugendlichen (definiert als 15-jährige) ein kariesfreies Gebiss angibt und somit einen Rückgang in der Kariesprävalenz verzeichnet (IDZ 2006). Gerade in dieser Altersklasse ist eine gründliche Mundhygiene von großer Bedeutung, da ein Großteil der Kinder und Jugendlichen sich oft in kieferorthopädischer Behandlung mit fest-sitzenden Apparaturen befinden.

Eine Multibracketapparatur in der Regel bestehend aus Bändern, Brackets, Bögen und Gummis führt zum einen durch die Einengung des Mundraumes und zum anderen durch die Bildung von Retentionsnischen zu einer erschwerten Mundhygiene. Das Resultat sind eine vermehrte Plaquebildung und Plaqueadhäsion, die das Risiko für Zahnfleischentzündungen und Schmelzdeminalisationen erhöhen (Kahl-Nieke 2001; Kneist et al. 2008; Sander et al. 2011). Eine gründliche tägliche Durchführung der Mundhygienemaßnahmen ist somit obligat, um ein gesundes orales Mikrobiom aufrechtzuerhalten und das Risiko für Zahnfleischentzündungen und Schmelzdeminalisationen zu minimieren. Daher ist es erstrebenswert, durch anhaltende Verbesserung der Mundhygieneartikel die häusliche Mundhygiene effektiv, interessant und nachvollziehbar in der Durchführung zu gestalten, sodass Patienten mit der Durchführung vertraut sind und sich die Theorien aus zahlreichen Studien der Umsetzung in der Praxis angleichen.

In einer randomisierten klinisch kontrollierten Cross-Over Studie wurde die Effektivität der Ultraschallzahnbürste Emmi-dental Professional in der Plaque- sowie der Gingivitisreduktion untersucht. Dabei erwies sie sich in der Plaqueentfernung und Gingivitisreduktion als effektiv, zudem ermöglicht sie eine abrasionsfreie Zahnreinigung, die das Auftreten von Zahnhartsubstanzschäden ausschließen lässt (Denda 2011). Eine weitere Studie von May (2013)

bestätigte diese Ergebnisse für die Mundhygiene mit der Emmi-dental Professional ebenfalls im Rahmen der parodontalen Erhaltungstherapie.

Das Anliegen der vorliegenden Studie war es, den Effekt der Ultraschallzahnbürste Emmi-dental Professional bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen und manifester Gingivitis, die in ihrem klinischen Erscheinungsbild eine Kombination aus den chronischen und akuten Anzeichen einer Gingivitis (siehe Kapitel Übersicht) darstellt, zu prüfen. Daher wurde im Vorfeld festgelegt, dass alle Probanden mindestens an vier Zähnen jeweils im Ober- und Unterkiefer eine ausgeprägte Gingivitis aufweisen, um so einen möglichen Effekt der untersuchten Zahnbürsten deutlicher bewerten zu können. Aus diesem Grund wurden in der Regel Probanden gewählt, die sich idealerweise vier bis sechs Monate vor Therapieende befanden, dadurch sollten veränderte und etablierte Gingivaverhältnisse gewährleistet werden.

Die Probanden erhielten im Rahmen der Untersuchung entweder die Ultraschallzahnbürste Emmi-dental Professional oder die Handzahnbürste Denttabs in Kombination mit Denttabs Zahnputztabletten. Beide Zahnbürsten waren für die Probanden in ihrer Anwendung neu und ungewohnt. Zudem sind beide untersuchten Zahnbürsten in ihrem non-abrasivem Merkmal vergleichbar.

Es wurde untersucht, wie sich die Plaque- und Gingiva-Indizes über einen Zeitraum von 12 Wochen verändern, und ob durch die Nutzung der Ultraschallzahnbürste Emmi-dental Professional eine Reduzierung der Plaque und ein Rückgang der Gingivitis erreicht werden kann.

Die Befundung des Plaque-Index fand mittels Planimetrie statt, die Auswertung der Aufnahmen erfolgte verblindet und erlaubte so eine Objektivität der Ergebnisse. Es sollten folgende Fragen durch die Studie beantwortet werden:

- Kommt es im Rahmen der Studie zu einer Reduktion der Anzahl der

Zähne mit Gingivitis?

- Wie verändert sich der Gingiva-Index im gewählten Studienzeitraum?
- Wie verändert sich der Plaque-Index im gewählten Studienzeitraum?
- Wie wirkt sich die Durchführung der Mundhygiene unter Supervision auf den Plaque-Index aus?

2. Übersicht

2.1. Pellikel und Plaque

Die Literatur beschreibt die Pellikel, die sich nach einer Zahnreinigung binnen weniger Minuten auf der Zahnoberfläche nachweisen lässt, als nahezu bakterienfreien Biofilm. Hauptbestandteile der Pellikel bilden Eiweiße des Speichels. Durch die Anhaftung an der Zahnoberfläche wird der Pellikel ein protektiver Charakter zugeordnet, sie bietet Schutz vor Säuren und dem Abrieb durch Antagonistenkontakt und ermöglicht durch Bereitstellung von Calcium- und Phosphat-Ionen die Remineralisation des Zahnschmelzes (Hanning und Hanning 2007). Gleichzeitig bildet sie aber auch die Basis und den Anheftungspunkt für die Plaque. Während die Pellikel überwiegend Proteine enthält, die sich unter anderem über van-der-Waals-Kräfte an die Zahnoberfläche heften, überwiegen in der Plaque die Anzahl der Bakterien, deren Anheftung spezifischer und rezeptorvermittelt verläuft. *S. Sangius*, *S. oralis* und *S. mitis* haften sich als Pionierkeime der Pellikel an und über weitere Teilungsvorgänge der Bakterien nimmt die Plaque an Dicke zu. Je älter die Plaque ist, desto anaerober wird sie (Hanning und Hanning 2007; Attin et al. 2009).

2.2. Ätiologie der Gingivitis

Die Gingivitis stellt eine Abwehrreaktion dar. Dominieren die pathogenen Keime in der Plaque, führen die Abwehrmechanismen aber auch zur Destruktion, dabei hängt ihre Dimension maßgeblich von der individuell variierenden Wirtsreaktion ab. Die Gingivitis wird in einzelnen Phasen beschrieben:

- Klinisch noch nicht sichtbar ist die Initialläsion, bei der eine akute exsudative Entzündung vorliegt.
- Die Zahl der polymorphnukleären Granulozyten nimmt zu, es kommt zum Kollagenverlust und zur Zellinfiltration.
- Ein zunehmender Kollagenverlust (bis zu 70 %), die Infiltration der Lymphozyten, Veränderung der Fibroblasten und eine erhöhte Sulkusfluid-Fließrate haben die Entstehung des klinischen Sulkus zur Folge und kennzeichnen die Frühläsion.
- Eine Kombination aus akuten und chronischen Entzündungsmerkmalen stellt die manifeste Gingivitis dar. Hyperplastische, desquamative, granulomatöse und ulzerierende Veränderungen sind je nach Plaquezusammensetzung und Wirtsreaktion zu beobachten. (Gängler et al. 2010)

Die Wirtsreaktion beeinflusst das histopathologische und klinische Bild der Gingivitis erheblich. Infektionen, Stoffwechselerkrankungen, die Einnahme von Medikamenten, hormonelle Schwankungen und Gendefekte spielen bei der Wirtsreaktion eine wesentliche Rolle (Gängler et al. 2010). Durch Beseitigung der möglichen Ursache können die destruktiven Veränderungen und somit die Gingivitis reversibel sein (Gängler et al. 2010).

2.3. Behandlung mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur

Die Geschichte der Kieferorthopädie reicht bis zu Hippokrates zurück, der 400 v. Chr. Abweichungen in Zahnstellungen erkannte. Im 18. Jahrhundert kamen zur Regulierung von Zahnfehlstellungen nach Elfenbein als Außenbogen auch Metallbögen zum Einsatz (Kahl-Nieke 2001). Angle evolvierte 1906 die erste Multibandapparatur, die er über weitere 20 Jahre weiterentwickelte und optimierte. Die heute noch angewandte Edgewise-Technik in der Therapie mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur ist ebenfalls auf Angle zurückzuführen, zitiert nach (Kahl-Nieke 2001). Da in der heutigen Therapie der Großteil der Zähne mit Brackets versehen wird, wurde der Begriff Multibandapparatur durch den Begriff Multibracketapparatur ersetzt (Sander et al. 2011).

Aus der Literatur sind nicht eindeutig speziell für die Multibracketapparatur aufgelistete Indikationen zu entnehmen, da diese sehr individuell und vielfältig sind. Ferner muss zwischen den medizinischen und den kassenrechtlichen Indikationen für eine kieferorthopädische Behandlung unterschieden werden (Berg 2001). Generell ist festzustellen, dass eine Multibracketapparatur indiziert ist, wenn Zähne körperlich bewegt werden sollen.

Basiselemente der Multibracketapparatur sind Bänder, Brackets, Bögen, Ligaturen und Alastics. In der Regel werden die ersten und zweiten Molaren mit industriell vorgefertigten Chrom-Nickel-Stahl-Ringen bebändert. Die Bänder dienen der Kraftübertragung aktiver Elemente, wie Bögen, Ligaturen und Federn. Weiterhin können Gaumennahterweiterungsapparaturen, Quadhelices und extraorale kieferorthopädische Geräte, wie zum Beispiel der Headgear in den Attachments der Bänder eingliedert werden. Die Kraftübertragung

auf Frontzähne, Eckzähne und Prämolaren erfolgt überwiegend über Brackets. Die Brackets werden von vestibulär, sofern nicht die Lingualtechnik angewendet wird, per Säure-Ätz-Technik auf den Zähnen angebracht. Die Position der Brackets wird durch Standardwerte definiert, individuelle Abweichungen sind wiederum möglich. Bei der Auswahl des Materials der Brackets stehen Metall, Kunststoff und Keramik zur Verfügung. Auch Größen und Formen variieren, immer mehr Verwendung in der heutigen kieferorthopädischen Behandlung finden selbstligierende Brackets. In einer Studie von Shivapuja und Berger (1994), in der konventionelle und selbstligierende Brackets vergleichend untersucht wurden, konnten für selbstligierende Brackets kürzere Behandlungszeiten in der Praxis belegt werden, da das Aus- und Wiedereinligieren von Alastics oder Ligaturen nicht nötig ist. Durch das Fehlen von Alastics und Ligaturen kann wiederum eine Erleichterung der Mundhygiene erzielt werden, denn Retentionsnischen zur Plaqueanheftung werden verringert. In den Slots der Brackets werden Bögen aus verschiedenen Materialien, in unterschiedlichen Querschnittsgrößen und -formen eingegliedert. Sie sind die aktiven Elemente in der Multibandtechnik. Eingesetzt werden die Bögen in den konventionellen Brackets entweder mit Ligaturen oder Alastics, die in diversen Farben erhältlich sind. Alastics und Ligaturen werden auch kombiniert zum Eingliedern der Bögen verwendet. Ergänzend kommen als Hilfselemente zum Beispiel Elastics, Zug- und Druckfedern zum Einsatz. Häufig werden in Kombination zur Multibracketapparatur auch intraorale Hilfsgeräte, wie zum Beispiel Palatinalbögen, Lingualbögen, Quadhelices, Gaumennahterweiterungsapparaturen oder auch der Lipbumper zur Therapie der Fehlstellung eingesetzt. Sie unterstützen die Verankerung oder auch die aktive Bewegung von Zähnen.

Die Therapie mit Multibracketapparatur wird in fünf Phasen durchgeführt

(Sander et al. 2011). In der Nivellierungsphase werden die Zahnbögen in horizontaler und vertikaler Dimension ausgeformt und verdrehte Zähne derotiert. In der Führungsphase folgt die Bewegung einzelner Zähne in sagittaler und transversaler Dimension. Durch die vertikale Bewegung der Inzisivi wird der tiefe Biss geöffnet beziehungsweise der offene Biss geschlossen. Es folgt die Kontraktionsphase, in der sagittale Stufen beseitigt und Lücken geschlossen werden. Eine Optimierung der individuellen Interkuspitation durch die Harmonisierung der Zahnbögen erfolgt in der Justierungsphase. Nach dem das gewünschte Behandlungsergebnis erreicht ist, beginnt die Retentionsphase zum Stabilisieren des Behandlungserfolges.

Für die Durchführung der Multibracketbehandlung finden unterschiedliche Behandlungsmethoden und Techniken Anwendung, die je nach Fehlstellung indiziert sind. Bei der Anwendung der Edgewise-Technik kommen Vierkantbögen zum Einsatz, die mittels Biegungen, erster, zweiter und dritter Ordnung, die gesteuerte Bewegung der Zähne erlauben. Im Gegensatz dazu wird die Information zur kontrollierten Zahnbewegung in der Straight-wire-Technik nach Andrews über die Brackets weitergeleitet. Die Dicke der Bracketbasis, die Anordnung des Slots zur Zahnachse und die Neigung des Slots zur Bracketbasis definieren die gewünschte Zahnbewegung. Mittels dünner Rundbögen werden bei Anwendung der Light-wire-Technik nach Begg zunächst die Zahnkronen an die gewünschten Positionen gekippt. Eine Aufrichtung der Zähne erfolgt durch die folgende Bewegung der Wurzeln.

Eine gute Übersicht zur Behandlung mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur geben Kahl-Nieke (2001); Sander et al. (2011).

2.3.1. Risikofaktoren

Eine Behandlung mit Multibracketapparatur birgt neben Nutzen auch Nebenwirkungen und Risiken, dabei unterscheidet man zwischen iatrogen verursachten Schädigungen und weiteren Risiken, die durch den Patienten beeinflusst und kontrolliert werden können. Das Eingliedern der Multibracketapparatur kann zu Verletzungen an der Wangenschleimhaut, Reizungen am marginalen Parodontium und zu hypersensiblen Zähnen führen. Im Rahmen der Therapie kann es zu reversiblen Zahnlockerungen kommen. Wirken allerdings zu hohe Kräfte, können irreversible Zahnlockerungen die Folge sein. Des Weiteren kann die Applikation von zu hohen Kräften zu einer Schädigung der Pulpa, zu parodontalen Rezessionen und Knochendehiszenzen führen. Häufig treten mit nicht eindeutig geklärter Ursache Wurzelresorptionen auf und stellen für die kieferorthopädische Therapie mit Multibracketapparatur ein im Zentrum stehendes Risiko dar (Diedrich et al. 2000).

Die Applikation einer Multibracketapparatur führt durch vermehrte schwer erreichbare Retentionsnischen durch Bänder, Brackets und Bögen zu einer erhöhten Plaquebesiedlung (Womack und Guay 1968; Kneist et al. 2008). Die Multibracketapparatur führt zu einer Einengung der Mundhöhle, durch die daraus resultierende gehemmte Muskelbewegung und den verringerten Speichelfluss ist die natürliche Selbstreinigung der Zähne gestört. Des Weiteren führt die Einengung der Mundhöhle zu einem eingeschränkten Bewegungsraum für die Reinigung der Zähne mit Hilfsmitteln. Diese Nebenwirkungen der Multibracketapparatur steigern das Risiko für eine Gingivitis oder Parodontitis (Zachrisson und Zachrisson 1972; Zachrisson 1976).

In einer Untersuchung von Alexander (1991), bei der die Wirkung von fest-

sitzenden Bändern und bukkalen Tubes auf die gingivale Gesundheit überprüft wurde, waren sowohl erhöhte Plaque- als auch Gingiva-Indexwerte zu verzeichnen, wobei der Anstieg der Indexwerte für die behänderten Molaren im Vergleich zu den Tubes signifikant höher war.

Rateitschak et al. (1968) untersuchten die Reaktion und die Regeneration des Parodonts auf Behandlung mit festsitzenden Apparaten und herausnehmbaren Platten. An Prämolaren, die im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einem späteren Zeitpunkt zur Extraktion vorgesehen waren, wurden mit Bögen Kräfte einer Multibrackettherapie simuliert. Ein Gingiva-Index wurde dabei erhoben. Dieser zeigte einen Anstieg der Entzündung der marginalen Gingiva, der wohl eher auf einen lokalen marginalen Reiz, als auf die erhöhte Krafteinwirkung zurückzuführen ist.

Eine Untersuchung von Steinhardt (1989), in der die Auswirkung der kieferorthopädischen Behandlung auf das marginale Parodont kontrolliert wurde, zeigte auf, dass es durch die Behandlung mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen zu einem signifikant erhöhten Papillenblutungs-Index, der den Entzündungsgrad der Gingiva darstellt, kommt.

In einer Studie von Diedrich et al. (2000), in der die Bruchhäufigkeiten, Plaquebildung und Schmelzläsionen bei der Bracketadhäsivtechnik untersucht wurden, konnte eine signifikant erhöhte Plaqueakkumulation im vestibulären sowie im approximalen Bereich festgestellt werden. Ebenso trat in diesen Bereichen signifikant erhöht eine Gingivitis auf. Nach Entfernung der Brackets bei einer Patientin an elf Zähnen wurden weißliche Entkalkungen, sowie zwei tieferreichende Zahnhartsubstanzdefekte beobachtet. Die Plaque-Indexwerte dieser Zähne waren im Vorfeld bereits erhöht. Die erhöhte Plaqueakkumulation steigert ebenso das Risiko für kariöse Läsionen. Dabei stehen vor allem weißlich

opake Entkalkungen des Zahnschmelzes, die als White Spot Lesions bezeichnet werden, im Vordergrund (Mizrahi 1982; O'Reilly und Featherstone 1987; Ogaard et al. 1988; Gorton und Featherstone 2003).

Solche Läsionen konnten in einer Studie von Ogaard et al. (1988) bereits nach vier Wochen nachgewiesen werden. Vermehrt treten White Spot Lesions in Bereichen auf, in denen die Durchführung einer adäquaten Reinigung der Zähne durch die Multibracketapparatur erschwert ist, dazu zählen vor allem die Flächen um die Brackets herum, der Marginalsaum und der Bereich unter den Bögen. Auch gelockerte Bänder bzw. ein ausgewaschener Zementspalt erhöhen das Risiko für White Spot Lesions (Bishara und Ostby 2008; Kneist et al. 2008).

Mizrahi (1982) untersuchte in einer Studie das Auftreten von Entkalkungen des Zahnschmelzes bei Patienten vor Beginn einer festsitzenden kieferorthopädischen Therapie und bei Patienten nach erfolgter Behandlung mit Multibracketapparatur, mit dem Ergebnis, dass durch das Eingliedern der festsitzenden Apparatur weitere Areale der Zähne weißliche Entkalkungen aufwiesen und diese an Schweregrad zunahmen.

Gorelick et al. (1982) zeigten in einer Studie, in der Patienten ohne Multibracketapparatur und Patienten nach erfolgter Therapie mit festsitzender Apparatur hinsichtlich des Auftretens von White Spot Lesions untersucht wurden, dass mit der Therapie das Risiko für White Spot Lesions um ca. den Faktor drei erhöht ist.

Eine weitere Studie von Richter et al. (2011), die 350 Patienten anhand von Fotodokumentationen vor und nach der Multibracketapparatur bezüglich des Vorkommens von White Spot Lesions untersuchten, zeigte eine Zunahme von neuen Entkalkungen bei 72,9 Prozent der Patienten. Die Literaturrecherche macht deutlich, wie wichtig prophylaktische Maßnahmen, dazu zählt die täg-

liche häusliche Mundhygiene zur Prävention von parodontalen Veränderungen und Entkalkungen der Zahnhartsubstanz sind (Zachrisson 1976; Geiger et al. 1988; Sudjalim et al. 2006; Ludwig et al. 2009; Srivastava et al. 2013).

2.3.2. Mundhygiene

Behandlungen mit Multibracketapparaturen dauern in der Regel mehrere Jahre. Eine Basis für eine erfolgreiche Therapie ist unter anderem eine anhaltende adäquate Mundhygiene, die wie beschrieben durch mehrere Faktoren beeinflusst und erschwert wird. Neben der kieferorthopädischen Therapie sind daher eine individuelle Mundhygieneunterweisung mit detaillierter Anleitung durch Fachpersonal und regelmäßige Kontrollen des Mundhygienestatus empfehlenswert (Womack und Guay 1968; Zachrisson 1974; Clark 1976; Axelsson und Lindhe 1981; Heintze et al. 1996; Sander et al. 2011).

Eine vielfältige, große Auswahl an diversen Zahnbürsten, Zahnpasten und verschiedenen Hilfsmitteln zur Reinigung der Interdentalräume für die individuelle Zahnpflege werden auf dem heutigen Markt angeboten. Dabei unterscheidet man bei Zahnbürsten u.a. konventionelle Handzahnbürsten, wobei diese sehr unterschiedlich aufgebaut und gestaltet sind und elektrische Zahnbürsten, die unterschiedliche Bewegungsmuster aufweisen. Für die Handzahnbürste wird ein kurzer Bürstenkopf von ca. 2,5 cm Länge mit Borsten aus Kunststoff, die ca. 20 mm dick, 10-12 mm lang und an den Enden abgerundet sind, empfohlen. Die Empfehlung ist eine mittelharte Zahnbürste, bei der 20-40 Borsten zu Büscheln aufgeteilt sind (multi-tufted) (Attin et al. 2009). Zahnbürsten mit kreuzverzahntem Profil werden bei der Reinigung von Zähnen mit Multibracketapparatur eine bessere Putzwirkung zugeschrieben, wobei die approximalen und vestibulären Flächen nur bedingt ohne weitere Hilfs-

mittel adäquat sauber gehalten werden können (Sander et al. 2011). Elektrische Zahnbürsten lassen sich nach ihren Bewegungsmuster unterteilen: einfache Seitwärtsbewegungen, entgegen gerichtete Oszillationsbewegungen, rotierende Oszillationsbewegungen und kreisförmige Bewegungen. Des Weiteren zählen auch Schall- und Ultraschallzahnbürsten zu elektrischen Zahnbürsten.

Hickman et al. (2002) untersuchten in einer Parallelstudie an 63 Patienten mit Multibracketapparatur die unterschiedlichen Wirkungen einer Handzahnbürste und elektrischen Zahnbürste auf Plaque und Gingiva über einen Zeitraum von acht Wochen. Zur Bewertung wurden ein kieferorthopädisch modifizierter Plaque-Index nach Silness und Loe (1964) und der PSI als Gingiva-Index erhoben und ebenso der interdentaler Blutungs-Index nach Eastman. Patienten, die die elektrische Zahnbürste nutzten, zeigten im Untersuchungszeitraum von acht Wochen eine deutliche Reduzierung der interdentalen Blutungspunkte, weitere signifikante Unterschiede in ihren Wirkungen waren im direkten Vergleich nicht zu verzeichnen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Thienpont et al. (2001) in einer Cross-Over Untersuchung von 33 Probanden mit Multibracketapparatur. Über vier Wochen hinweg konnten sie keine signifikanten Unterschiede von zwei untersuchten Handzahnbürsten und zwei elektrischen Zahnbürsten, speziell empfohlen für die Reinigung mit Multibracketapparatur, in ihrer Wirkung auf die Gingiva und Plaque feststellen. Es wurden unter anderem ein modifizierter Gingiva-Index und ein modifizierter Plaque-Index zur Auswertung der Plaque um die Brackets herum erhoben.

In einer Studie von Heasman et al. (1998) wurden 60 Probanden randomisiert nacheinander jeweils zwei verschiedene elektrische Zahnbürsten, eine speziell für die Mundhygiene mit Multibracketapparatur konzipierte und eine

Handzahnbürste, für einen Untersuchungszeitraum von jeweils vier Wochen zugeteilt. Dabei wurde die Wirkung hinsichtlich der sichtbaren Plaque sowie des Auftretens gingivaler Blutungen untersucht, für ihre Auswertung dienten der Visible Plaque-Index und der gingivale Blutungs-Index. In ihrer Studie kommen sie zum Ergebnis, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen sowohl der elektrischen Zahnbürste mit speziellem kieferorthopädischen Bürstenkopf, der für den normalen Gebrauch vorgesehenen elektrischen Zahnbürste als auch der konventionellen Handzahnbürste in ihren Wirkungen auf die Gingiva und Plaque gibt.

Diedrich et al. (1982) konnten mit ihrer vierwöchigen Paralleldesign-Untersuchung an 30 Patienten mit festsitzender Apparatur zur Wirkung von elektrischer Zahnbürste und Handzahnbürste, jeweils eingesetzt zusammen mit Interdentalbürsten sowie Handzahnbürste in Kombination mit einem Handstrahlgerät mit Chlorhexidin, ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Plaque- und Gingivitisreduktion feststellen. Zur Bewertung der Plaque und der Gingiva wurden der Plaque-Index nach Silness und Loe (1964) und der SBI erhoben.

Trimpeneers et al. (1997) untersuchten drei verschiedene Modelle elektrischer Zahnbürsten und eine Handzahnbürste hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Reduzierung der supragingivalen Plaque und die Entwicklung der Gingivitis an 36 Patienten mit Multibracketapparatur, die jeweils im Cross-Over Design jeden Zahnbürstentyp testeten. Der Gingiva-Index wurde in modifizierter Form und der Plaque-Index speziell um die Brackets herum erhoben. Über eine Studiendauer von zwei Monaten kamen sie zum Ergebnis, dass Patienten in der Anwendung mit der manuellen Zahnbürste bessere Plaque- und Gingiva-Indexwerte aufwiesen und diese auch bevorzugten.

In einer achtzehnmonatigen Parallel-Studie untersuchten Boyd et al. (1989) an vierzig Patienten mit Multibracketapparatur den Effekt einer elektrischen Zahnbürste und Handzahnbürste auf die Entwicklung der Plaque- und Gingiva-Indexwerte. Dabei beobachteten sie eine signifikante Zunahme der Plaque sowie eine Verschlechterung der Indexwerte bei Nutzung der Handzahnbürste über den Studienverlauf und kamen zu dem Ergebnis, dass eine elektrische Zahnbürste in ihrer Reinigungswirkung der konventionellen Handzahnbürste überlegen ist.

84 Patienten mit festsitzender Apparatur nahmen an der Untersuchung von Clerehugh et al. (1998) teil und testeten im Paralleldesign die Wirksamkeit einer elektrischen Zahnbürste sowie Handzahnbürste über einen Zeitraum von acht Wochen auf die Gingiva. Der Plaque-Index nach Silness und Loe (1964) modifiziert auf die kieferorthopädische Behandlung, der Gingiva-Index und der interdentale Blutungs-Index nach Eastman dienten der Beurteilung. Beide Studiengruppen zeigten nach acht Wochen einen deutlichen Rückgang der Plaque. Der interdentale Blutungs-Indexwert nach Eastman war bei den Probanden, die die elektrische Zahnbürste anwendeten, nach vier und nach acht Wochen im Vergleich zur parallel teilnehmenden Studiengruppe signifikant niedriger. Die Mehrheit der Probanden bevorzugte die Anwendung der elektrischen Zahnbürste (Clerehugh et al. 1998).

Heintze et al. (1996) untersuchten an 38 Patienten mit Multibracketapparatur drei verschiedene Modelle elektrischer Zahnbürsten und eine konventionelle Handzahnbürste. Jeder Proband testete für jeweils vier Wochen jede Zahnbürste mit einer Wash-out-Phase dazwischen. Im Vorfeld teilten sie die Probanden anhand eines Fragebogens in „Patienten mit guter“ und in „Patienten mit mangelhafter“ Mundhygiene ein. Während Patienten mit guter

Mundhygiene keine nennenswerten Unterschiede hinsichtlich der Plaquereduzierung zeigten, verringerte sich der Plaque-Index durch das Nutzen elektrischer Zahnbürsten bei Patienten mit mangelhafter Mundhygiene signifikant.

In einer Studie von Costa et al. (2010) wurden 21 Patienten mit festsitzender Apparatur jeweils eine konventionelle Handzahnbürste, eine elektrische Zahnbürste und eine Ultraschallzahnbürste im Cross-Over Design zugeteilt. Der Untersuchungszeitraum lag bei vier Wochen. Die Untersuchung zeigte, dass die Ultraschallbürste bei der Reinigung der bukkalen Flächen, vor allem im Bereich der Brackets signifikant besser die Plaque entfernt.

An die Zahnpasta bei Anwendung mit Multibracketapparatur werden ähnliche Anforderungen gestellt, wie für die Anwendung ohne Multibracketapparatur. Sie sollte eine hohe Reinigungskraft und niedrige Abrasivität aufweisen und fluoridhaltig sein (Sander et al. 2011).

In zwei Studien von Böshagen et al. (2005) wurden die Wirksamkeit einer Zahnputztablette auf die Mundhygiene untersucht. In der ersten Studie testeten 448 Teilnehmer neben ihrer eigenen Handzahnbürste und Zahnpasta eine definierte Zahnpasta und Zahnbürste und eine Zahnputztablette (Denttabs) in Kombination mit einer neuentwickelten mittelharten Kurzkopfzahnbürste. Getestet wurden die jeweiligen Kombinationen über zwei Wochen, dazwischen lagen Wash-out-Phasen von 28 Tagen. In der weiteren Studie testeten 27 Zahnmedizinstudenten die Zahnputztablette in Kombination mit der zugehörigen Zahnbürste über einen Zeitraum von drei Wochen. Zur Bewertung dienten der Plaque- und Gingiva-Index nach Silness und Loe (1964). Beide Studien zeigen eine signifikante Abnahme der Indexwerte, wobei die Mittelwerte der Anwendung mit Zahnpasta und Zahnputztablette keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Daraus lässt sich ableiten, dass das Anwenden der Zahnputztablet-

te mindestens äquivalent zur Anwendung der herkömmlichen Zahnpasta ist.

Die Reinigung der interdentalen Räume ist von Bedeutung und generell bei Patienten mit Multibracketapparatur empfehlenswert (Kossack und Jost-Brinkmann 2004). Zur Reinigung der interdentalen Räume dienen Interdentalbürsten, die es in diversen Ausführungen, in verschiedenen Durchmessern gibt. In einer Studie von Kossack und Jost-Brinkmann (2004) wurden an 40 Probanden mit festsitzender Multibracketapparatur vier Reinigungsmöglichkeiten bzw. -kombinationen untersucht. Jeder der 40 Teilnehmer testete für einen Zeitraum von vier Wochen eine Kurzkopfzahnbürste, eine Schallzahnbürste und jeweils die Schallzahnbürste einmal in Kombination mit einer 3-Phasen-Zahnseide und einmal in Kombination mit einem elektrischen Interdentalreinigungsgesetz, dazwischen lagen jeweils Wash-out-Phasen von zwei Wochen. Diese Studie zeigt, dass mit den jeweiligen Zahnreinigungsmitteln eine Reduzierung der Plaque und Gingivitis im Vergleich zu Ausgangssituation erreicht werden kann. Für eine adäquate Reinigung der Zahnoberflächen reicht die Anwendung der Schallzahnbürste nicht aus. Die effektivste Kombination zur Reinigung der Zähne mit Multiband ist im Rahmen dieser Studie die Schallzahnbürste und die elektrische Interdentalraumreinigung.

An einer Studie von Bock et al. (2009) nahmen 104 Probanden mit festsitzender Apparatur teil. Untersucht wurden für einen Zeitraum von 12 Wochen zwei verschiedene Modelle von Interdentalraumbürsten im Cross-Over-Design: Eine Interdentalraumbürste mit dreieckigem Querschnitt und kurzem gebogenen Handstück und im Vergleich dazu eine einbüschelige Interdentalraumbürste mit langem Handstück. Die Anwendung der Interdentalraumbürsten hatte einen signifikanten Rückgang des Plaque-Index zur Folge. Dabei war kein Modell im direkten Vergleich hinsichtlich der Plaquereduzierung effizienter.

Die Literaturrecherche zeigt, dass es zahlreiche Untersuchungen gibt, die sich mit der Mundhygiene vergleichend an Probanden ohne kieferorthopädische Apparaturen befassen. Ebenfalls sind eine hohe Zahl an Studien vorhanden, die vergleichend die Mundhygiene und Effekte verschiedener Arten von Zahnbürsten auf die Plaque und Gingiva bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen untersuchen. Bislang wurde jedoch lediglich in der Studie von Costa et al. (2010) der Effekt einer Ultraschallzahnbürste auf die Plaque und Gingiva bei kieferorthopädischen Probanden untersucht. Die vorliegende Studie soll daher nicht zuletzt auch durch die Planimetrie ergänzende Ergebnisse liefern.

3. Material und Methode

Die Prüfung und Genehmigung des Ethikantrages (Antrag Nr. 83/2013) erfolgte am 27.08.2013 durch die Ethik-Kommission der Universität Witten/Herdecke. In pseudonymisierter Form erfolgte die Datenerhebung der 80 Probanden, die als Dank für die Teilnahme an der Studie alle eine Ultraschallzahnbürste (Emmi-dental Professional, EMAG Technologies) erhielten. Nach Beendigung der Studie wurden den Probanden ihre zugeteilten Testprodukte überlassen.

3.1. Patientenauswahl

Einschlusskriterien:

- Jugendliche Patienten mit Multiband, idealerweise ca. vier bis sechs Monate vor Therapieende
- Minimal vier Zähne mit ausgeprägter Gingivitis pro Kiefer
- Einwilligung der Jugendlichen und der Erziehungsberechtigten

Ausschlusskriterien:

- Systemische Erkrankungen
- Floride kariöse Läsionen
- Schwangerschaft
- Fehlende Einwilligung

3.2. Probandenanzahl

80 Probanden wurden in einer Parallelstudie untersucht, wobei die Zuordnung der Testzahnbürste über Randomisierung entschieden wurde.

3.3. Aufklärung der Probanden

Ein Informationsschreiben, in dem der genaue Ablauf und das Vorhaben der Studie beschrieben wurden, diente der Aufklärung der Probanden. Mit einem gesonderten Schreiben wurden ebenfalls die Erziehungsberechtigten der Probanden über den Aufbau und die Absicht der Studie informiert. In einem persönlichen Gespräch wurde der genaue Ablauf der Studie besprochen und auftretende Fragen geklärt. Sowohl Proband als auch Erziehungsberechtigter erklärten mit ihrer Unterschrift ihr Einverständnis zur Studienteilnahme. Ein Abbruch der Teilnahme stand den Probanden jederzeit ohne Angabe von Gründen zu.

3.4. Studiendauer

Der Untersuchungszeitraum beider Gruppen wurde analog der Vergleichsstudie von May (2013) auf 12 Wochen angesetzt.

3.5. Studienaufbau und Durchführung

Alle Untersuchungen wurden von einer Prüffärztin durchgeführt. Um eine Baseline für alle Teilnehmer der Studie zu schaffen, wurde am ersten Termin der Gingiva-Index nach Silness und Loe (1964) erhoben. Die angefärbte und somit

sichtbar gemachte Plaque wurde mittels intraoraler digitaler Fotografie dokumentiert, um den modifizierten Plaque-Index nach Lang et al. (2011) erheben zu können. Im Anschluss erfolgten eine professionelle Zahnreinigung und eine dreitägige Mundhygienekarenz.

Am ersten regulären Studientag wurden zum Prebrush-Zeitpunkt der Gingiva-Index dokumentiert und intraorale Planimetrie-Fotografien der angefärbten Plaque aufgenommen. Im Anschluss folgte die Wiederaufnahme der Mundhygiene durch den Probanden mittels zugeteilter Testzahnbürste unter Supervision. Darauf folgten erneut das Anfärben aller Zähne und die intraorale Planimetrie-Fotografie. Ein dritter Termin nach zwei Wochen diente der Aufnahme des Gingiva-Index und ein Weiterer nach sechs Wochen der Kontrolle der Compliance. Der letzte Termin, der nach 12 Wochen stattfand, war im Ablauf und in der Durchführung dem ersten Studientag gleich.

3.6. Ablauf der Studie

- Tag 1: (Baseline)
 - Erheben der Anamnese
 - Durchgehen und Besprechen der Informationsschreiben
 - Unterzeichnen der Einwilligungserklärung
 - Erheben des Gingiva-Index
 - Anfärben aller Zähne
 - Intraorale Planimetrie-Fotografie
 - Durchführung einer Professionellen Zahnreinigung
 - Zuteilung in die jeweilige Untersuchungsgruppe
 - Dreitägige Mundhygienekarenz

- Tag 2: (nach 3 Tagen, Start of study)
 - Erheben des Gingiva-Index
 - Anfärben aller Zähne
 - Intraorale Planimetrie-Fotografie
 - Einführung und Demonstration der jeweiligen Testzahnbürste
 - Anwendung der Testzahnbürste unter Supervision
 - Erneutes Anfärben aller Zähne
 - Intraorale Planimetrie-Fotografie
- Tag 3: (nach 2 Wochen)
 - Erheben des Gingiva-Index
 - Kontrolle der Compliance und das Zurechtkommen mit der Testzahnbürste
- Tag 4 (nach 6 Wochen)
 - Kontrolle der Compliance und das Zurechtkommen mit der Testzahnbürste
- Tag 5 (nach 12 Wochen, End of study)
 - Erheben des Gingiva-Index
 - Anfärben aller Zähne
 - Intraorale Planimetrie-Fotografie
 - Anwendung der Testzahnbürste unter Supervision
 - Erneutes Anfärben aller Zähne
 - Intraorale Planimetrie-Fotografie

3.7. Bewertungsmethoden

3.7.1. Indikatorlösung

Zur Demonstration der supragingivalen Plaque dienen Indikatorlösungen. Sie färben die Plaque sichtbar an und ermöglichen somit eine kontrastreiche planimetrische Fotodokumentation. In der vorliegenden Studie wurde die von der Firma Hager & Werken produzierte Lösung Mira-2-Ton (Abbildung 3.1) angewendet. Mira-2-Ton ist ein zweiphasiger Revelator, der erythrosinfrei ist. Mira-2-Ton wird mit einem Schaumstoffpellet auf getrocknete Zahnoberflächen aufgetragen, im Anschluss spült der Patient aus. Junge Plaque wird rosa und reifere Plaque blau eingefärbt. Als Färbemittel sind dabei die Inhaltsstoffe C.I.45410 (acid red 92) und C.I.42090 (acid blue 9) wichtig. Des Weiteren setzt sich Mira-2-Ton aus Wasser, Natriumbenzoat und Kaliumsorbitat zusammen (HagerWerken 2000; Roulet und Zimmer 2002; Miradent 2016).



Abbildung 3.1.: Mira-2-Ton

3.7.2. Fotodokumentation

Die intraoralen Aufnahmen erfolgten nach Kalibrierung, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (Olympus E-420), ausgestattet mit einem Ringblitz (MCOPLUS MP-MRF32) und einem Makroobjektiv (Olympus DIGITAL; 35mm; 1:3,5), wurden über intraorale Spiegel alle Quadranten im angefärbten Zustand von palatinal/lingual und vestibulär/bukkal fotografiert. Diese Aufnahmen ermöglichten eine Verblindung in der Auswertung des Navy-Plaque-Index modifiziert nach Lang et al. (2011).

3.7.3. Indizes

Zur Beurteilung des Zustandes der Gingiva und der Ausdehnung der Plaque wurden zwei Indizes genutzt.

- Gingiva-Index nach Silness und Loe (1964)
- Modifizierter Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011)

3.7.3.1. Gingiva-Index

Der Gingiva-Index nach Silness und Loe (1964) ermöglicht das Erfassen der gingivalen Gesundheit. Es handelt sich um einen Index, eingeteilt in vier Grade von Grad 0 bis Grad 3, der an vier Messpunkten erhoben wird. Mit Hilfe einer WHO-Sonde (Abbildung 3.2) wird nach Trocknen des Gingivalsaums dieser an jedem Zahn von vestibulär an den Messpunkten mesial, median und distal und oral an einem Messpunkt sondiert. In der vorliegenden Studie wurden jedoch analog der Vergleichsstudie May (2013) sechs Messpunkte festgelegt und die

Werte erhoben. Drei Messpunkte wurden dabei oral (mesio-palatinal/mesio-lingual, palatinal/lingual, disto-palatinal/disto-lingual) und drei weitere bukkal (mesio-bukkal, bukkal, disto-bukkal) sondiert.

Tabelle 3.1.: Gingiva-Index GI (Silness und Loe 1964; Weber 1999; Gängler et al. 2010)

Grad 0	Grad 1	Grad 2	Grad 3
normale Gingiva, keine Entzündung, keine Rötung, keine Blutung, keine Schwellung	geringe Entzündung, geringe Oberflächenveränderung, leichte Rötung, aber keine Blutung	mäßige Entzündung, Rötung, Schwellung, Blutung bei Sondierung	starke Entzündung, starke Rötung und Schwellung, Tendenz zur Spontanblutung, Ulzeration



Abbildung 3.2.: WHO-Sonde

3.7.3.2. Plaque-Index

Der Navy-Plaque-Index ermöglicht das Bewerten der Ausdehnung der Plaque. Dabei wurde der Navy-Plaque-Index mehrfach modifiziert. Um den Navy-Plaque-Index nach Elliot et al. (1972) in den Graden 0 oder 1 zu erheben, wird der Zahn zunächst in drei Hauptareale eingeteilt, eine gingivale, eine

mittlere und eine okklusale Zone. Das mittlere Areal wird weiter unterteilt in eine mesiale und distale Fläche und die gingivale Zone in eine mesiale, mittlere und distale Fläche. Die modifizierte Form des Navy-Plaque-Index nach Rustogi et al. (1992) sieht eine Einteilung des Zahnes in neun Areale vor, wobei auch wieder das Vorhandensein der Plaque mit 0 oder 1 bewertet wird. Der Navy-Plaque-Index in der Modifikation nach Claydon und Addy (1995) (Abbildung 3.3) wird planimetrisch erhoben. Intraorale Aufnahmen erlauben dabei das Vorhandensein der Plaque in den neun Arealen sowohl von vestibulär als auch von oral zu bewerten (Claydon und Addy 1995; Claydon und Addy 1996).

Eine weitere Modifikation des Navy-Plaque-Index stellt die nach Lang et al. (2011) dar. Das Vorhandensein der Plaque wird in drei Graden beurteilt und wird in jedem der neun Areale des Zahnes bestimmt.

- Grad 0: keine sichtbare Plaque
- Grad 1: sichtbare Plaque, unter 50 Prozent des Areals
- Grad 2: sichtbare Plaque, über 50 Prozent des Areals

In dieser Studie wurde zur Beurteilung der Plaqueausdehnung der modifizierte Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) genutzt. An den Index-Zähnen 15, 24, 12, 21, 35, 32, 41, 44 wurde an fünf Zeitpunkten der Plaque-Index von oral und vestibulär bestimmt. Die Felder E, G und H konnten durch das Vorhandensein von Brackets nicht ausgewertet werden und wurden aus der Befundung eliminiert, siehe hierzu auch die schematische Darstellung nach Abbildung 3.4. Die Felder A, B und C wurden hierbei dem marginalen Plaque-Indexwert zugewiesen, die Felder D und F dem approximalen Plaque-Indexwert.

- T1: zu Beginn der Untersuchung (Baseline)
- T2: Prebrush (Start of study)

- T3: Postbrush (Start of study)
- T4: Prebrush (12 Weeks, End of study)
- T5: Postbrush (12 Weeks, End of study)

Die Auswertung der intraoralen Aufnahmen erfolgte verblindet.

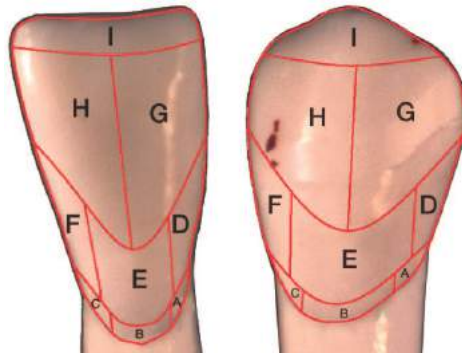


Abbildung 3.3.: Schematische Darstellung Navy-Plaque-Index modifiziert nach Claydon und Addy (Denda et al. 2011)

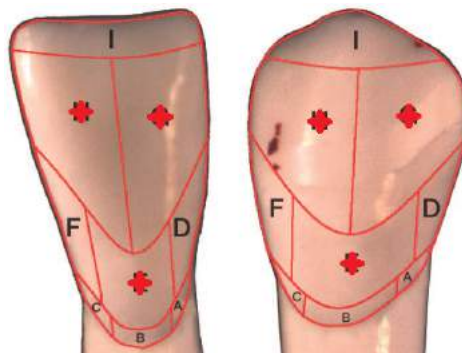


Abbildung 3.4.: Schematische Darstellung Navy-Plaque-Index modifiziert nach Claydon und Addy (Denda et al. 2011). Zusätzlich sind die in dieser Studie aufgrund der kieferorthopädischen Apparatur abgedeckten, und somit nicht ausgewerteten, Bereiche gekennzeichnet

3.7.4. Testzahnbürsten und Testzahnpaste

3.7.4.1. Emmi-dental Professional Ultraschallzahnbürste

Das Handstück der Emmi-dental Professional (EMAG Technologies, Mörfelden-Walldorf-D) hat bei einer Länge von 166mm einen Durchmesser von 23mm bis 31 mm, der aufgrund der geschwungenen Form des Handstückes variiert. Eine ergonomische Haptik soll durch die Gummi-Einsätze, die an den Seiten des Handstückes auf 130mm angebracht sind, gewährleistet werden (EMAG 2013).

Der kieferorthopädische Bürstenkopf wird über ein Zwei-Pinsystem auf dem Handstück, das aus einem Kunststoffgehäuse besteht, aufgesteckt. Der Bürstenkopf ist 90mm lang und auf einer Länge von 25mm und Breite von 13mm mit Borstenbüscheln ausgestattet. Die Borstenbüschel sind in fünf Längsreihen angeordnet, wobei die Borsten in der Mitte mit 6mm Länge kürzer als die jeweils zwei äußeren Reihen mit 9mm Länge sind. Die Filamente der Bürstenköpfe bestehen aus Kunststoff und werden von der Firma DuPont (Wilmington, USA) speziell für die Ultraschall-Technologie hergestellt.

Die Ultraschallwellen der Emmi-dental Professional besitzen eine Frequenz von 1,6 MHz. Die Ausbreitung der Wellen erfolgt longitudinal. Da Ultraschallwellen vom menschlichen Gehör nicht wahrgenommen werden können, ist im Handstück ein Vibrationsmotor eingearbeitet, zusätzlich leuchtet bei eingeschaltetem Handstück eine LED-Kontrollleuchte unterhalb des Ein- und Auschalters (EMAG 2013). Der Hersteller empfiehlt eine ca. doppelte Erbsengröße der Ultraschallzahnpaste über die Zahnninnenflächen und -außenflächen zu verteilen und dann über die Zahnninnenflächen nach außen und zum Abschluss okklusal die Zähne zu reinigen. Dabei sollen die Borsten für fünf bis zehn

Sekunden, abhängig vom Verschmutzungsgrad, leicht an die Zähne gehalten werden ohne Bewegungen durchzuführen. Die Putzdauer liegt bei drei bis vier Minuten. Das Borstenfeld erfasst jeweils 2-3 Zähne (EMAG 2013). Die Ultraschallwellen werden durch die Borsten hindurch in die Ultraschallzahncreme geleitet, das als Übertragungsmedium fungiert. Es bilden sich in der Zahncreme Mikrobläschen, die jeweils durch Implosion die Zahnbeläge entfernen sollen (EMAG 2013).



Abbildung 3.5.: Emmi-dental Professional Ultraschallzahnbürste und der kieferorthopädische Bürstenkopf

3.7.4.2. Emmi-dent Ultraschall- Zahncremekonzentrat

Ihre Wirkung zeigt die Emmi-dental Professional nur in Kombination mit der Emmi-dent Ultraschallzahncreme, der Hersteller weist ausdrücklich darauf hin, dass eine erwünschte Wirkung der Implosion der Mikrobläschen mit einer handelsüblichen Zahnpasta ausbleibt (EMAG 2013). Der RDA-Wert dieser Zahncreme liegt bei null (EMAG 2013).



Abbildung 3.6.: Emmi-dent Ultraschall-Zahncremekonzentrat

Die Ultraschallzahncreme setzt sich aus folgenden Inhaltsstoffen zusammen (EmmiUltrasonic 2014):

- 1450ppm Natriumfluorid in einer wässrigen Suspension
- Allantoin
- Ätherische Öle
- Highlandsalz-Kristalle
- hydriertes Silicat (Kieselerde)
- Kalium-Pyrophosphat
- Limonen
- Minzextrakt
- Natriummethylparaben
- Natriumsaccharin
- Natriumsulfonat
- Propylenglycol
- Sorbitol
- Stevia
- Titandioxid
- Xanthan

3.7.4.3. Denttabs-Handzahnbürste

Bei einer Gesamtlänge von 190 mm ist die Denttabs-Handzahnbürste auf der Rückseite im mittleren und auf der Vorderseite im oberen Drittel mit Querrillen aus Gummi ausgestattet, um das Gleiten aus der Hand zu verhindern. Der Bürstenkopf weist eine ovale Form auf, das Borstenfeld ist 27 mm lang und 12 mm breit und besteht aus 36 Borstenbüscheln. Ein Borstenbüschel besteht aus 46 bis 54 mikrofeinen Filamenten. Der plane Bürstenkopf entsteht durch gleichlange Borsten von 12 mm Länge.



Abbildung 3.7.: Denttabs -Handzahnbürste

3.7.4.4. Denttabs-Zahnputz-Tabletten

Die Denttabs-Zahnputz-Tablette (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin) ist 5mm dick und hat einen Durchmesser von 9mm, sie wird zwischen den Zähnen zerkleinert, in Verbindung mit Speichel und der angefeuchteten Zahnbürste entsteht ein Schaum. Da es sich um eine Tablette handelt, wird auf Inhaltsstoffe, die in herkömmlicher Zahnpasta enthalten sind, wie zum Beispiel Wasser, verzichtet. Unter anderem handelt es sich hierbei um Konservierungsstoffe, Bindemittel und Feuchthaltmittel. Natriumlaurylsulfat ist als Tensid in der Tablette enthalten (Gängler 2014). Der niedrige RDA-Wert (Radioactive Dentin Abrasion) von ca. 30 weist die Denttabs-Zahnputz-Tabletten als vergleichsweise abrasionsfreies Zahnputzmittel aus (DENTTABS 2016b). Die Denttabs-Zahnputz-Tabletten setzen sich aus folgenden weiteren Inhaltsstoffen zusammen (DENTTABS 2016a):

- Amisoft
- Ätherische Öle
- Silica
- Magnesiumstearat
- Natriumhydrogencarbonat
- Xanthan-Gum
- Mikrokristalline Zellulose als Poliermittel

- Minzaroma
- Natriumfluorid (1450ppm)
- Stevia
- Vitamin C



Abbildung 3.8.: Denttabs-Zahnputz-Tablette

3.7.5. Statistische Auswertungen

Die Fallzahlschätzung/ Power-Analyse wurde mit der Spezialsoftware G*Power 3.1 ausgewertet. Das Ergebnis lag bei einer Power von $p = 0,80$ bei einer erforderlichen Stichprobengröße von jeweils 39 Probanden pro Gruppe. Dem Anhang A sind Ergebnisse, Protokoll und Verteilungsplot der Analyse zu entnehmen.

Alle auszuwertenden Parameter und Differenzparameter der vorliegenden Studie wurden vorab durch eine Extremwerte-Detektion untersucht. Werte, die um mehr als das Dreifache des Quartilsabstandes vom Wert des ersten bzw. dritten Quartils der Verteilung der jeweiligen Variablen entfernt lagen („Boxplot-Kriterium“ (Bühl 2016)), wurden aus der Datenbank herausgenommen bzw. bei der statistischen Analyse nicht einbezogen.

Die Parameter des Gingiva-Index (GI) und Plaque-Index (PI), oder auch als Gingiva-Indexwerte und Plaque-Indexwerte bezeichnet, wurden jeweils für die Summe der Werte für die in der jeweiligen Betrachtung ausgewerteten Messstellen bzw. der Felder berechnet. Gleiches gilt für die Anzahl der Zähne mit Gingivitis (GZ). Die hieraus resultierenden Maximalwerte betragen:

- GZ: 14
- GI total: 3
- GI vestibulär sowie GI palatinal/lingual: 3
- GI Oberkiefer sowie GI Unterkiefer: 3
- PI total: 12
- PI vestibulär sowie PI palatinal/lingual: 12
- PI Frontzähne sowie PI Seitenzähne: 12
- PI Oberkiefer sowie PI Unterkiefer: 12
- PI marginal: 6
- PI approximal: 4

Zur Überprüfung der Übereinstimmung der auszuwertenden Parameter des Gingiva-Index und Plaque-Index mit Gauß' scher Normalverteilung diente im Vorfeld der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (KS-Test als Einstichproben-test) bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,10(10\%)$. Zur Auswertung der normalverteilten Parameter dienten der generelle F-Test sowie der unabhängige oder abhängige t-Test als parametrisches Prüfverfahren.

Um ein gleichartiges valides methodisch-statistisches Verfahren bei der Auswertung aller Parameter des Plaque-Index einzuhalten, wurden alle Parameter des Plaque-Index im F-Test sowie unabhängigem oder abhängigem t-Test analysiert. Zusätzliche Kontroll- bzw. Replikationsanalysen ermöglichten die Auswertung der nicht normalverteilten Parameter des Plaque-Index mittels non-parametrischer, so genannter verteilungsfreier statistischer Prüfverfahren.

Die Differenzen der Plaque-Indexwerte zwischen den Untersuchungsterminen werden als statistischer Erfolgsparameter definiert. Eine statistische Interpretation der Ergebnisse erlauben das arithmetische Mittel (M) und die Standardabweichung (SD).

Um die Varianzhomogenität („Homoskedastizität“) binnen beider Untersuchungsgruppen festzustellen, wurde der Levene-Test angewendet. Analog des Ergebnisses wurde der t-Test für homogene oder für inhomogene Varianzen durchgeführt. Die Auswertung der nicht normalverteilten Parameter folgte mittels non-parametrischer, sogenannter verteilungsfreier statistischer Prüfverfahren. Für den Vergleich zweier unabhängiger Variablen wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet. Der Vergleich multipler abhängiger Messungen oder Zeitpunkte erfolgte mittels Friedmans-Rang-Varianzanalyse (Friedman-Test). Um den Vergleich zweier abhängiger Messungen oder Zeitpunkte zu ziehen, wurde vom Wilcoxon-Test Gebrauch gemacht. Die Anwendung der Produktmoment-Korrelation nach Pearson diente der Schätzung von Kovarianzen zwischen Plaque- und Gingiva-Index. Der Prozentanteil der Varianz zwischen der beiden Indizes ergibt sich aus der Umrechnung der Pearson-Korrelation in das Bestimmtheitsmaß. Der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman wird als non-parametrisches Zusammenhangsmaß bestimmt (Bortz und Lienert 2008; Bortz et al. 2010; Bortz und Schuster 2010).

Das konventionelle Signifikanzniveau wurde bei $\alpha = 0,05(5\%)(*)$ gewählt, sehr signifikante ($p \leq 0,01$ bzw. 1%) (**) wie auch hoch signifikante ($p \leq 0,001$ bzw. $0,1\%$) (***) Ergebnisse wurden dargestellt. Für die Darstellung in den Tabellen sind signifikante Ergebnisse mit *, sehr signifikante Ergebnisse mit ** und hoch signifikante Ergebnisse mit *** gekennzeichnet. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Statistik-Programm-System IBM SPSS Sta-

tistics Premium (Bühl 2016), Version 24, in deutscher Sprache an einem Arbeitsplatz PC mit Windows 10 als Betriebssystem.

4. Auswertung und Ergebnisse

4.1. Stichprobe

Im Rahmen der Studie wurden $n = 80$ Probanden untersucht. Dabei gehörten $n_E = 42$ der Experimentalgruppe (Emmi-dental Professional) und $n_K = 38$ der Kontrollgruppe (Denttabs-Handzahnbürste) an. Unter den 80 jugendlichen Probanden mit einem Altersmedian von 13 Jahren und einem Quartilsabstand von zwei Jahren waren 45 weibliche und 35 männliche Probanden.

„Total“ in den nachfolgenden Tabellen bedeutet, dass der Mittelwert über alle Konditionen (vestibulär, palatinal, Frontzähne, Seitenzähne, Ober- und Unterkiefer), also der Gesamtmittelwert gebildet wurde.

Für die internationale Vergleichbarkeit der statistischen Ergebnisse wurde die englische Nomenklatur in der Darstellung der Tabellen angewendet.

4.2. Anzahl der Zähne mit Gingivitis

Die Werte der Anzahl der Zähne mit Gingivitis für Ober- und Unterkiefer zeigten sich entsprechend der symmetrischen Verteilungsform der Gauß' schen Kurve (Tabelle 4.1). Die Anzahl der Zähne mit Gingivitis an den Untersuchungsterminen wichen hingegen signifikant von der Gauß' schen Normalverteilung ab. Das weitere Vorgehen und die Anwendung der weiteren Tests sind

Tabelle 4.1.: Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung bei den Parametern der Anzahl der Zähne mit Gingivitis

Parameter	T	p
GZ Baseline	0,214*	0,000
GZ Start of study	0,259*	0,000
GZ Two weeks	0,094*	0,077
GZ End of study	0,165*	0,000
GZ Oberkiefer	0,080	0,200
GZ Unterkiefer	0,067	0,200
GZ Baseline OK	0,200*	0,000
GZ Start of study OK	0,302*	0,000
GZ Two weeks OK	0,116*	0,009
GZ End of study OK	0,154*	0,000
GZ Baseline UK	0,249*	0,000
GZ Start of study UK	0,346*	0,000
GZ Two weeks UK	0,103*	0,035
GZ End of study UK	0,152*	0,000
GZ total	0,100*	0,045

Signifikant (*)

Teststatistik des KS-Tests (T), Signifikanzwert (p)

Anzahl der Zähne mit Gingivitis (GZ), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

im Kapitel 3 erläutert. Im Rahmen einer Extremwerte-Detektion wurden bei den Parametern Start of study OK und Start of study UK je sechs Messwerte bzw. je drei Messwerte aus der Datenbank herausgenommen. Nachfolgend werden die Ergebnisse aufgeführt. Mittelwerte und Mediane stellen dabei die Anzahl der Zähne mit Gingivitis im Durchschnitt beider Kiefer dar.

4.2.1. Effekte der Putztechnik

4.2.1.1. Gesamtzahl der Zähne mit Gingivitis

Weder die Anwendung der Ultraschallzahnbürste, noch die Anwendung der Handzahnbürste, zeigte einen Unterschied in ihrem Einfluss auf die Gesamtzahl der Zähne mit Gingivitis. Der Mann-Whitney-Test hierzu zeigt keinen signifikanten Einfluss der Putztechnik auf die totale Anzahl der Zähne mit Gingivitis ($Z=1,561$; $p=0,118$).

4.2.1.2. Ober- und Unterkiefer

Im Unterkiefer wies die Verwendung der Ultraschallzahnbürste die höhere mittlere Anzahl an Zähnen mit Gingivitis ($t=2,024^*$; $df=78$; $p=0,048$) auf, somit ergab sich ein signifikanter Unterschied (Test: $M=9,43$, $SD=2,45$; Kontrolle: $M=8,27$, $SD=2,66$).

4.2.2. Effekt bei den Messzeitpunkten

Die terminbezogene Auswertung der Anzahl der Zähne mit Gingivitis zeigte für keinen der vier Untersuchungstermine einen signifikanten Unterschied beider untersuchten Zahnbürsten ($p>0,05$).

4.2.3. Effekte des Kiefers

4.2.3.1. Genereller Effekt

Zwischen Ober- und Unterkiefer zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Zähne mit Gingivitis ($t=-2,011^*$; $df=79$; $p=0,048$). Der Unterkiefer wies die höhere Anzahl auf (OK: $M=8,55$, $SD=2,58$; UK: $M=8,88$, $SD=2,60$).

4.2.3.2. Putztechniken

Es gab weder für die Ultraschallzahnbürste noch für die Handzahnbürste einen signifikanten Unterschied zwischen der Anzahl der Zähne mit Gingivitis im Ober- und Unterkiefer ($p > 0,05$).

4.2.3.3. Messzeitpunkte

An den einzelnen Untersuchungsterminen zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied der Anzahl der Zähne mit Gingivitis für Ober- und Unterkiefer ($p > 0,05$).

4.2.4. Effekte der Messzeitpunkte

4.2.4.1. Genereller Effekt

Im zeitlichen Verlauf konnte in der Gesamtgruppe der Probanden ein deutlicher Rückgang der Anzahl der Zähne mit Gingivitis verzeichnet werden. Der Friedman-Test zur Überprüfung des Einflusses des zeitlichen Kriteriums auf die Anzahl der Zähne mit Gingivitis fiel hoch signifikant aus ($X^2 = 176,241^{***}$; $df = 3$; $p = 0,000$). Die Auswertungen aller möglichen Einzelkontraste der Untersuchungstermine waren ebenfalls hoch signifikant. Es waren an jedem Termin im Vergleich zu einem vorausgehenden Termin hoch signifikante Unterschiede in der Anzahl der Zähne mit Gingivitis zu erkennen (Tabelle 4.2).

Aus Tabelle 4.3 wird deutlich, dass die mediane Häufigkeit der Anzahl der Zähne mit Gingivitis vom Termin Baseline (13,0) zu Start of study (13,5) zunimmt und es nach 2 Wochen (6,0) und zum Zeitpunkt End of study (3,0) zu einer deutlichen Abnahme (50% oder mehr) kommt.

Tabelle 4.2.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste der Messzeitpunkte bei der Anzahl der Zähne mit Gingivitis mittels Wilcoxon-Test

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-3,730***	0,000
Two weeks - Baseline	-7,668***	0,000
End of study - Baseline	-7,504***	0,000
Two weeks - Start of study	-7,506***	0,000
End of study - Start of study	-7,374***	0,000
End of study - Two weeks	-3,321***	0,001

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.3.: Anzahl der Zähne mit Gingivitis im zeitlichen Verlauf der Studie für die Gesamtgruppe der Probanden

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	13,00	13,50	6,00	3,00
IQR	3,75	2,00	6,75	6,00

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

4.2.4.2. Putztechniken

Auch bei der Betrachtung der einzelnen Putztechniken kam es im zeitlichen Verlauf der Studie in beiden Probandengruppen zu einem deutlichen Rückgang der Anzahl der Zähne mit Gingivitis. Die Anzahl der Zähne mit Gingivitis lag zu allen Zeitpunkten bei der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste um ca. einen Zahn höher als die Anzahl der Zähne mit Gingivitis bei der Probandengruppe der Handzahnbürste. Die Ergebnisse der Anzahl der Zähne mit Gingivitis in Abhängigkeit der Untersuchungstermine der einzelnen untersuch-

ten Zahnbürsten fiel analog zu den Auswertungen in Abschnitt 4.2.4.1 aus. Der Vergleich der beiden untersuchten Zahnbürsten zwischen den Untersuchungsterminen führte im Friedman-Test zu einem hoch signifikanten Ergebnis (Test: $X^2=91,639^{***}$; $df=3$; $p=0,000$ | Kontrolle: $X^2=86,391^{***}$; $df=3$; $p=0,000$), vergleiche Tabelle 4.4 bis Tabelle 4.7. Die Auswertungen der Einzelkontraste der Untersuchungstermine waren in der Regel ebenfalls hoch signifikant und vergleichbar mit denen unter Abschnitt 4.2.4.1.

Tabelle 4.4.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste der Messzeitpunkte bei der Anzahl der Zähne mit Gingivitis mittels Wilcoxon-Test (Ultraschallzahnbürste)

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-2,339*	0,019
Two weeks - Baseline	-5,568***	0,000
End of study - Baseline	-5,425***	0,000
Two weeks - Start of study	-5,353***	0,000
End of study - Start of study	-5,363***	0,000
End of study - Two weeks	-2,627**	0,009

Signifikant (*), hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.5.: Anzahl der Zähne mit Gingivitis im zeitlichen Verlauf der Studie für die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	13,00	14,00	6,25	4,00
IQR	3,00	2,00	6,00	7,00

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

Tabelle 4.6.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste der Messzeitpunkte bei der Anzahl der Zähne mit Gingivitis mittels Wilcoxon-Test (Handzahnbürste)

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-2,807**	0,005
Two weeks - Baseline	-5,305***	0,000
End of study - Baseline	-5,219***	0,000
Two weeks - Start of study	-5,305***	0,000
End of study - Start of study	-5,114***	0,000
End of study - Two weeks	-1,945*	0,050

Signifikant (*), sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)
 Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.7.: Anzahl der Zähne mit Gingivitis im zeitlichen Verlauf der Studie für die Probandengruppe der Handzahnbürste

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	12,00	13,50	4,50	3,00
IQR	5,00	2,00	6,50	6,00

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

4.2.4.3. Ober- und Unterkiefer

Die Anzahl der Zähne mit Gingivitis war in der Gesamtgruppe der Probanden zum Zeitpunkt Baseline und End of study im Unterkiefer höher als im Oberkiefer. An den Terminen Start of study und Two weeks gab es keinen Unterschied zwischen der Anzahl der Zähne mit Gingivitis. In der Gesamtgruppe der Probanden trat eine Reduktion der Anzahl der Zähne mit Gingivitis im Ober- als

auch im Unterkiefer über den gesamten zeitlichen Verlauf der Studie, sowie für die Differenzen zwischen den einzelnen Untersuchungsterminen auf. Der Vergleich der Anzahl der Zähne mit Gingivitis zwischen Ober- und Unterkiefer zeigte im Friedman-Test eine hohe Signifikanz (OK: $X^2=165,334^{***}$; $df=3$; $p=0,000$ | UK: $X^2=179,968^{***}$; $df=3$; $p=0,000$). Die Auswertungen der Einzelkontraste der Untersuchungstermine waren ebenfalls hoch signifikant und vergleichbar mit denen unter Abschnitt 4.2.4.2 (Tabelle 4.8 bis Tabelle 4.11).

Tabelle 4.8.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste der Messzeitpunkte bei der Anzahl der Zähne mit Gingivitis mittels Wilcoxon-Test (Oberkiefer)

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-3,636 ^{***}	0,000
Two weeks - Baseline	-7,446 ^{***}	0,000
End of study - Baseline	-7,332 ^{***}	0,000
Two weeks - Start of study	-7,142 ^{***}	0,000
End of study - Start of study	-7,213 ^{***}	0,000
End of study - Two weeks	-3,234 ^{***}	0,001

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.9.: Anzahl der Zähne mit Gingivitis im zeitlichen Verlauf der Studie für den Oberkiefer in der Gesamtgruppe der Probanden

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	12,00	14,00	6,00	3,50
IQR	4,00	2,00	7,00	5,00

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

Tabelle 4.10.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste der Messzeitpunkte bei der Anzahl der Zähne mit Gingivitis mittels Wilcoxon-Test (Unterkiefer)

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-3,072**	0,002
Two weeks - Baseline	-7,482***	0,000
End of study - Baseline	-7,323***	0,000
Two weeks - Start of study	-7,329***	0,000
End of study - Start of study	-7,240***	0,000
End of study - Two weeks	-2,515*	0,012

Signifikant (*), sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)
 Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.11.: Anzahl der Zähne mit Gingivitis im zeitlichen Verlauf der Studie für den Unterkiefer in der Gesamtgruppe der Probanden

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	13,00	14,00	6,00	4,00
IQR	4,00	2,00	7,00	8,00

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

4.3. Analysen des Gingiva-Index

4.3.1. Vorausgehende Analysen zum Gingiva-Index

Die Werte des Gingiva-Index für vestibulär, palatinal/lingual, Oberkiefer, Unterkiefer und Gingiva-Index total zeigten sich beim Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest entsprechend der symmetrischen Verteilungsform. Terminbezogene Gingiva-Indexwerte wichen hingegen von der Gauß' schen Normalverteilung ab (Tabelle 4.12).

Im Rahmen einer Extremwerte-Detektion wurden bei den Parametern Start of study und Start of study vestibulär je ein Messwert und bei Start of study palatinal/ lingual sowie Start of study Oberkiefer je zwei Messwerte aus der Datenbank herausgenommen.

Tabelle 4.12.: Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung bei den Parametern des Gingiva-Index

Parameter	T	p
GI Baseline	0,107*	0,025
GI Start of study	0,143*	0,000
GI Two weeks	0,117*	0,009
GI End of study	0,185*	0,000
GI vestibulär	0,089	0,182
GI palatinal/lingual	0,050	0,200
GI Oberkiefer	0,091	0,161
GI Unterkiefer	0,066	0,200
GI Baseline vestibulär	0,094*	0,076
GI Baseline palatinal/lingual	0,115*	0,011
GI Start of study vestibulär	0,127*	0,003
GI Start of study palatinal/lingual	0,158*	0,000
GI Two weeks vestibulär	0,121*	0,006
GI Two weeks palatinal/lingual	0,137*	0,001
GI End of study vestibulär	0,200*	0,000
GI End of study palatinal/lingual	0,192*	0,000
GI Baseline OK	0,111*	0,020
GI Baseline UK	0,116*	0,010
GI Start of study OK	0,153*	0,000
GI Start of study UK	0,134*	0,001
GI Two weeks OK	0,120*	0,006
GI Two weeks UK	0,115*	0,011
GI End of study OK	0,196*	0,000
GI End of study UK	0,193*	0,000
GI total	0,078	0,200

Signifikant (*)

Teststatistik des KS-Tests (T), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

4.3.2. Effekte der Putztechnik

4.3.2.1. Gesamtwert des Gingiva-Index

Im gesamten Verlauf der Studie zeigte die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste eine im Vergleich zur Handzahnbürste stärker ausgeprägte Gingivitis. Der totale Gingiva-Indexwert wies zeitübergreifend zwischen den beiden Zahnbürsten einen signifikanten Unterschied auf ($t=2,137^*$; $df=78$; $p=0,036$), die Ultraschallzahnbürste hatte dabei im Vergleich zur Handzahnbürste den höheren Wert des arithmetischen Mittels (Test: $M=0,97$ vs. Kontrolle: $M=0,82$).

4.3.2.2. Gingiva-Index vestibulär und palatinal/lingual

Vestibulär zeigte die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste eine deutlichere Gingivitis, während palatinal/lingual die Gingivitis in beiden untersuchten Gruppen gleichermaßen ausgeprägt war. Der Effekt der Zahnbürsten auf den Gingiva-Indexwert vestibulär und palatinal/lingual zeigte im Generaltest/Omnibustest, ein multivariater F-Test (multivariate Varianzanalyse), keine Signifikanz ($F=2,289$; $df=2/77$; $p=0,108$). Die Mittelwerte des Gingiva-Indexwertes vestibulär für beide untersuchten Zahnbürsten zeigten einen signifikanten Unterschied (Tabelle 4.13). Der Gingiva-Indexwert vestibulär für die Ultraschallzahnbürste fiel zeitübergreifend höher aus (Tabelle 4.14). Es wurde keine Signifikanz zwischen den Werten des Gingiva-Indexwertes palatinal/lingual im Vergleich beider Zahnbürsten festgestellt.

Tabelle 4.13.: Ergebnisse des t-Tests zur Überprüfung der Signifikanz für den Einfluss der Putztechnik auf den Gingiva-Indexwert vestibulär und palatinal/lingual

Parameter	t	df	p	Mittlere Differenz
GI vestibulär	2,123*	78	0,037	0,15
GI palatinal/lingual	1,956	78	0,054	0,13

Signifikant (*)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI)

Tabelle 4.14.: Gingiva-Indexwerte vestibulär und palatinal für die Probandengruppe der Ultraschall- und Handzahnbürste

Parameter	Ultraschallzahnbürste		Handzahnbürste	
	M	SD	M	SD
GI vestibulär	0,97	0,31	0,82	0,33
GI palatinal/lingual	0,96	0,29	0,83	0,32

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Gingiva-Indexwert (GI)

4.3.2.3. Gingiva-Index für Ober- und Unterkiefer

Anhand des multivariaten F-Tests zur Überprüfung der Wirkung der untersuchten Zahnbürsten auf den Gingiva-Indexwert für Ober- und Unterkiefer in der Gesamtgruppe der Probanden kam es zu keinem signifikanten Ergebnis ($F=2,949$; $df=2/77$; $p=0,058$).

Im Unterkiefer war eine stärkere Gingivitis in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste zeitübergreifend zu verzeichnen. Die Differenz der Mittelwerte des Gingiva-Indexwertes für den Unterkiefer im Vergleich der Ultra-

Tabelle 4.15.: Ergebnisse des t-Tests zur Überprüfung der Signifikanz für den Einfluss der Putztechnik auf den Gingiva-Indexwert bei Ober- und Unterkiefer

Parameter	t	df	p	Mittlere Differenz
GI OK	1,728	78	0,088	0,12
GI UK	2,369*	78	0,020	0,17

Signifikant (*)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

schallzahnbürste mit der Handzahnbürste fiel signifikant aus (Tabelle 4.15). Die Ultraschallzahnbürste zeigte zeitübergreifend den höheren Indexwert (Tabelle 4.16).

Tabelle 4.16.: Gingiva-Indexwerte im Ober- und Unterkiefer für die Probandengruppe der Ultraschall- und Handzahnbürste

Parameter	Ultraschallzahnbürste		Handzahnbürste	
	M	SD	M	SD
GI OK	0,93	0,29	0,82	0,31
GI UK	1,00	0,32	0,83	0,33

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Gingiva-Indexwert (GI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

4.3.2.4. Messzeitpunkte

Die Gingivitis war bereits zum Zeitpunkt Baseline in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste stärker ausgeprägt. Im weiteren zeitlichen Verlauf der Studie war kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Probandengruppen

zu verzeichnen. Zur Auswertung der Wirkung der untersuchten Zahnbürsten auf den Gingiva-Indexwert an den einzelnen Untersuchungsterminen wurde der Mann-Whitney-Test herangezogen (Tabelle 4.17 und Tabelle 4.18). Der Gingiva-Indexwert für die Baseline zeigte signifikante Unterschiede, die Ultraschallzahnbürste wies einen höheren medianen Wert für den Gingiva-Indexwert zum Zeitpunkt der Baseline auf (Tabelle 4.19).

Tabelle 4.17.: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zur Überprüfung der Signifikanz für den Einfluss der Putztechnik auf den Gingiva-Indexwert zu den einzelnen Messpunkten

Parameter	Z	p
GI Baseline	-2,303*	0,021
GI Start of study	-0,383	0,702
GI Two weeks	-1,600	0,109
GI End of study	-1,121	0,262

Teststatistik des M-W-U-Tests (Z), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI)

Tabelle 4.18.: Ergebnisse des t-Tests zur Überprüfung der Signifikanz für den Einfluss der Putztechnik auf den Gingiva-Indexwert der Messzeitpunktdifferenzen

Parameter	t	df	p	Mittlere Differenz
GI Baseline - Start of study	1,496	77	0,139	0,14
GI Baseline - Two weeks	0,949	78	0,346	0,07
GI Baseline - End of study	0,644	78	0,521	0,07

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI)

Tabelle 4.19.: Gingiva-Indexwerte an den einzelnen Untersuchungsterminen für die Probandengruppe der Ultraschall- und Handzahnbürste

Parameter	Statistik	Putztechnik	
		Ultraschallzahnbürste	Handzahnbürste
GI Baseline	Med	1,41	1,12
	IQR	0,34	0,33
	gültige n	42	38
GI Start of study	Med	1,59	1,57
	IQR	0,33	0,52
	gültige n	42	37
GI Two weeks	Med	0,40	0,32
	IQR	0,49	0,48
	gültige n	42	38
GI End of study	Med	0,26	0,22
	IQR	0,57	0,42
	gültige n	42	38

Median (Med), Quartilsabstand (IQR), n= Fallzahl
Gingiva-Indexwert (GI)

4.3.3. Effekte der Messzeitpunkte

4.3.3.1. Genereller Effekt

Der zeitliche Verlauf zeigt einen hohen Einfluss auf die Veränderung der gingivalen Verhältnisse in der gesamten Untersuchungsgruppe. Die Untersuchung der Gingiva-Indizes im zeitlichen Verlauf der Untersuchungstermine ergeben im Friedman-Test (Friedmans Rang-Varianzanalyse) einen hoch signifikanten generellen Effekt ($X^2=174,429^{***}$; $df=3$; $p=0.000$). Die Auswertungen aller möglichen Einzelkontraste der Untersuchungstermine (Wilcoxon-Test) werden

aus Tabelle 4.20 ersichtlich.

Tabelle 4.20.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste zum zeitlichen Verlauf der Messzeitpunkte mittels Wilcoxon-Test

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-3,925***	0,000
Two weeks - Baseline	-7,765***	0,000
End of study - Baseline	-7,669***	0,000
Two weeks - Start of study	-7,717***	0,000
End of study - Start of study	-7,290***	0,000
End of study - Two weeks	-2,380*	0,017

Signifikant (*), hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Zunächst kommt es zu einer Zunahme der Gingivitis vom Zeitpunkt Baseline zu Start of study. Die Gingivitis nimmt danach im Verlauf der Studie bis Two weeks und End of study deutlich ab. Die deskriptiven statistischen Kennwerte sind in Tabelle 4.21 dargestellt. Der Gingiva-Indexwert stieg nach der Untersuchung Baseline bis Start of study hoch signifikant an. Es folgte dann ein zweimaliges hoch signifikantes bzw. signifikantes Abnehmen des Wertes über die Untersuchung nach 2 Wochen bis auf einen medianen Wert zum Studierende von 0,23. Dementsprechend stellt sich auch die Differenz der Indexwerte des Start of study und End of study als hoch signifikant dar.

4.3.3.2. Putztechniken

Beim Vergleich der beiden Putztechniken ist ebenfalls eine Zunahme der Gingivitis vom Zeitpunkt Baseline zu Start of study zu verzeichnen, wobei auch hier die Gingivitis bis zum Termin Two weeks stark zurückgeht. Allerdings ist für

Tabelle 4.21.: Gingiva-Indexwerte im zeitlichen Verlauf der Studie in der Gesamtgruppe der Probanden

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	1,30	1,59	0,35	0,23
IQR	0,68	0,38	0,48	0,54

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

beide Zahnbürsten kein weiterer Rückgang der Gingivitis nach dem Zeitpunkt Two weeks bis zum Termin End of study zu verzeichnen. Der Vergleich der Gingiva-Indexwerte der Untersuchungstermine für die einzelnen untersuchten Zahnbürsten führte zu einem ähnlichen Ergebnis (vgl. Tabelle 4.22 bis Tabelle 4.25): Der Friedman-Test zur Darstellung des Einflusses des zeitlichen Kriteriums auf den Gingiva-Index fiel für beide untersuchten Zahnbürsten hoch signifikant aus (Ultraschallzahnbürste: $X^2=90,165^{***}$; $df=3$; $p=0.000$ | Handzahnbürste: $X^2=87,748^{***}$; $df=3$; $p=0.000$). Bei der Betrachtung der Einzelkontraste der Untersuchungstermine der beiden untersuchten Zahnbürsten waren die Ergebnisse mit denen aus Abschnitt 4.3.3.1., bis auf eine Auffälligkeit, vergleichbar, wie aus den Tabellen 4.22 und 4.24 ersichtlich.

Tabelle 4.22.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste der Messzeitpunkte mittels Wilcoxon-Test für die Ultraschallzahnbürste

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-2,272*	0,023
Two weeks - Baseline	-5,633***	0,000
End of study - Baseline	-5,533***	0,000
Two weeks - Start of study	-5,633***	0,000
End of study - Start of study	-5,133***	0,000
End of study - Two weeks	-1,730	0,084

Signifikant (*), hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.23.: Gingiva-Indexwerte im zeitlichen Verlauf der Studie in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	1,41	1,59	0,40	0,26
IQR	0,61	0,32	0,48	0,57

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

Tabelle 4.24.: Signifikanztests der multiplen Einzelkontraste der Messzeitpunkte mittels Wilcoxon-Test für die Handzahnbürste

Einzelkontrast	Z	p
Start of study - Baseline	-3,198***	0,001
Two weeks - Baseline	-5,373***	0,000
End of study - Baseline	-5,359***	0,000
Two weeks - Start of study	-5,303***	0,000
End of study - Start of study	-5,199***	0,000
End of study - Two weeks	-1,487	0,137

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.25.: Gingiva-Indexwerte im zeitlichen Verlauf der Studie in der Probandengruppe der Handzahnbürste

Statistik	Baseline	Start of study	Two weeks	End of study
Med	1,12	1,54	0,32	0,22
IQR	0,73	0,52	0,48	0,41

Median (Med), Quartilsabstand (IQR)

Analog zu der Auswertung des generellen Effektes des zeitlichen Parameters in Abschnitt 4.3.3.1. stieg bei beiden untersuchten Zahnbürsten der Gingiva-Indexwert vom Termin Baseline zu Start of study signifikant an. Es folgte dann analog zu Abschnitt 4.3.3.1 ein signifikantes Abnehmen des Gingiva-Indexwertes zum Untersuchungstermin nach 2 Wochen. Ein Unterschied zur Untersuchung des generellen Effekts des zeitlichen Verlaufs zeigte jedoch der Gingiva-Indexwert zum Zeitpunkt End of study, der nach dem Termin nach 2 Wochen weder für die Ultraschallzahnbürste noch für die Handzahnbürste weiter abnahm. Das hoch signifikante Absinken des Gingiva-Indexwertes zwischen Start of study und End of study konnte dennoch dargestellt werden.

4.3.4. Effekte der Zahnfläche

4.3.4.1. Genereller Effekt

In der Gesamtgruppe der Probanden war die Gingivitis vestibulär und palatinal/lingual gleichermaßen ausgeprägt. Der Vergleich der Mittelwerte des Gingiva-Index der vestibulären ($M=0,90$, $SD=0,33$) und palatinal/lingualen ($M=0,90$, $SD=0,31$) Zahnflächen zeigte im abhängigen t-Test keinen signifikanten Unterschied ($t=0,073$; $df=79$; $p=0.942$).

4.3.4.2. Putztechniken

Zwischen den einzelnen Probandengruppen zeigte sich zwischen den vestibulären und palatinalen/lingualen Zahnflächen ebenfalls eine gleichermaßen ausgeprägte Gingivitis. Der Vergleich der Mittelwerte des Gingiva-Index der vestibulären und palatinal/lingualen Zahnflächen für die jeweiligen untersuchten Zahnbürsten zeigte keine signifikanten Ergebnisse (Tabelle 4.26).

Tabelle 4.26.: Ergebnisse des abhängigen t-Tests für den Einfluss der Zahnseite auf den Gingiva-Index bei den einzelnen Putztechniken

Putztechnik	t	df	p	Mittlere GI-Differenz
Ultraschallzahnbürste	0,383	41	0,704	0,01
Handzahnbürste	-0,263	37	0,794	0,01

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI)

4.3.4.3. Messzeitpunkte

Die Gingivitis ist im gesamten Studienverlauf vestibulär und palatinal/lingual gleichermaßen ausgeprägt. Tabelle 4.27 und Tabelle 4.28 zeigen keine signifikanten Differenzen des Gingiva-Index der untersuchten Zahnflächen an den einzelnen Terminen.

Tabelle 4.27.: Kontrast vestibulär vs. palatinal/lingual bei den einzelnen Messzeitpunkten mittels Wilcoxon-Test zur Überprüfung der Signifikanz

Messzeitpunkte	Z	p
Baseline	-0,091	0,927
Start of study	-0,787	0,431
Two weeks	-0,574	0,566
End of study	-0,302	0,763

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.28.: Ergebnisse des abhängigen t-Tests zur Überprüfung der Signifikanz für den Einfluss der Zahnseite auf den Gingiva-Index der Zeitpunktdifferenzen

Parameter	t	df	p	Mittlere Differenz
GI Baseline - Start of study	0,587	77	0,559	0,02
GI Baseline - Two weeks	0,230	79	0,818	0,01
GI Baseline - End of study	-0,401	79	0,690	-0,02

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI)

4.3.4.4. Messzeitpunkte pro Putztechnik

Die Ausprägung der Gingivitis ist für beide Zahnbürsten und zu jedem Messzeitpunkt der Studie vestibulär und palatinal/lingual ähnlich. Der Vergleich der Zahnflächen an den einzelnen Terminen separat für die untersuchten Zahnbürsten zeigte keine signifikanten Ergebnisse (Tabelle 4.29 und Tabelle 4.30).

Tabelle 4.29.: Kontrast vestibulär vs. palatinal/lingual bei den einzelnen Messzeitpunkten für die Ultraschallzahnbürste mittels Wilcoxon-Test zur Überprüfung der Signifikanz

Messzeitpunkt	Z	p
Baseline	-0,279	0,780
Start of study	-0,903	0,366
Two weeks	-1,436	0,151
End of study	-0,870	0,385

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.30.: Kontrast vestibulär vs. palatinal/lingual bei den einzelnen Messzeitpunkten für die Handzahnbürste mittels Wilcoxon-Test zur Überprüfung der Signifikanz

Messzeitpunkt	Z	p
Baseline	-0,152	0,879
Start of study	-0,274	0,784
Two weeks	-0,854	0,393
End of study	-0,389	0,697

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

4.3.5. Effekte des Kiefers

4.3.5.1. Genereller Effekt

In der Gesamtgruppe der Probanden konnte im Unterkiefer eine stärker auftretende Gingivitis verzeichnet werden. Der Vergleich der Mittelwerte des Gingiva-Index für den Ober- und Unterkiefer zeigte im abhängigen t-Test einen signifikanten Unterschied ($t=-2,485^*$; $df=79$; $p=0.015$) (OK: $M=0,88$, $SD=0,30$; UK: $M=0,92$, $SD=0,33$). Der Unterkiefer wies den höheren Gingiva-Index auf.

4.3.5.2. Putztechniken

Die Gingivitis war im Unterkiefer in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste deutlicher ausgeprägt. Beim Vergleich der Mittelwerte des Gingiva-Index des Ober- und Unterkiefers für die einzelnen untersuchten Zahnbürsten, wies die Ultraschallzahnbürste im Unterkiefer einen signifikant höheren Gingiva-Index auf (OK: $M=0,93$, $SD=0,29$; UK: $M=1,00$, $SD=0,32$).

Tabelle 4.31.: Ergebnisse des abhängigen t-Tests zur Überprüfung der Signifikanz für den Einfluss des Kiefers (OK vs. UK) auf den Gingiva-Index bei den einzelnen Putztechniken

Putztechnik	t	df	p	Mittlere Differenz
Ultraschallzahnbürste	-2,640*	41	0,012	0,07
Handzahnbürste	-0,717	37	0,478	0,01

Signifikant (*)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI)

4.3.5.3. Messzeitpunkte

Zum Zeitpunkt Baseline ist in der Gesamtgruppe der Probanden die Gingivitis im Unterkiefer stärker ausgeprägt. Der Wilcoxon-Test zeigte einen (hoch) signifikanten Unterschied des Gingiva-Index für Ober- und Unterkiefer (OK: Med=1,19, IQR=0,68; UK: Med=1,43, IQR=0,74) (Tabelle 4.32). Ein (hoch) signifikanter Unterschied ergab sich bei zwischen Ober- und Unterkiefer in den Differenzen der Untersuchungstermine. Der Unterkiefer zeigte dabei den höheren Differenzwert (Tabelle 4.33).

Tabelle 4.32.: Kontrast Ober- vs. Unterkiefer bei den einzelnen Messzeitpunkten mittels Wilcoxon-Test zur Überprüfung der Signifikanz

Messzeitpunkt	Z	p
Baseline	-3,671***	0,000
Start of study	-0,101	0,920
Two weeks	-0,700	0,484
End of study	-0,506	0,613

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.33.: Ergebnisse des abhängigen t-Tests zur Überprüfung der Signifikanz für den Einfluss des Kiefers auf den Gingiva-Index der Zeitpunktdifferenzen

Parameter	t	df	p	Mittlere Differenz OK - UK	Standardabweichung
GI Baseline - Start of study	-2,772**	77	0,007	-0,12	0,37
GI Baseline - Two weeks	-2,394*	79	0,019	-0,09	0,33
GI Baseline - End of study	-2,295*	79	0,024	-0,09	0,37

Signifikant (*), sehr signifikant (**)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Gingiva-Indexwert (GI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

4.3.5.4. Messzeitpunkte pro Putztechnik

Beide Probandengruppen zeigten bereits zum Zeitpunkt Baseline eine ausgeprägtere Gingivitis im Unterkiefer. Der signifikante Unterschied zwischen den Gingiva-Indexwerten der beiden Kiefer zum Zeitpunkt der Baseline (Abschnitt 4.3.5.3) zeigte sich auch im Vergleich beider untersuchten Zahnbürsten (Tabelle 4.34, Tabelle 4.35). Die Mediane der Gingiva-Indexwerte für Ober- und Unterkiefer der einzelnen Putztechniken zeigten einen signifikanten Unterschied, der Gingiva-Indexwert im Unterkiefer fiel höher aus. Die Median-differenz beider Kiefer zeigte für die Ultraschallzahnbürste (OK: Med=1,27, IQR=0,69; UK: Med=1,57, IQR=0,68) im Vergleich zur Handzahnbürste (OK: Med=1,10, IQR=0,64; UK: Med=1,19, IQR=0,76) einen höheren Wert.

Tabelle 4.34.: Kontrast Ober- vs. Unterkiefer bei den einzelnen Messzeitpunkten für die Ultraschallzahnbürste mittels Wilcoxon-Test zur Überprüfung der Signifikanz

Messzeitpunkt	Z	p
Baseline	-3,212***	0,001
Start of study	-0,036	0,971
Two weeks	-1,019	0,308
End of study	-1,139	0,255

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

Tabelle 4.35.: Kontrast Ober- vs. Unterkiefer bei den einzelnen Messzeitpunkten für die Handzahnbürste mittels Wilcoxon-Test zur Überprüfung der Signifikanz

Messzeitpunkt	Z	p
Baseline	-1,972*	0,049
Start of study	-0,197	0,844
Two weeks	-0,093	0,926
End of study	-0,454	0,650

Signifikant (*)

Teststatistik des Wilcoxon-Tests (Z), Signifikanzwert (p)

4.4. Analysen des Plaque-Index

4.4.1. Vorausgehende Analysen

Zur Überprüfung der Übereinstimmung der 49 auszuwertenden Parameter des Plaque-Index (vgl. z. B. Tabelle 4.36) mit Gauß' scher Normalverteilung diente im Vorfeld der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (KS-Test als Einstichprobentest) bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,1$ (10%). 42 Werte des Plaque-Index zeigten sich bei diesem Test entsprechend der symmetrischen Verteilungsform. Die sieben weiteren Parameter des Plaque-Index („vestibulär Baseline“, „palatinal/lingual Baseline“, „Frontzähne Baseline“, „Unterkiefer Baseline“, „vestibulär Start of study Prä-post-Differenz“, „palatinal/lingual Start of study Prä-post-Differenz“ und „Seitenzähne End of study Prä-post-Differenz“) wichen hingegen signifikant von der Gauß' schen Normalverteilung ab. Im Rahmen der Extremwerte-Detektion konnten keine Extremwerte verzeichnet werden. Die Bezeichnung „Prä“ und „Post“ beziehen sich auf die beiden Zeitpunkte vor und nach der supervidierten Durchführung der Mundhygiene an den Terminen Start of study und End of study.

4.4.2. Effekte der Putztechnik

Aufgrund (partieller) Redundanzen der untersuchten Parameter und Differenzen der Plaque-Indexwerte war ein multivariater F-Test im Vorfeld nicht angezeigt. Zum Vergleich der beiden untersuchten Zahnbürsten in den Parametern des Plaque-Index wurde ein unabhängiger t-Test angewendet. Dabei zeigten 12 der 49 ausgewerteten Parameter einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden untersuchten Zahnbürsten (Tabelle 4.36).

Tabelle 4.36.: Unabhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der beiden Putztechniken bei den PI-Parametern

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	t	df	p	Mittlere Differenz
PI total Baseline	0,813	78	0,419	0,19
PI total Baseline - End of study prä	0,290	78	0,772	0,06
PI total Start of study prä-post	-2,787**	78	0,007	-0,77
PI total End of study prä-post	-0,538	78	0,592	-0,12
PI total prä-post (Start/ End)	-2,364*	69,347	0,021	-0,45
PI total Start - End of study prä	0,308	78	0,759	0,07
PI total Start - End of study post	2,034*	74,720	0,046	0,72
PI vestibulär Baseline	-0,177	78	0,860	-0,05
PI vestibulär Baseline - End of study prä	-0,706	78	0,482	-0,23
PI vestibulär Start of study prä-post	-3,892***	70,128	0,000	-1,37
PI vestibulär End of study prä-post	-0,029	78	0,977	-0,01
PI vestibulär prä-post (Start/ End)	-3,152**	78	0,002	-0,69
PI vestibulär Start - End of study prä	-0,638	78	0,525	-0,20
PI vestibulär Start - End of study post	2,834**	78	0,006	1,16
PI palatinal/l. Baseline	1,392	66,161	0,169	0,43
PI palatinal/l. Baseline - End of study prä	1,242	78	0,218	0,35
PI palatinal/l. Start of study prä-post	-0,605	78	0,547	-0,18
PI palatinal/l. End of study prä-post	-0,828	78	0,410	-0,24
PI palatinal/l. prä-post (Start/ End)	-0,952	78	0,344	-0,21
PI palatinal/l. Start - End of study prä	1,181	78	0,241	0,34
PI palatinal/l. Start - End of study post	0,665	71,835	0,508	0,29
PI FZ Baseline	1,060	66,616	0,293	0,32
PI FZ Baseline - End of study prä	0,676	78	0,501	0,19
PI FZ Start of study prä-post	-1,910	78	0,060	-0,61
PI FZ End of study prä-post	0,301	74,903	0,764	0,09
PI FZ prä-post (Start/ End)	-1,108	78	0,271	-0,26
PI FZ Start - End of study prä	0,301	78	0,764	0,08
PI FZ Start - End of study post	1,761	73,349	0,082	0,78
PI SZ Baseline	0,241	78	0,810	0,06
PI SZ Baseline - End of study prä	-0,281	78	0,779	-0,07
PI SZ Start of study prä-post	-2,962**	78	0,004	-0,94
PI SZ End of study prä-post	-1,222	78	0,226	-0,33
PI SZ prä-post (Start/ End)	-3,001**	69,971	0,004	-0,63
PI SZ Start - End of study prä	0,243	78	0,809	0,06
PI SZ Start - End of study post	1,732	78	0,087	0,67
PI OK Baseline	0,367	78	0,715	0,10
PI OK Baseline - End of study prä	0,186	78	0,853	0,05
PI OK Start of study prä-post	-2,006*	78	0,048	-0,59
PI OK End of study prä-post	-0,364	78	0,717	-0,10
PI OK prä-post (Start/ End)	-1,623	78	0,109	-0,35
PI OK Start - End of study prä	0,960	78	0,340	0,29
PI OK Start - End of study post	1,987	75,151	0,051	0,78
PI UK Baseline	0,985	78	0,328	0,28
PI UK Baseline - End of study prä	0,321	78	0,749	0,07
PI UK Start of study prä-post	-2,676**	66,269	0,009	-0,95
PI UK End of study prä-post	-0,562	77,490	0,576	-0,14
PI UK prä-post (Start/ End)	-2,431*	78	0,017	-0,55
PI UK Start - End of study prä	0,367	78	0,715	0,10
PI UK Start - End of study post	-2,006*	78	0,048	-0,59

Signifikant (*), sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)

Plaque-Indexwert (PI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

Frontzähne (FZ), Seitenzähne (SZ)

Zum Zeitpunkt der Baseline gibt es in der Plaqueausdehnung keinen Unterschied zwischen den untersuchten Zahnbürsten. Beim Termin Start of study ist die Plaquereduktion zwischen prä-post in der Probandengruppe der Handzahnbürste höher. Beim Termin End of study ist kein Unterschied in der Plaquereduktion zwischen den beiden untersuchten Probandengruppen zu verzeichnen. Eine Verbesserung der Plaquereduktion im zeitlichen Verlauf von Start of study post zu End of study post zeigt die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste. Die vestibuläre Plaquereduktion an den Terminen Start of study und End of study ist in der Probandengruppe der Handzahnbürste höher. Zum Ende der Studie ist kein Unterschied zwischen den beiden Probandengruppen zu verzeichnen. Die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste zeigt zum Ende der Studie eine höhere vestibuläre Plaquereduktion im Vergleich zum ersten Studientag. Die zwölf signifikanten Ergebnisse der Mittelwerte der Differenzen werden in Tabelle 4.37 aufgeführt. Sie zeigen bei zehn von zwölf Werten signifikant höhere Mittelwerte der Differenzen bei der Handzahnbürste.

Tabelle 4.37.: Differenzen der Plaque-Indexwerte für die Probandengruppe der
Ultraschall- und Handzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	Ultraschallzahnbürste		Handzahnbürste	
	M	SD	M	SD
PI total Start of study prä-post	2,29	1,13	3,07	1,35
PI total prä-post (Start/ End)	2,26	0,72	2,70	0,94
PI total Start - End of study post	0,03	1,83	-0,69	1,33
PI vestibulär Start of study prä-post	2,29	1,36	3,65	1,73
PI vestibulär prä-post (Start/ End)	2,17	0,94	2,85	1,01
PI vestibulär Start - End of study post	0,20	1,74	-0,96	1,91
PI SZ Start of study prä-post	1,91	1,28	2,85	1,55
PI SZ prä-post (Start/ End)	1,84	0,82	2,47	1,04
PI OK Start of study prä-post	2,46	1,31	3,05	1,28
PI UK Start of study prä-post	2,12	1,30	3,08	1,82
PI UK prä-post (Start/ End)	2,20	0,85	2,75	1,16
PI UK Start - End of study post	2,47	1,33	3,06	1,30

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)

Plaque-Indexwert (PI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

Seitenzähne (SZ)

4.4.3. Effekte der Messzeitpunkte

Die Plaqueausdehnung verändert sich im zeitlichen Verlauf der Studie. Die totale Plaquereduktion ist dabei am Termin Start of study in der Gesamtgruppe der Probanden am höchsten. Aber auch am Ende der Studie wird eine hohe Plaquereduktion durch die Gesamtgruppe der Probanden erzielt. Die Plaquereduktion auf den Seitenzähnen, auf den Frontzähnen, im Oberkiefer, im Unterkiefer, vestibulär und palatinal/lingual ist an den Terminen Start of study wie auch End of study in der Gesamtgruppe der Probanden sehr hoch. Um signifikante Unterschiede im Vergleich des zeitlichen Verlaufs der Untersuchung für die Parameter des Plaque-Index festzustellen, wurde ein abhängiger t-Test durchgeführt (Tabelle 4.38). Aus der Vielzahl der signifikanten Unterschiede (28 von 42 Parametern) ergibt sich ein Effekt des zeitlichen Verlaufs auf die Parameter des Plaque-Index.

Tabelle 4.38.: Abhängiger t-Test (Einstichproben-test) zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der Messzeitpunkte bei den PI-Parametern

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	t	df	p	Mittlere Differenz	SD
PI total Baseline - End of study prä	-0,735	79	0,464	-0,08	0,93
PI total Start of study prä-post	18,450***	79	0,000	2,66	1,29
PI total End of study prä-post	20,247***	79	0,000	2,28	1,01
PI total prä-post (Start/ End)	25,715***	79	0,000	2,47	0,86
PI total Start - End of study prä	0,636	79	0,527	0,07	1,04
PI total Start - End of study post	-1,699	79	0,093	-0,31	1,64
PI vestibulär Baseline - End of study prä	-0,194	79	0,847	-0,03	1,44
PI vestibulär Start of study prä-post	15,590***	79	0,000	2,94	1,69
PI vestibulär End of study prä-post	14,906***	79	0,000	2,05	1,23
PI vestibulär prä-post (Start/ End)	21,714***	79	0,000	2,49	1,03
PI vestibulär Start - End of study prä	3,497***	79	0,001	0,54	1,38
PI vestibulär Start - End of study post	-1,634	79	0,106	-0,35	1,91
PI palatinal/l. Baseline - End of study prä	-0,862	79	0,391	-0,12	1,26
PI palatinal/l. Start of study prä-post	16,163***	79	0,000	2,39	1,32
PI palatinal/l. End of study prä-post	17,670***	79	0,000	2,50	1,27
PI palatinal/l. prä-post (Start/ End)	22,487***	79	0,000	2,44	0,97
PI palatinal/l. Start - End of study prä	-2,696**	79	0,009	-0,39	1,30
PI palatinal/l. Start - End of study post	-1,260	79	0,211	-0,28	1,96
PI FZ Baseline - End of study prä	-2,060*	79	0,043	-0,29	1,24
PI FZ Start of study prä-post	18,381***	79	0,000	2,97	1,45
PI FZ End of study prä-post	17,961***	79	0,000	2,63	1,31
PI FZ prä-post (Start/ End)	23,822***	79	0,000	2,80	1,05
PI FZ Start - End of study prä	1,291	79	0,201	0,17	1,18
PI FZ Start - End of study post	-0,758	79	0,450	-0,17	2,03
PI SZ Baseline - End of study prä	1,131	79	0,262	0,13	1,05
PI SZ Start of study prä-post	14,201***	79	0,000	2,35	1,48
PI SZ End of study prä-post	14,181***	79	0,000	1,92	1,21
PI SZ prä-post (Start/ End)	19,518***	79	0,000	2,14	0,98
PI SZ Start - End of study prä	-0,165	79	0,869	-0,02	1,19
PI SZ Start - End of study post	-2,309*	79	0,024	-0,45	1,76
PI OK Baseline - End of study prä	-1,542	79	0,127	-0,20	1,15
PI OK Start of study prä-post	18,305***	79	0,000	2,75	1,34
PI OK End of study prä-post	15,913***	79	0,000	2,20	1,23
PI OK prä-post (Start/ End)	22,947***	79	0,000	2,47	0,96
PI OK Start - End of study prä	-0,072	79	0,943	-0,01	1,36
PI OK Start - End of study post	-2,767**	79	0,007	-0,56	1,82
PI UK Baseline - End of study prä	0,397	79	0,692	0,05	1,02
PI UK Start of study prä-post	14,150***	79	0,000	2,58	1,63
PI UK End of study prä-post	18,572***	79	0,000	2,35	1,13
PI UK prä-post (Start/ End)	21,250***	79	0,000	2,46	1,04
PI UK Start - End of study prä	62,571***	79	0,000	8,44	1,21
PI UK Start - End of study post	18,305***	79	0,000	2,75	1,34

Signifikant (*), sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK), Frontzähne (FZ), Seitenzähne (SZ)

4.4.4. Effekte der Zahnflächen

Die Plaqueausdehnung war vestibulär und palatinal/lingual zum Zeitpunkt Baseline in der Gesamtgruppe der Probanden unterschiedlich ausgeprägt. Dabei zeigten beide Probandengruppen vestibulär die höhere Plaquebesiedelung. Beim Vergleich der Plaqueausdehnung vor der supervidierten Durchführung der Mundhygiene zwischen den Zeitpunkten Start of study und End of study zeigt sich bei beiden Probandengruppen vestibulär eine höhere Reduktion der Plaque als palatinal/lingual. Zusätzlich zeigt sich in der Probandengruppe der Handzahnbürste zum Zeitpunkt Start of study, nach supervidierter Durchführung der Mundhygiene, vestibulär eine niedrigere Plaquebesiedelung. Zum Zeitpunkt End of study kommt es in der Probandengruppe der Handzahnbürste nach der supervidierten Durchführung der Mundhygiene palatinal/lingual zu einer höheren Plaquereduktion. Vergleicht man die Durchführung der Mundhygiene unter Supervision zum Zeitpunkt Start of study und End of study, zeigt sich für die Handzahnbürste vestibulär die höhere Plaquereduktion. Ein abhängiger t-Test diente zur Untersuchung der signifikanten Unterschiede zwischen den vestibulären und palatinalen/lingualen Zahnflächen für die Parameter des Plaque-Index (Tabelle 4.39). Vier Parameter zeigen signifikante Unterschiede im Einfluss der Zahnflächen. Tabelle 4.40 stellt die Ergebnisse des abhängigen t-Tests für den Vergleich der Zahnflächen vestibulär und palatinal/lingual für die Ultraschallzahnbürste dar. Die Parameter des Plaque-Index Baseline und Start of study prä versus End of study prä zeigen sehr und hoch signifikante Unterschiede. Der signifikante Vergleich der Zahnflächen der Parameter des Plaque-Index für die Ultraschallzahnbürste zeigt bei beiden Parametern einen höheren Mittelwert der vestibulären Flächen (Tabelle 4.41).

Tabelle 4.39.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der Zahnflächen vestibulär vs. palatinal/lingual bei den PI-Parametern

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	6,011***	79	0,000
PI Baseline - End of study prä	0,411	79	0,682
PI Start of study prä-post	3,116**	79	0,003
PI End of study prä-post	-2,740**	79	0,008
PI prä-post (Start/ End)	0,430	79	0,669
PI Start - End of study prä	4,940***	79	0,000
PI Start - End of study post	-0,315	79	0,753

Sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Tabelle 4.40.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der Zahnflächen vestibulär vs. palatinal/lingual bei den PI-Parametern (Ultraschallzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	3,706***	41	0,001
PI Baseline - End of study prä	-0,629	41	0,533
PI Start of study prä-post	-0,053	41	0,958
PI End of study prä-post	-1,461	41	0,152
PI prä-post (Start/ End)	-1,033	41	0,308
PI Start - End of study prä	2,775**	41	0,008
PI Start - End of study post	1,236	41	0,223

Sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Tabelle 4.41.: Plaque-Indexwerte für die vestibulären und palatinalen/lingualen Zahnflächen in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	vestibulär		palatinal/ l.	
	M	SD	M	SD
PI Baseline	9,59	1,27	8,69	1,13
PI Start - End of study prä	0,45	1,12	-0,23	1,37

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI)

In der Tabelle 4.42 werden die Ergebnisse des abhängigen t-Tests für den Vergleich der Zahnflächen vestibulär und palatinal/lingual für die Handzahnbürste dargestellt. Dabei zeigen fünf der sieben Parameter des Plaque-Index (hoch) signifikante Unterschiede. Der signifikante Vergleich der Zahnflächen der Parameter des Plaque-Index für die Handzahnbürste zeigt einen höheren Mittelwert der vestibulären Flächen, bis auf die Parameter des Plaque-Index End of study prä versus End of study post, die palatinal/lingual den höheren Mittelwert aufweisen (Tabelle 4.43).

Tabelle 4.42.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der Zahnflächen vestibulär vs. palatinal/lingual bei den PI-Parametern (Handzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	4,797***	37	0,000
PI Baseline - End of study prä	1,201	37	0,237
PI Start of study prä-post	4,861***	37	0,000
PI End of study prä-post	-2,468*	37	0,018
PI prä-post (Start/ End)	2,176*	37	0,036
PI Start - End of study prä	4,211***	37	0,000
PI Start - End of study post	-1,474	37	0,149

Signifikant (*), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Tabelle 4.43.: Differenzen der Plaque-Indexwerte für die vestibulären und palatinalen/lingualen Zahnflächen in der Probandengruppe der Handzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	vestibulär		palatinal/ l.	
	M	SD	M	SD
PI Baseline	9,64	1,37	8,25	1,59
PI Start of study prä-post	3,65	1,73	2,48	1,32
PI End of study prä-post	2,05	1,22	2,63	1,24
PI prä-post (Start/ End)	2,85	1,01	2,55	1,05
PI Start - End of study prä	0,64	1,64	-0,57	1,21

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI)

4.4.5. Effekte der Lokalisation der Zähne

Die Reduktion der Plaque war im zeitlichen Verlauf der Studie an Front- und Seitenzähnen unterschiedlich stark ausgeprägt. Die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste zeigte am Termin Start of study und End of study jeweils nach der supervidierten Durchführung der Mundhygiene an der Frontzähnen die höhere Plaquereduktion. Die Probandengruppe der Handzahnbürste hatte zum Zeitpunkt Baseline die deutlich höhere Plaqueausdehnung an den Seitenzähnen. Die Reduktion der Plaque war ebenfalls bei der Probandengruppe der Handzahnbürste an den Frontzähnen im zeitlichen Verlauf höher als an den Seitenzähnen. Ein abhängiger t-Test diente zur Untersuchung der signifikanten Unterschiede zwischen Front- und Seitenzähnen für die Parameter des Plaque-Index (Tabelle 4.44). Dabei zeigt diese Untersuchung für fünf Parameter signifikante Unterschiede im Einfluss der Lokalisation der Zähne.

Tabelle 4.44.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich von Front- vs. Seitenzähnen bei den PI-Parametern

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	-3,413***	79	0,001
PI Baseline - End of study prä	-2,778**	79	0,007
PI Start of study prä-post	3,993***	79	0,000
PI End of study prä-post	4,144***	79	0,000
PI prä-post (Start/ End)	5,449***	79	0,000
PI Start - End of study prä	1,544	79	0,127
PI Start - End of study post	1,334	79	0,186

Sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Ein abhängiger t-Test untersuchte den signifikanten Unterschied von Front- und Seitenzähnen bei den Parametern des Plaque-Index für die Ultraschallzahnbürste. Dabei zeigen die Parameter des Plaque-Index Start of study prä versus Start of study post, End of study prä versus End of study post und Start of study prä und End of study post hoch signifikante Unterschiede (Tabelle 4.45).

Tabelle 4.45.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich von Front- vs. Seitenzähnen bei den PI-Parametern (Ultraschallzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	-1,799	41	0,079
PI Baseline - End of study prä	-1,378	41	0,176
PI Start of study prä-post	3,480***	41	0,001
PI End of study prä-post	3,614***	41	0,001
PI prä-post (Start/ End)	4,567***	41	0,000
PI Start - End of study prä	1,237	41	0,223
PI Start - End of study post	1,147	41	0,258

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Der Vergleich zwischen Front- und Seitenzähnen der signifikanten Parameter des Plaque-Index für die Ultraschallzahnbürste zeigt im Frontzahnbereich den höheren Mittelwert (Tabelle 4.46).

Ein abhängiger t-Test diente der Untersuchung der signifikanten Unterschiede der Front- und Seitenzähne bei den Parametern des Plaque-Index für die Handzahnbürste. Dieser zeigte bis auf die Parameter des Plaque-Index Start

Tabelle 4.46.: Differenzen der Plaque-Indexwerte für die Front- und Seitenzähne in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	FZ		SZ	
	M	SD	M	SD
PI Start of study prä-post	2,68	1,40	1,91	1,28
PI End of study prä-post	2,67	1,49	1,76	1,08
PI prä-post (Start/ End)	2,68	1,04	1,84	0,82

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
 Plaque-Indexwert (PI), Frontzähne (FZ), Seitenzähne (SZ)

of study prä versus End of study prä und Start of study post versus End of study post für die weiteren fünf Parametern signifikante Unterschiede (Tabelle 4.47).

Tabelle 4.47.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich von Front- vs. Seitenzähnen bei den PI-Parametern (Handzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	-3,141**	37	0,003
PI Baseline - End of study prä	-2,633*	37	0,012
PI Start of study prä-post	2,087*	37	0,044
PI End of study prä-post	2,148*	37	0,038
PI prä-post (Start/ End)	3,074**	37	0,004
PI Start - End of study prä	0,947	37	0,350
PI Start - End of study post	0,724	37	0,473

Signifikant (*), sehr signifikant (**)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
 Plaque-Indexwert (PI)

Der Vergleich zwischen Front- und Seitenzähnen der signifikanten Parameter des Plaque-Index für die Handzahnbürste ist in Tabelle 4.48 aufgeführt.

Tabelle 4.48.: Differenzen der Plaque-Indexwerte für die Front- und Seitenzähne in der Probandengruppe der Handzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	FZ		SZ	
	M	SD	M	SD
PI Baseline	8,62	1,53	9,27	1,14
PI Baseline - End of study prä	0,38	1,30	0,17	1,06
PI Start of study prä-post	3,29	1,45	2,85	1,55
PI End of study prä-post	2,58	1,09	2,10	1,33
PI prä-post (Start/ End)	2,94	1,06	2,47	1,04

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
 Plaque-Indexwert (PI), Frontzähne (FZ), Seitenzähne (SZ)

4.4.6. Effekte des Kiefers

Die Plaqueausdehnung war im Ober- und Unterkiefer in der Gesamtgruppe der Probanden zum Zeitpunkt Baseline unterschiedlich stark ausgeprägt. Die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste wie auch die der Handzahnbürste zeigte im Unterkiefer eine stärkere Plaquebesiedelung. Im Unterkiefer wurde in beiden Probandengruppen die Plaque zum Ende der Studie besser entfernt als im Oberkiefer. Der abhängige t-Test zur Untersuchung des Vergleichs von Ober- und Unterkiefers zeigt für die Parameter Baseline, Start of study prä versus End of study prä und Start of study post versus End of study post hoch signifikante Unterschiede (Tabelle 4.49).

Tabelle 4.49.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der Kiefer (OK vs. UK) bei den PI-Parametern

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	-8,037***	79	0,000
PI Baseline - End of study prä	-1,945	79	0,055
PI Start of study prä-post	1,035	79	0,304
PI End of study prä-post	-1,112	79	0,269
PI prä-post (Start/ End)	0,075	79	0,941
PI Start - End of study prä	-41,776***	79	0,000
PI Start - End of study post	-10,474***	79	0,000

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Die hoch signifikanten Ergebnisse des abhängigen t-Tests für den Vergleich beider Kiefer bei der Ultraschallzahnbürste (Tabelle 4.50) sind analog zu den vorherigen Ergebnissen aus Tabelle 4.49. Der Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer der signifikanten Parameter des Plaque-Index für die Ultraschallzahnbürste zeigt im Unterkiefer die höheren Mittelwerte (Tabelle 4.51).

Die Handzahnbürste zeigt beim Vergleich der beiden Kiefer bei den Parametern des Plaque-Index im abhängigen t-Test vergleichbare Ergebnisse mit denen der Ultraschallzahnbürste. Die gleichen Parameter des Plaque-Index zeigen hoch signifikante Unterschiede (Tabelle 4.52).

Tabelle 4.53 zeigt auf, dass im Unterkiefer die höheren Mittelwerte zu verzeichnen sind.

Tabelle 4.50.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der Kiefer (OK vs. UK) bei den PI-Parametern (Ultraschallzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	-5,519***	41	0,000
PI Baseline - End of study prä	-1,431	41	0,160
PI Start of study prä-post	1,672	41	0,102
PI End of study prä-post	-0,655	41	0,516
PI prä-post (Start/ End)	0,689	41	0,494
PI Start - End of study prä	-30,497***	41	0,000
PI Start - End of study post	-5,736***	41	0,000

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Tabelle 4.51.: Differenzen der Plaque-Indexwerte für den Ober- und Unterkiefer in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	OK		UK	
	M	SD	M	SD
PI Baseline	8,49	1,24	9,79	1,13
PI Start - End of study prä	0,13	1,23	8,49	1,24
PI Start - End of study post	-0,19	2,02	2,47	1,33

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

Tabelle 4.52.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der Kiefer (OK vs. UK) bei den PI-Parametern (Handzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	-6,061***	37	0,000
PI Baseline - End of study prä	-1,299	37	0,202
PI Start of study prä-post	-0,061	37	0,951
PI End of study prä-post	-0,948	37	0,349
PI prä-post (Start/ End)	-0,551	37	0,585
PI Start - End of study prä	-28,289***	37	0,000
PI Start - End of study post	-10,101***	37	0,000

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Tabelle 4.53.: Differenzen der Plaque-Indexwerte für den Ober- und Unterkiefer in der Probandengruppe der Handzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	OK		UK	
	M	SD	M	SD
PI Baseline	8,39	1,19	9,50	1,43
PI Start - End of study prä	-0,16	1,49	8,39	1,19
PI Start - End of study post	-0,97	1,49	3,06	1,30

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI), Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

4.4.7. Analysen der marginalen versus approximalen Zahnflächen

4.4.7.1. Putztechniken

18 der von 21 auszuwertenden Parameter des Plaque-Index der marginalen und approximalen Zahnflächen (Tabelle 4.54) entsprachen der Normalverteilung

lung nach Gauß. Tabelle 4.54 stellt den Einfluss der Putztechnik auf das Erfolgskriterium der zeitlichen Veränderung der PI-Werte dar.

Tabelle 4.54.: Unabhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der beiden Putztechniken / Zahnbürsten bei den marginalen und approximalen PI-Parametern

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p	Mittlere Differenz
PI total Baseline	0,929	78	0,356	0,10
PI total Baseline - End of study prä	0,293	78	0,770	0,03
PI total Start of study prä-post	-2,972**	78	0,004	-0,38
PI total End of study prä-post	-0,800	78	0,426	-0,08
PI total prä-post (Start/ End)	-2,725**	78	0,008	-0,23
PI total Start - End of study prä	0,618	78	0,538	0,06
PI total Start - End of study post	2,200*	75,356	0,031	0,36
PI marginal Baseline	1,143	70,555	0,257	0,16
PI marginal Baseline - End of study prä	0,220	78	0,826	0,03
PI marginal Start of study prä-post	-2,696**	78	0,009	-0,48
PI marginal End of study prä-post	-0,665	78	0,508	-0,10
PI marginal prä-post (Start/ End)	-2,374*	78	0,020	-0,29
PI marginal Start - End of study prä	1,024	78	0,309	0,15
PI marginal Start - End of study post	2,345*	78	0,022	0,53
PI approximal Baseline	0,319	78	0,750	0,03
PI approximal Baseline - End of study prä	0,297	78	0,768	0,03
PI approximal Start of study prä-post	-2,805**	78	0,006	-0,28
PI approximal End of study prä-post	-0,858	78	0,394	-0,07
PI approximal prä-post (Start/ End)	-2,691**	78	0,009	-0,17
PI approximal Start - End of study prä	-0,255	78	0,800	-0,02
PI approximal Start - End of study post	1,521	78	0,132	0,19

Signifikant (*), sehr signifikant (**)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)

Der signifikante Vergleich des Effekts der untersuchten Zahnbürsten auf die Parameter des Plaque-Index marginal und approximal zeigt bei der Hand-

zahnbürste einen höheren Mittelwert, bis auf die Parameter des Plaque-Index Start of study post versus End of study post und Start of study post versus End of study post, die für die Ultraschallzahnbürste die höheren Mittelwerte aufweisen (Tabelle 4.55).

Tabelle 4.55.: Differenzen der marginalen und approximalen Plaque-Indexwerte in der Probandengruppe der Ultraschall- und Handzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	Ultraschallzahnbürste		Handzahnbürste	
	M	SD	M	SD
PI total Start of study prä-post	1,01	0,54	1,39	0,62
PI total prä-post (Start/ End)	1,00	0,35	1,23	0,42
PI total Start - End of study post	-0,01	0,84	-0,37	0,63
PI marginal Start of study prä-post	1,42	0,73	1,90	0,87
PI marginal prä-post (Start/ End)	1,39	0,49	1,69	0,60
PI marginal Start - End of study post	0,04	1,13	-0,49	0,88
PI approximal Start of study prä-post	0,59	0,44	0,87	0,46
PI approximal prä-post (Start/ End)	0,60	0,27	0,77	0,31

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI)

4.4.7.2. Messzeitpunkte

In der Gesamtgruppe der Probanden trat zu jedem Messzeitpunkt bei der supervidierten Durchführung der Mundhygiene eine Plaquereduktion sowohl für die marginalen, als auch für die approximalen Flächen auf. Um signifikante Unterschiede im Vergleich des zeitlichen Verlaufs der Untersuchung für die Parameter des Plaque-Index marginal und approximal festzustellen, wurde ein abhängiger t-Test durchgeführt (Tabelle 4.56). Aus der Vielzahl der signifikanten und hoch signifikanten Unterschiede (12 von 18 Parametern) ergibt sich

ein Effekt des zeitlichen Verlaufs auf die Parameter des Plaque-Index marginal und approximal.

Tabelle 4.56.: Abhängiger t-Test (Einstichprobentest) für den Vergleich der Messzeitpunkte bei den marginalen und approximalen PI-Parametern

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p	Mittlere Differenz	SD
PI total Baseline - End of study prä	-1,260	79	0,211	-0,06	0,41
PI total Start of study prä-post	17,644***	79	0,000	1,19	0,60
PI total End of study prä-post	19,961***	79	0,000	1,03	0,46
PI total prä-post (Start/ End)	25,007***	79	0,000	1,11	0,40
PI total Start - End of study prä	-0,430	79	0,669	-0,02	0,46
PI total Start - End of study post	-2,138*	79	0,036	-0,18	0,76
PI marginal Baseline - End of study prä	-2,414*	79	0,018	-0,15	0,56
PI marginal Start of study prä-post	17,743***	79	0,000	1,65	0,83
PI marginal End of study prä-post	19,307***	79	0,000	1,41	0,66
PI marginal prä-post (Start/ End)	24,357***	79	0,000	1,53	0,56
PI marginal Start - End of study prä	0,347	79	0,730	0,03	0,64
PI marginal Start - End of study post	-1,813	79	0,074	-0,21	1,04
PI approximal Baseline - End of study prä	0,801	79	0,426	0,04	0,39
PI approximal Start of study prä-post	13,913***	79	0,000	0,73	0,47
PI approximal End of study prä-post	16,359***	79	0,000	0,64	0,35
PI approximal prä-post (Start/ End)	20,346***	79	0,000	0,68	0,30
PI approximal Start - End of study prä	-1,656	79	0,102	-0,07	0,37
PI approximal Start - End of study post	-2,416*	79	0,018	-0,15	0,57

Signifikant (*), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI), Standardabweichung (SD)

4.4.7.3. Zahnflächen

Die Plaquereduktion war im zeitlichen Verlauf der Studie marginal in beiden Probandengruppen deutlich höher. Approximal wurde in beiden Probandengruppen durchschnittlich eine geringere Plaquereduktion erzielt. Ein abhängiger t-Test diente zur Untersuchung der signifikanten Unterschiede zwischen den marginalen und approximalen Zahnflächen für die Parameter des Plaque-Index (Tabelle 4.57). Dabei zeigt diese Untersuchung (hoch) signifikante Unterschiede im Einfluss der Zahnflächen, bis auf die Parameter Start of study prä versus End of study prä und Start of study post versus End of study post.

Tabelle 4.57.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der marginalen und approximalen Zahnflächen bei den PI-Parametern

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	30,548***	79	0,000
PI Baseline - End of study prä	-3,236**	79	0,002
PI Start of study prä-post	13,620***	79	0,000
PI End of study prä-post	13,673***	79	0,000
PI prä-post (Start/ End)	17,623***	79	0,000
PI Start - End of study prä	1,591	79	0,116
PI Start - End of study post	-0,737	79	0,463

Sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Das Ergebnis aus Tabelle 4.57 zeigt sich ebenfalls im Vergleich der marginalen und approximalen Zahnflächen bei den Parametern des Plaque-Index für die Ultraschallzahnbürste (Tabelle 4.58).

Tabelle 4.58.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der marginalen und approximalen Zahnflächen bei den PI-Parametern (Ultraschallzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	27,108***	41	0,000
PI Baseline - End of study prä	-3,055**	41	0,004
PI Start of study prä-post	9,878***	41	0,000
PI End of study prä-post	10,730***	41	0,000
PI prä-post (Start/ End)	13,116***	41	0,000
PI Start - End of study prä	2,148	41	0,038
PI Start - End of study post	0,986	41	0,330

Sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Der signifikante Vergleich der marginalen und approximalen Zahnflächen bei den Parametern des Plaque-Index für die Ultraschallzahnbürste zeigt einen höheren Mittelwert der marginalen Flächen, bis auf die Parameter des Plaque-Index Baseline versus End of study, der approximal den höheren Mittelwert aufweist (Tabelle 4.59).

Ein abhängiger t-Test diente zur Untersuchung der signifikanten Unterschiede zwischen den marginalen und approximalen Zahnflächen für die Parameter des Plaque-Index für die Handzahnbürste. Dabei zeigt diese Untersuchung (hoch) signifikante Unterschiede im Einfluss der Zahnflächen, bis auf die Parameter Baseline versus End of study prä und Start of study prä versus End of study prä.

Tabelle 4.59.: Differenzen der marginalen und approximalen Plaque-Indexwerte in der Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	marginal		approximal	
	M	SD	M	SD
PI Baseline	5,21	0,56	3,37	0,37
PI Baseline - End of study prä	-0,14	0,49	0,05	0,40
PI Start of study prä-post	1,42	0,73	0,59	0,44
PI End of study prä-post	1,37	0,64	0,61	0,37
PI prä-post (Start/ End)	1,39	0,49	0,60	0,27

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI)

Tabelle 4.60.: Abhängiger t-Test zur Überprüfung der Signifikanz für den Vergleich der marginalen und approximalen Zahnflächen bei den PI-Parametern (Handzahnbürste)

PI-Parameter / PI-Differenzparameter	t	df	p
PI Baseline	17,691***	37	0,000
PI Baseline - End of study prä	-1,836	37	0,074
PI Start of study prä-post	9,605***	37	0,000
PI End of study prä-post	8,696***	37	0,000
PI prä-post (Start/ End)	11,997***	37	0,000
PI Start - End of study prä	0,058	37	0,954
PI Start - End of study post	-2,133*	37	0,040

Hoch signifikant (***)

Teststatistik des t-Tests (t), degrees of freedom (df), Signifikanzwert (p)
Plaque-Indexwert (PI)

Der signifikante Vergleich der marginalen und approximalen Zahnflächen bei den Parametern des Plaque-Index für die Handzahnbürste zeigt einen höheren Mittelwert der marginalen Flächen, bis auf die Parameter des Plaque-Index Start of study post versus End of study post, die approximal den höheren Mittelwert aufweisen (Tabelle 4.61).

Tabelle 4.61.: Differenzen der marginalen und approximalen Plaque-Indexwerte in der Probandengruppe der Handzahnbürste

PI-Parameter/ PI-Differenzparameter	marginal		approximal	
	M	SD	M	SD
PI Baseline	5,04	0,71	3,34	0,43
PI Start of study prä-post	1,90	0,87	0,87	0,46
PI End of study prä-post	1,47	0,68	0,68	0,33
PI prä-post (Start/ End)	1,69	0,60	0,77	0,31
PI Start - End of study post	-0,49	0,88	-0,25	0,50

Arithmetischer Mittelwert (M), Standardabweichung (SD)
Plaque-Indexwert (PI)

4.5. Kovarianz von Plaque- und Gingiva-Index

4.5.1. Plaque- und Gingiva-Index

Tabelle 4.62 stellt die Kovarianz zwischen Plaque- und Gingiva-Index dar. Aus ihr wird ersichtlich, dass eine signifikante Korrelation zwischen der beiden Indizes bei deren Gesamtwerten, vestibulären und palatinalen/lingualen Werten und den Oberkiefer- und Unterkieferwerten herrscht.

Tabelle 4.62.: Korrelation (Pearson | Spearman) zwischen Plaque- und Gingiva-Index für Termine, Zahnflächen und Kiefer

Parameter	Pearson-Korrelation		Spearman-Korrelation	
	r	p	r	p
Baseline	0,18	0,104	0,14	0,217
Start of study	0,10	0,392	0,02	0,869
End of study	0,18	0,103	0,17	0,142
total	0,28*	0,013	0,23*	0,038
vestibulär	0,23*	0,036	0,19	0,089
palatinal/ lingual	0,29**	0,008	0,28*	0,011
OK	0,25*	0,026	0,24*	0,034
UK	0,28*	0,013	0,22*	0,050

Signifikant (*), sehr signifikant (**)

Korrelationskoeffizient (r), Signifikanzwert (p)

Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

4.5.2. Plaque- und Gingiva-Index bei den Putztechniken

Für die Ultraschallzahnbürste ließ sich keine Korrelation der beiden Indizes feststellen. Tabelle 4.63 zeigt die signifikanten Korrelationen der beiden Indizes für die Handzahnbürste in den Gesamtwerten, zum Zeitpunkt der Baseline, für die vestibulären und palatinalen/lingualen Werte und für die des Unterkiefers.

Tabelle 4.63.: Korrelation (Pearson | Spearman) zwischen Plaque- und Gingivaindex für Termine, Zahnflächen und Kiefer (Handzahnbürste)

Parameter	Pearson-Korrelation		Spearman-Korrelation	
	r	p	r	p
Baseline	0,36*	0,027	0,35*	0,034
Start of study	0,26	0,127	0,18	0,277
End of study	0,26	0,111	0,30	0,070
total	0,44**	0,006	0,42**	0,010
vestibulär	0,44**	0,006	0,37*	0,024
palatinal/ lingual	0,35*	0,031	0,35*	0,034
OK	0,29	0,078	0,31	0,057
UK	0,50***	0,001	0,45**	0,004

Signifikant (*), sehr signifikant (**), hoch signifikant (***)

Korrelationskoeffizient (r), Signifikanzwert (p)

Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

4.5.3. Marginaler Plaque- und Gingiva-Index

Tabelle 4.64 stellt die Korrelation zwischen marginalem Plaque- und Gingiva-Index für beide untersuchten Zahnbürsten dar. Dabei fallen die Ergebnisse der Gesamtwerte, zum Zeitpunkt End of study, für die vestibulären und palatinalen/lingualen Werte sowie die Werte des Ober- und Unterkiefers signifikant aus.

Tabelle 4.64.: Korrelation (Pearson | Spearman) zwischen marginalem Plaque- und Gingivaindex für Termine, Zahnflächen und Kiefer

Parameter	Pearson-Korrelation		Spearman-Korrelation	
	r	p	r	p
Baseline	0,17	0,122	0,11	0,339
Start of study	0,14	0,207	0,12	0,286
End of study	0,23*	0,037	0,19	0,084
total	0,33**	0,002	0,27*	0,014
vestibulär	0,33**	0,003	0,31**	0,006
palatinal/ lingual	0,28*	0,013	0,23*	0,043
OK	0,29**	0,009	0,19	0,088
UK	0,31**	0,006	0,25*	0,027

Signifikant (*), sehr signifikant (**)

Korrelationskoeffizient (r), Signifikanzwert (p)

Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

4.5.4. Marginaler Plaque- und Gingiva-Index bei den Putztechniken

Analog zur Auswertung des gesamten Plaque- und Gingiva-Index für die Ultraschallzahnbürste, kommt es ebenfalls bei der Analyse der marginalen Indexwerte für die Ultraschallzahnbürste zu keinen signifikanten Ergebnissen. Tabelle 4.65 stellt die Korrelation des marginalen Plaque- und Gingiva-Index für die Handzahnbürste dar. Die Gesamtwerte, die Werte zum Zeitpunkt der Baseline, die vestibulären und palatinalen/lingualen Werte und die des Unterkiefers fallen hierbei signifikant und sehr signifikant aus.

Tabelle 4.65.: Korrelation (Pearson | Spearman) zwischen marginalem Plaque- und Gingivaindex für Termine, Zahnflächen und Kiefer (Handzahnbürste)

Parameter	Pearson-Korrelation		Spearman-Korrelation	
	r	p	r	p
Baseline	0,32*	0,049	0,29	0,076
Start of study	0,20	0,230	0,19	0,272
End of study	0,26	0,122	0,24	0,151
total	0,41*	0,011	0,34*	0,039
vestibulär	0,49**	0,002	0,44**	0,006
palatinal/ lingual	0,29	0,082	0,22	0,184
OK	0,30	0,071	0,23	0,175
UK	0,46**	0,004	0,39*	0,016

Signifikant (*), sehr signifikant (**)

Korrelationskoeffizient (r), Signifikanzwert (p)

Oberkiefer (OK), Unterkiefer (UK)

5. Diskussion

5.1. Studienprotokoll

5.1.1. Studiendesign

Die vorliegende klinisch kontrollierte Studie ist im Paralleldesign durchgeführt worden. Dabei wurden randomisiert den Teilnehmern der Experimentgruppe die Ultraschallzahnbürste und den Teilnehmern der Kontrollgruppe die Handzahnbürste zugeteilt. Im Vergleich zu einer Cross-Over Studie ist die kürzere Studiendauer von Vorteil, da beide Probandengruppen parallel und ohne Wash-out Phasen untersucht werden. Ein weiterer Vorteil verglichen mit Cross-Over Studien ist das Ausbleiben eines möglichen Carry-Over-Effektes. Im Paralleldesign sind allerdings keine interindividuellen Vergleiche möglich und auch eine höhere Anzahl an Probanden ist notwendig.

Studien von Diedrich (1981); Boyd et al. (1989); Clerehugh et al. (1998); Hickman et al. (2002) sind ebenfalls klinische Studien im Paralleldesign, in denen die Mundhygiene bei Patienten mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur untersucht wurden.

5.1.2. Anzahl der Probanden

Da es sich um eine Parallel-Untersuchung handelt, sind in dieser Studie 80 Probanden untersucht worden, um eine möglichst hohe Zahl an Daten für die statistische Auswertung erheben zu können. 42 Probanden wurden randomisiert der Experimentgruppe zugeteilt und 38 Patienten nahmen an der Kontrollgruppe teil. Die American Dental Association schlägt für vergleichende Mundhygiene-Studien eine Anzahl von 25 Probanden vor (ADA 2012).

In der Literatur sind zwischen den einzelnen Studien deutliche Differenzen bezüglich der Anzahl der Probanden zu erkennen. Costa et al. (2010) untersuchten 21 Probanden, während an der Studie von Clerehugh et al. (1998) 83 Probanden teilnahmen. Diese Diskrepanz entsteht durch die zwei verschiedenen Arten des Studienaufbaus. Während Costa et al. (2010) die 21 Patienten im Cross-Over-Design untersuchten, wurde die Studie von Clerehugh et al. (1998) im Paralleldesign durchgeführt.

5.1.3. Auswahl der Probanden

An der Studie nahmen Kinder und Jugendliche mit festsitzender kieferorthopädischen Apparatur teil, das Alter der Probanden lag dabei zwischen zehn und siebzehn Jahren. Es waren 45 weibliche und 35 männliche teilnehmende Probanden. Dabei sollten sich die Probanden idealerweise vier bis sechs Monate vor Ende der Therapie mit Multibracketapparatur befinden, sodass sich die gingivalen Veränderungen sowie eine routinierte Durchführung der Mundhygiene manifestiert haben. Bei der Auswahl der Probanden wurden die Art der Zahnfehlstellung, die angewandte Therapietechnik der kieferorthopädischen Behandlung sowie die verwendeten Materialien der festsitzenden

kieferorthopädischen Apparatur nicht festgelegt. Ebenso wurde nicht weiter zwischen Rechts- und Linkshändern unterschieden.

In einer Studie von Zachrisson und Zachrisson (1972) zur Untersuchung des Gesundheitszustandes des Parodonts bei Patienten mit kieferorthopädischer Behandlung im Vergleich zu Patienten ohne kieferorthopädische Behandlung wurden 51 Probanden mit einer Klasse II/1 Fehlstellung ausgewählt. Die Fehlstellungen wurden jeweils mit der Edgewise-Technik behandelt. Ebenso wurden in einer weiteren Studie von Zachrisson (1976) zur Untersuchung des Gesundheitszustandes der Gingiva bei Patienten mit kieferorthopädischer Behandlung 16 Probanden in Behandlung mit der Edgewise-Technik untersucht. Auch die Probanden, die an der Untersuchung von Clerehugh et al. (1998) teilnahmen, wurden mit Edgewise-Technik therapiert.

In einer Studie untersuchten Womack und Guay (1968) an 40 Probanden den Unterschied einer elektrischen Zahnbürste und Handzahnbürste in ihrer Effizienz bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen. Alle Probanden dieser Untersuchung waren Rechtshänder.

In einigen weiteren vergleichenden Studien und Untersuchungen zur Mundhygiene wurden wiederum die Probanden zufällig ausgewählt. So untersuchten zum Beispiel Scharnowski (2004) 50 Patienten und Steinhardt (1989) 51 Probanden mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen, die nach zufälligen Kriterien ausgesucht wurden. Auch Heasman et al. (1998) untersuchten 60 Patienten ohne weitere Kriterien, außer der Festlegung der Bebänderung.

Eine Unterscheidung von Rechts- und Linkshändern ist in der vorliegenden Studie nicht gemacht worden, da die Beurteilung keine Relevanz für die Fragestellung dieser Untersuchung gehabt hätte.

Als mögliche Fehlerquelle könnten die unterschiedlichen Therapiephasen und

damit auch die verschiedenen Behandlungsmethoden der Probanden angenommen werden. Kieferorthopädische Patienten befinden sich aufgrund von Kiefer- und Zahnfehlstellungen in Behandlung mit kieferorthopädischen Apparaturen, dabei sind die Fehlstellungen individuell und nicht absolut vergleichbar. Durch Zahnfehlstellungen kann es zu einer erschwerten Mundhygiene kommen. Mit Hilfe von kieferorthopädischen Apparaturen wird eine verbesserte Zahnstellung erzielt und damit ist auch eine Normalisierung der gingivalen und parodontalen Verhältnisse denkbar. Demnach ist es nicht auszuschließen, dass es im Verlauf dieser Studie zu Interferenzen zwischen einer Verbesserung und Erleichterung der Mundhygiene durch eine harmonisierte Zahnstellung oder auch durch die Anwendung der Ultraschallzahnbürsten kommt. Ganz ausschließen ließe sich diese Interferenz durch eine In-Vitro Studie, in der gleiche Verhältnisse geschaffen werden können. Die Ergebnisse wären allerdings nicht realitätsnah, da die kieferorthopädische Behandlung mit festsitzenden Apparaturen sehr vielfältig und individuell in der Praxis durchgeführt wird. Unter anderem haben folgende Faktoren Einfluss auf die Behandlung mit festsitzender Apparatur:

- ausgehende Zahnfehlstellung
- Alter des Patienten bei Behandlungsbeginn
- Wachstumstyp des Patienten
- Compliance des Patienten
- gewählte Therapietechnik

Des Weiteren werden diese möglichen beschriebenen Interferenzen durch die Ergebnisse einer Studie von Davies et al. (1991) relativiert. In der genannten Studie wurden zur Baseline 663 Kinder im Alter von durchschnittlich 12 Jahren mit Zahnfehlstellungen untersucht, die möglicherweise eine kieferorthopädische Behandlung benötigen könnten, dabei wurde der Plaque-Index nach

Silness und Loe (1964) und ein gingivaler Blutungsindex mit einer Ja/Nein-Entscheidung erhoben. Nach drei Jahren wurden 417 Probanden erneut untersucht, der restliche Anteil der Probanden befand sich entweder noch in kieferorthopädischer Behandlung mit aktiven Apparaturen oder Retainern und wurde nicht in die Auswertung mit einbezogen. Dabei wurde festgestellt, dass 114 Patienten in diesem Zeitraum kieferorthopädisch behandelt worden waren. In beiden Gruppen war ein signifikanter Rückgang der Plaque- und Gingiva-Indexwerte zu verzeichnen, Davies et al. (1991) führen das vor allem auf das Älterwerden der Probanden zurück und begründen das mit einer Zunahme an Motivation und der Entwicklung eines Bewusstseins für die Mundhygiene. Die 114 Patienten mit kieferorthopädischer Behandlung zeigten in der Untersuchung nach drei Jahren im bukkalen Bereich im Vergleich zu Patienten ohne kieferorthopädische Behandlung niedrigere Plaque- und Gingiva-Indexwerte. Um zu verifizieren, ob der Rückgang auf die Korrektur der Zahnstellung oder auf eine bewussteren Verhaltensweise seitens Patienten mit kieferorthopädischen Apparaturen zurückzuführen ist, wurden die Indexwerte separat für Front- und Seitenzähne betrachtet. Da die Werte im Backenzahnbereich, an Zähnen die keiner bzw. geringen Veränderung der Zahnstellung unterlagen, signifikant niedriger waren, machen Davies et al. (1991) das veränderte Bewusstsein für Mundhygiene von Patienten mit kieferorthopädischen Apparaturen für den Rückgang der Indexwerte verantwortlich.

Vorbehalte gegenüber der Testmethodik, die mitunter ausgeprägt waren, verlangten eine eingehende individuelle Motivation, sodass es schließlich gelang, dass alle an der Studie teilnehmenden Probanden ihre Compliance beibehielten und es bei keinem Probanden zum Studienabbruch kam.

5.1.4. Studienzeitraum

In der vorliegenden Studie ist analog zur Vorgängeruntersuchung von May (2013) ein Studienzeitraum von 12 Wochen festgelegt worden. Um die Wirksamkeit einer Zahnbürste zu überprüfen, schlägt die American Dental Association eine Studiendauer von mindestens 30 Tagen vor (ADA 2012). Eine Untersuchung von Diamanti-Kipiotti et al. (1987), die den klinischen und mikrobiologischen Effekt einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur beurteilte, erstreckte sich über einen Zeitraum von vier Monaten. In der Studie von Davies et al. (1991) zur Beurteilung der Wirkung einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur auf die Plaque und Gingiva wurde ein Studienzeitraum von 3 Jahren festgelegt. Huser et al. (1990) untersuchten den klinischen und mikrobiologischen Effekt von kieferorthopädisch applizierten Bändern. Dabei wählten sie einen Zeitraum von 90 Tagen. In vergleichenden Mundhygiene-Studien bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen untersuchten Hickman et al. (2002) ihre Patienten über einen Zeitraum von acht Wochen. Auch die Studien von Trimpeneers et al. (1997); Clerehugh et al. (1998) fanden in einem Zeitraum von acht Wochen statt. Heasman et al. (1998) wählten in ihrer Cross-Over Studie für jeden Zahnbürstentyp einen Zeitraum von vier Wochen. In einer Untersuchung der Effektivität zweier Handzahnbürsten bei Patienten mit festsitzenden Apparaturen von Scharnowski (2004) wurden im Cross-Over Design die jeweiligen Zahnbürsten über vier Wochen getestet. In den Studien von Heintze et al. (1996); Costa et al. (2010) wurde ebenfalls die Studiendauer von vier Wochen festgelegt. Boyd et al. (1989) untersuchte über einen Zeitraum von 18 Monaten den Unterschied der Wirkung von elektrischer Zahnbürste und Handzahnbürste auf das Parodont.

In der vorliegenden Studie erschien eine Studiendauer von zwölf Wochen als angemessen. Auf diese Weise konnten die Probanden nach einer Angewöhnung die Anwendung und Durchführung der Mundhygiene mit der jeweiligen Ultraschallzahnbürste manifestieren. Nach wenigen Tagen können durch eine Plaquerreduzierung akute Entzündungszeichen einer Gingivitis beseitigt werden, die vollständige Regeneration einer Gingivitis erfolgt nach vier bis sechs Wochen (Gängler et al. 2010). Über einen Studienzeitraum von zwölf Wochen ist demnach die Möglichkeit gegeben, diese Parameter zu berücksichtigen und zu beurteilen. Des Weiteren ist es denkbar, dass der Hawthorne-Effekt über einen Zeitraum von länger als vier Wochen abnimmt und eher zu vernachlässigen ist. Allerdings ist zu bedenken, dass ebenso eine Abnahme der Motivation über einen längeren Zeitraum möglich ist.

5.1.5. Probandenunterweisung

Eine dreitägige Mundhygienekarenz diente einer vergleichbaren Basis aller Probanden. Klinische Studien belegen, dass es durch das Unterlassen der Mundhygiene über einen Zeitraum von 72 Stunden zu keinen gesundheitlichen Folgen kommt, sofern die Mundhygiene im Anschluss wieder adäquat aufgenommen und durchgeführt wird (Claydon und Addy 1995).

Am ersten regulären Studientag erfuhren die Probanden welcher Testgruppe sie angehörten und erhielten die zugeordnete Ultraschallzahnbürste entweder in Kombination mit der Ultraschallzahncreme oder den Zahnputztabletten. Des Weiteren wurden den Probanden eine Sanduhr gestellt, um eine Putzdauer von viereinhalb Minuten überprüfen und einhalten zu können. Da durch festsitzende kieferorthopädische Apparaturen ein Mehraufwand bei der Durchführung der Mundhygiene erforderlich ist, wurde auch eine höhere Putzdauer festge-

legt. Ebenso wurden die Probanden darauf hingewiesen, dass die Putzdauer von der Menge des Zahnbelages abhängig ist, wodurch sich auch längere Putzzeiten ergeben können. Als Anhaltspunkt wurden alle Zahnflächen erläutert und an Hand eines Modells verdeutlicht. Diese sollten bei der Durchführung der Mundhygiene beachtet und gereinigt werden.

Heasman et al. (1998) legten in ihrer Untersuchung eine Putzdauer von zwei Minuten für die Anwendung der manuellen Zahnbürste und drei Minuten für die Probanden mit elektrischer Zahnbürste fest. Clerehugh et al. (1998); Hickman et al. (2002); Costa et al. (2010) wendeten in ihren Studien in allen teilnehmenden Gruppen eine Reinigungsdauer von zwei Minuten an.

In der vorliegenden Studie wurde den Probanden der Ultraschallzahnbürste die genaue Anwendung erläutert und das Durchführen der Mundhygiene ohne Bewegungen, wie vom Hersteller empfohlen, betont. Die Probanden der Kontrollgruppe wurden im Vorfeld zu ihrer Vorgehensweise bei der Durchführung der Mundhygiene befragt. Auch die praktische Ausführung wurde zunächst beurteilt, eventuelle Schwachstellen wurden definiert und Verbesserungsvorschläge gemacht. Die angewendeten und individuellen Techniken wurden, sofern keine erheblichen Fehler festzustellen waren, nicht verändert.

Ein Großteil der Patienten war durch individuelle Prophylaxemaßnahmen bei der Durchführung der Mundhygiene mit der KAI Systematik (Kau-, Außen- und Innenflächen) vertraut, diese wendeten sie auch im Rahmen der Studie an. Betont wurde bei allen Probanden, an alle Zahnflächen (KAI) zu denken und diese bei der Durchführung der Mundhygiene zu berücksichtigen. Allen Probanden wurde mitgeteilt im Rahmen der Studie keine Mundspüllösungen anzuwenden. Zu der Anwendung von Interdentalraumbürsten und Zahnseide wurde bei der häuslichen Mundhygiene geraten. Die Durchführung der Mundhygiene

unter Supervision an den Untersuchungsterminen fand ohne Anwendung von Interdentalraumbürsten statt.

Die Probanden dieser Studie hatten keine Eingewöhnungsphase an die jeweiligen Zahnbürsten, diese wurden ihnen am ersten regulären Studientag zugeteilt, um auf diesem Weg realitätsnähere Gegebenheiten zu schaffen. Allerdings erfolgte bei allen Probanden die Durchführung der Mundhygiene an den Untersuchungstagen unter Supervision. Das wiederum ist gerade bei Probanden in dieser Altersstufe sinnvoll und im Rahmen einer Studie dient es einer weitestgehenden Vergleichbarkeit, auch wenn die Durchführung der Mundhygiene erheblich vom manuellen Geschick und der individuellen Putztechnik abhängig ist.

5.2. Test-Zahnbürsten, -Zahnputztabletten und -Zahncremekonzentrat

Als Folgestudie von Denda (2011); May (2013) wurden in der vorliegenden Studie den Probanden die gleichen Ultraschallzahnbürsten, das gleiche Ultraschallzahncremekonzentrat sowie die gleichen Zahnputztabletten zugeteilt. In beiden vorausgehenden Studien wurden der Rückgang der Plaque, sowie die Reduzierung der Gingivitis durch die Anwendung der Ultraschallzahnbürste gezeigt. Eine weitere Studie an Probanden ohne festsitzende kieferorthopädische Apparaturen von Terezhalmay et al. (1995), in der über einen Zeitraum von sechs Monaten 54 Probanden im Paralleldesign eine Ultraschallzahnbürste sowie Handzahnbürste testeten, zeigte eine effektive Plaquereduzierung und den Rückgang der Gingivitis.

Forgas-Brockmann et al. (1998) untersuchten den Effekt einer Ultraschallzahnbürste und Handzahnbürste im Paralleldesign an 62 Probanden ohne fest-sitzende kieferorthopädische Apparatur. Sie stellten hinsichtlich Plaqueredu-zierung und Rückgang der Gingivitis keine Unterschiede zwischen beiden Zahn-bürstentypen fest. 21 Probanden mit festsitzenden kieferorthopädischen Appa-raturen testeten in einer Studie von Costa et al. (2010) im Cross-Over Design über einen Zeitraum von 30 Tagen die Wirksamkeit einer Handzahnbürste, elektrischen Zahnbürste und Ultraschallzahnbürste. Dabei stellten Costa et al. (2010) keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Zahnbürsten in Bezug auf ihre Wirkung auf die Gingiva fest.

Die Wirksamkeit der Zahnputztabletten Denttabs ist von Böshagen et al. (2005) untersucht und nachgewiesen worden. Die Ultraschallzahncreme Emmi-dent ist vom Hersteller für die Anwendung der Ultraschallzahnbürste Emmi-dental Professional vorgeschrieben.

In der vorliegenden Studie ist keine Vergleichsgruppe mit der Anwendung einer Handzahnbürste und konventioneller Zahnpasta definiert worden. Das entspricht der Empfehlung der American Dental Association, die angibt, dass ein Vergleich mit der Baseline ausreichende Ergebnisse liefert, sofern eine 15 prozentige Signifikanz nachgewiesen wird (ADA 2012).

5.3. Gingiva-Index

Zur Beurteilung des gingivalen Zustandes stehen einige Indizes zur Auswahl (Attin et al. 2009). Mit dem BOP (Bleeding on probing) wird mit einer Ja-/Nein-Entscheidung eine Blutung auf Sondierung erfasst, dabei wird der Grad einer eventuell vorliegenden Entzündung nicht erfasst. Der modifizierte

Sulkusblutungs-Index (SBI) ist ebenso eine Ja-/Nein-Entscheidung und beurteilt das Auftreten einer Blutung auf Sondierung (Attin et al. 2009). Mit dem SBI nach Mühlemann und Son ist durch einen sechsgradigen Index eine Beurteilung eventueller entzündlicher Veränderungen der Gingiva möglich (Attin et al. 2009). Dieser wurde in den Untersuchungen von Diedrich et al. (1982); Scharnowski (2004) zur Beurteilung des Zustandes der Gingiva verwendet. Der fünfgradige Papillen-Blutungs-Index (PBI) nach Saxer und Mühlemann erlaubt die Beurteilung der Quantität einer auftretenden Blutung (Attin et al. 2009). Der Parodontale Screening-Index dient der Diagnose parodontaler Erkrankungen und somit der Beurteilung der Behandlungsnotwendigkeit. Er wird in fünf Graden gemessen (Weber 1999; Attin et al. 2009). Hickman et al. (2002) wendeten in ihren Untersuchungen den PSI zur Beurteilung des gingivalen und parodontalen Zustands an.

In der vorliegenden Studie ist die Beurteilung des Zustandes der Gingiva anhand des Gingiva-Index nach Silness und Loe (1964) bewertet worden. Es handelt sich um einen viergradigen Index, der sich zur differenzierten Diagnose einer normalen Gingiva bis hin zu einer stark entzündeten Gingiva eignet (Weber 1999). In dieser Studie sind an jedem Zahn sechs Messpunkte zur Diagnose bewertet worden. Clerehugh et al. (1998); Costa et al. (2010) beurteilten die Veränderungen der Gingiva in ihren Untersuchungen ebenfalls mit Hilfe des Gingiva-Index nach Silness und Loe (1964). Die American Dental Association schlägt in ihren Richtlinien zu vergleichenden Mundhygienestudien den Gingiva-Index nach Silness und Loe (1964) vor. Es wird eine Messung an allen vorhandenen Zähnen empfohlen (ADA 2012).

5.4. Plaque-Index

Für planimetrische Auswertungen der Plaque stehen ebenfalls einige Indizes zur Auswahl. In der Regel erfolgt im Vorfeld der Beurteilung ein Anfärben der Plaque mit Revelatoren. Der Approximalraum-Plaque-Index (API) bewertet das Vorhandensein der approximalen Plaque mit einer Ja-/Nein-Entscheidung und lässt keine Rückschlüsse über die Ausdehnung der Plaque zu (Weber 1999). Mit dem Plaque-Index nach Quigley und Hein, modifiziert nach Turesky wird in sechs Graden die Ausdehnung der Plaque beurteilt (Weber 1999). Der Plaque-Index nach Silness und Løe (1964) wird im nicht eingefärbten Zustand erhoben. Durch ihn ist die Beurteilung der Plaquedicke und -ausdehnung in vier Graden möglich (Weber 1999). Diedrich et al. (1982); Clerehugh et al. (1998); Costa et al. (2010) beurteilten an Hand des Plaque-Index nach Silness und Løe (1964) das Vorhandensein der Plaque.

Der Navy-Plaque-Index modifiziert nach Lang et al. (2011) diente in der vorliegenden Studie der Beurteilung der Plaqueausdehnung. In drei Graden wird die Plaque auf dem in neun Feldern eingeteilten Zahn bewertet. Dadurch ist eine detaillierte Befundung der approximalen und gingivalen Bereiche, die unter anderem für die Fragestellung der vorliegenden Studie von Bedeutung sind, möglich (Lang et al. 2011). Die Planimetrie stellt eine aufwendige Art der Plaquebewertung dar. Sie erlaubt eine blinde Auswertung und gilt als hochsensibel. Die Indexzähne 15, 24, 12, 21, 35, 32, 41, 44 wurden zur Beurteilung ausgewertet. Aus vorhergehenden Plaque-Planimetrie-Studien zur Effektivität der Ultraschallzahnbürste ging eine weitgehende Übereinstimmung der Planimetriewerte an den Glattflächen der Zähne von A bis I hervor. Deshalb wurde entschieden, zahngruppentypische Index-Zähne, wie in der Plaquebewertung

üblich, festzulegen. Zur Beurteilung des Plaque-Index wurden die Felder A, B, C, D, F, I ausgewertet.

5.5. Ergebnisse

5.5.1. Gingiva-Index

Der Mittelwert des totalen Gingiva-Index ist für die Ultraschallzahnbürste um 0,15 signifikant höher. Allerdings weist die Probandengruppe der Ultraschallzahnbürste bereits zum Zeitpunkt der Baseline einen um 0,29 höheren Median des Gingiva-Index auf. Aufgrund der dreitägigen Mundhygienekarenz ist zum Zeitpunkt Start of study kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten des Gingiva-Index der Ultraschallzahnbürste mit einem Median von 1,59 und denen der Handzahnbürste mit einem Median von 1,57 festzustellen.

Die Reduktion des Gingiva-Indexwertes für beide untersuchten Zahnbürsten weist über den zeitlichen Verlauf der Studie eine hohe Signifikanz auf, wobei zwischen den beiden untersuchten Zahnbürsten kein signifikanter Unterschied zu verzeichnen ist. Der Median zum Zeitpunkt End of study liegt für die Ultraschallzahnbürste bei 0,26 und für die Handzahnbürste bei 0,22. Der Median der Anzahl der Zähne mit Gingivitis nimmt analog vom Zeitpunkt Start of study zu End of study ab (Ultraschallzahnbürste von 14 auf 4 Zähne und Handzahnbürste von 13,5 auf 3 Zähne).

In beiden untersuchten Probandengruppen tritt ein signifikant geringerer Mittelwert des Gingiva-Index im Unterkiefer auf. Bei der Betrachtung der einzelnen Zahnbürsten ist dieses signifikante Ergebnis nur für die Ultraschallzahnbürste zu verzeichnen. Bei der Analyse der Messzeitpunkte lässt sich fest-

stellen, dass ein signifikanter Unterschied nur zum Zeitpunkt der Baseline für die jeweiligen untersuchten Zahnbürsten besteht. Daraus ist zu schließen, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Reduktion des Gingiva-Indexwertes für Ober- und Unterkiefer gibt, unabhängig davon, welche der beiden Zahnbürsten angewendet wird.

5.5.2. Plaque-Index

Probanden in der Kontrollgruppe erzielten unter Supervision eine in der mittleren Differenz um 0,77 signifikant bessere Plaquereduktion zum Zeitpunkt Start of study. Ein möglicher Grund hierfür kann die routiniertere Anwendung einer Handzahnbürste sein. Verstärkt wird diese Annahme dadurch, dass zum Zeitpunkt End of study unter Supervision der Mittelwert der Differenz der Plaquereduktion auf 0,12 gesunken ist und zwischen den beiden Untersuchungsgruppen kein signifikanter Unterschied herrscht. Zusätzlich hat sich die Differenz der Mittelwerte der Reduktion der Plaque-Indexwerte unter Supervision zwischen den Zeitpunkten Start of study und End of study bei der Handzahnbürste gegenüber der Ultraschallzahnbürste signifikant um 0,72 verschlechtert. Ein möglicher Grund kann hierbei das Nachlassen der Motivation innerhalb der Probandengruppe mit Handzahnbürste sein.

Für den Plaque-Index vestibulär fällt das Ergebnis analog aus, zum Zeitpunkt Start of study beträgt die Reduktion des Plaque-Indexwerts 1,37. Die Differenz der Mittelwerte der Plaque-Indexwerte vestibulär ist zwischen den Zeitpunkten Start of study und End of study mit dem Wert 1,16 noch höher als für den Plaque-Index total. Das kann darauf zurückzuführen sein, dass die Handzahnbürste einer stärkeren Abnutzung unterliegt, das wirkt sich insbesondere auf die vestibulären Zahnflächen, die mit einer Multibracketapparatur

versehen sind, aus.

Zum Zeitpunkt der Baseline fallen die Mittelwerte der Differenzen zwischen den vestibulären und palatinalen/ lingualen Zahnflächen für beide untersuchten Zahnbürsten vestibulär signifikant höher aus. Das zeigt, dass es durch die Multibracketapparatur zur einer höheren Plaqueansiedlung auf den vestibulären Zahnflächen kommt. Dieses Ergebnis gibt die erwähnten Nebenwirkungen einer Multibracketapparatur wieder. Ein ähnliches Ergebnis ist auch bei der Analyse der Plaquereduktion in Bezug auf die Lokalisation der Zähne, aufgeteilt in Front- und Seitenzähne, zu erkennen. Hier ergibt sich des Weiteren, dass die Plaquereduktion sowohl in der gesamten Studiengruppe, als auch in beiden einzelnen Gruppen für die Frontzähne höher ausfällt, was auf die bessere Zugänglichkeit der Frontzähne zurückzuführen sein könnte.

Sowohl der Plaque-Indexwert marginal als auch approximal ist in der Probandengruppe der Handzahnbürste signifikant gegenüber der Ultraschallzahnbürste reduziert. Allerdings ist eine signifikante Reduzierung des Putzergebnisses der Handzahnbürste im zeitlichen Verlauf der Studie für die marginalen Zahnflächen zu verzeichnen. Dies kann ebenfalls am Nachlassen der Motivation und/ oder am stärkeren Nachlassen der Reinigungswirkung der Handzahnbürste liegen.

Der Plaque-Indexwert zeigt im zeitlichen Verlauf in der gesamten Untersuchungsgruppe eine hoch signifikante Reduktion. In den jeweiligen Untersuchungsterminen Start of study und End of study zeigt sich das gleiche Ergebnis. Durch die Durchführung der Mundhygiene erreicht die gesamte Untersuchungsgruppe eine hoch signifikante Plaquereduktion.

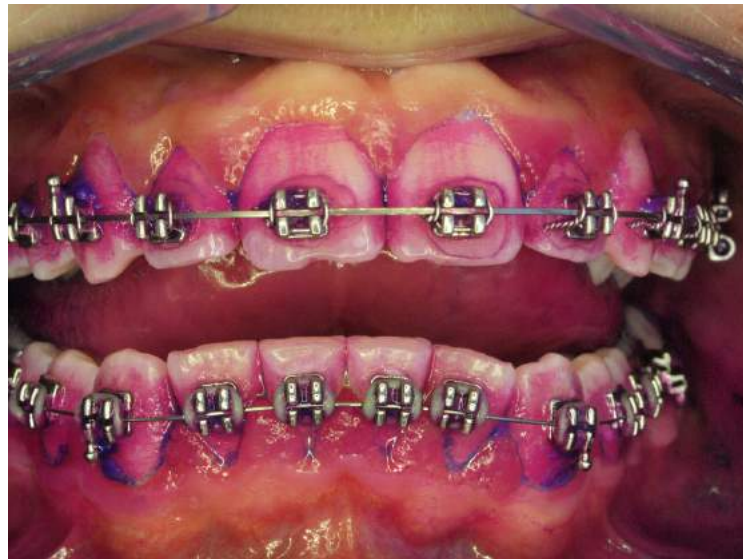


Abbildung 5.1.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Frontzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study vor dem supervidierten Zähneputzen mit der Ultraschallzahnbürste, Proband 3



Abbildung 5.2.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Frontzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study nach dem supervidierten Zähneputzen mit der Ultraschallzahnbürste, Proband 3



Abbildung 5.3.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Seitenzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study vor dem supervidierten Zähneputzen mit der Ultraschallzahnbürste, Proband 3



Abbildung 5.4.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Seitenzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study nach dem supervidierten Zähneputzen mit der Ultraschallzahnbürste, Proband 3



Abbildung 5.5.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Frontzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study vor dem supervidierten Zähneputzen mit der Handzahnbürste, Proband 36

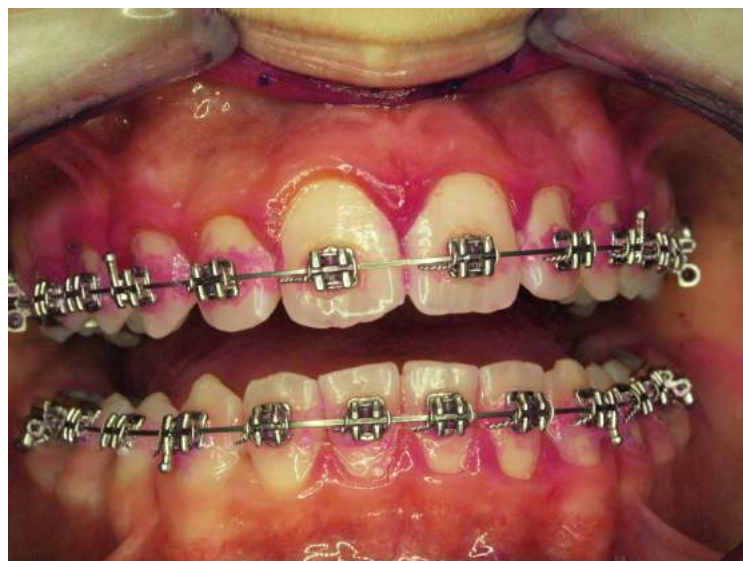


Abbildung 5.6.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Frontzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study nach dem supervidierten Zähneputzen mit der Handzahnbürste, Proband 36



Abbildung 5.7.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Seitenzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study vor dem supervidierten Zähneputzen mit der Handzahnbürste, Proband 36



Abbildung 5.8.: Mit Plaquerevelator eingefärbte Seitenzähne des Ober- und Unterkiefers zum Zeitpunkt Start of study nach dem supervidierten Zähneputzen mit der Handzahnbürste, Proband 36

5.6. Kovarianz von Plaque- und Gingiva-Index

Obwohl pathobiologisch kein strikter Zusammenhang zwischen Plaqueakkumulation und Gingivitisauslösung herrscht, konnte für die Handzahnbürste eine Korrelation von Plaque- und Gingivaindex verzeichnet werden. Die zu Beginn hohen Gingiva-Indexwerte gingen einher mit hohen Plaque-Indexwerten, die im Verlauf der Studie korreliert abnahmen. Ein kausaler Zusammenhang kann jedoch dadurch epidemiologisch nicht postuliert werden.

5.7. Zusammenfassung der Ergebnisse

In dieser Studie wird gezeigt, dass die Anwendung der Ultraschallzahnbürste eine Reduktion der Plaque und einen Rückgang der Gingivitis erzielt. Eine absolute Plaque- und Gingivitisfreiheit werden jedoch in beiden Untersuchungsgruppen nicht erreicht. Es ist nach heutigem Forschungsstand wichtig, die orale Mikrobiologie bei der Betrachtung von Veränderungen des parodontalen Zustands zu berücksichtigen. Das physiologische orale Mikrobiom stellt ein Gleichgewicht zwischen der wirtseigenen Immunantwort und destruktiven Prozessen dar. Gängler et al. (2009) beschreiben parodontale Erkrankungen weniger als einen kontinuierlichen Prozess, sondern mehr als eine Anhäufung chronischer pathologischer Zustände. Sie vergleichen parodontale Erkrankungen mit einer Lawine, die multifaktoriell beeinflusst ins Rutschen kommt.

Daher sollte eine Gingivitis nicht ausschließlich mit einer mangelhaften Mundhygiene begründet werden, mögliche andere Ursachen wie z. B. hormonelle Veränderungen, gerade bei jugendlichen Patienten, wie sie an dieser Studie teilgenommen haben, dürfen nicht unerwähnt bleiben. Auch Gingivahyperpla-

sien, die durch Bänder und Brackets einer Multibracketapparatur entstehen können, sind nicht in erster Linie mit einer mangelhaften Mundhygiene assoziiert. Dennoch sind prophylaktische Maßnahmen, unter anderem die adäquate Durchführung der Mundhygiene, wichtig und helfen das physiologische Gleichgewicht der oralen Mikrobiologie einzuhalten.

5.8. Zukünftige Studien

Die vorliegende Studie hat den Effekt der Ultraschallzahnbürste auf eine manifeste Gingivitis bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen untersucht, dabei wurden die Art der Multibracketapparatur und die gewählte Therapiemethode nicht weiter definiert. Immer mehr Anwendung finden selbstligierende Brackets, es kommt durch fehlende Alastics und Ligaturen zu weniger Retentionsnischen für die Plaqueanheftung und dadurch wird die Durchführung der Mundhygiene erleichtert (Shivapuja und Berger 1994). Eine weitere Studie, die den Effekt der Ultraschallzahnbürste Emmi-dental Professional vergleichend bei konventionellen und selbstligierenden Brackets in der Plaquereduzierung untersucht, ist denkbar.

Im Zuge der Prophylaxe von White Spot Lesions werden immer häufiger Brackets zirkulär versiegelt (Sander et al. 2011; Coordes 2013). Eine mögliche Vergleichsstudie könnte sich mit der Untersuchung befassen, in wie weit es bei der Anwendung der Ultraschallzahnbürste Emmi-dental Professional zu einer Abrasion dieser Versiegler kommt und ob die non-abrasive Methode der Durchführung der Mundhygiene mit der Ultraschallzahnbürste hierbei Vorteile im Erhalt des Versieglers bringt.

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Effekt der Ultraschallzahnbürste Emmidental Professional auf eine manifeste Gingivitis bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen über einen Studienzeitraum von 12 Wochen untersucht. Dabei wurde die Untersuchung im Parallel-Design durchgeführt. In der Kontrollgruppe putzten die Probanden ihre Zähne mit der Denttabs Handzahnbürste. Randomisiert wurden 80 Probanden eine der jeweils untersuchten Zahnbürsten zugeteilt.

Zur Bewertung des Gesundheitszustands der Gingiva diente der Gingiva-Index nach Silness und Løe (1964), der an sechs Messstellen aller vorhandenen bleibenden Zähne erhoben wurde. An den vier Terminen Baseline, Start of study, nach zwei Wochen und End of study wurde der Gingiva-Index aufgenommen.

Die Beurteilung der Plaqueausdehnung erfolgte mittels des modifizierten Navy Plaque-Index nach Lang et al. (2011) an den Indexzähnen 15, 24, 12, 21, 35, 32, 41, 44. Intraorale Aufnahmen erfolgten zum Zeitpunkt der Baseline, Start of study sowie End of study. An den Terminen Start wie auch End of study wurden intraorale Aufnahmen jeweils vom Prebrushing und Postbrushing Zeitpunkt gemacht.

Ein signifikanter Rückgang der Gingivitis ist in beiden untersuchten Gruppen zu verzeichnen. Dabei zeigen sich zwischen den beiden Zahnbürsten keine

signifikanten Unterschiede. Analog wird in beiden Untersuchungsgruppen die Anzahl der Zähne mit Gingivitis signifikant reduziert.

Es wird ebenfalls eine signifikante Abnahme des Plaque-Indexwertes verzeichnet. Die Anwendung beider untersuchten Zahnbürsten führen gleichermaßen zu einer Reduzierung der Plaque. In den jeweiligen Untersuchungsterminen Start of study und End of study zeigt sich das gleiche Ergebnis im jeweiligen Vergleich von Prebrushing und Postbrushing, durch die Durchführung der Mundhygiene erreicht die gesamte Untersuchungsgruppe eine hoch signifikante Plaquereduktion. Die Plaquereduktion ist zum Zeitpunkt Start of study in der Probandengruppe der Handzahnbürste signifikant höher, zum Ende der Studie lässt dieser Unterschied nach. Das lässt eine stärkere Abnutzung der Handzahnbürste durch die festsitzende kieferorthopädische Apparatur vermuten.

Durch einen weichen Zahnbürstenkopf und einen niedrigen RDA-Wert der Denttabs-Zahnputztabletten wird eine nahezu non-abrasive Durchführung der Mundhygiene ermöglicht. Zudem kommt es durch eine hohe Fluorid-Bioverfügbarkeit zu einer vorteilhaften prophylaktischen Wirkung.

Hart- und Weichgewebsschäden können durch die abrasionsfreie Anwendung der Ultraschallzahnbürste ausgeschlossen werden.

Diese Studie zeigt als nachfolgende Untersuchung der Studien Denda (2011); May (2013) ebenfalls, dass die Anwendung der Ultraschallzahnbürste Emmidental Professional im Vergleich zu einer Handzahnbürste gleichermaßen zur Plaquereduktion und zum Rückgang einer Gingivitis beiträgt.

7. Summary

The present research paper examined the effect of ultrasonic toothbrushing with the Emmi- dental Professional on manifested gingivitis of patients wearing fixed orthodontic appliances during a study period of 12 weeks. The parallel-design study examined a total of 80 randomized participants. The control group was provided with the Denttabs manual toothbrush.

The gingiva index by Silness und Løe (1964) was used to assess the health condition of the gingiva. Six measure points of all permanent teeth have been evaluated under the index at all four dates of the study, i.e. baseline, start of study, after two weeks, end of study.

For evaluating the plaque increase the modified navy plaque-index by Lang et al. (2011) was performed on the index teeth 15, 24, 12, 21, 35, 32, 41, 44. Intraoral photography was documented at the measurement time of baseline, start of study and end of study. Intraoral photographs of each pre- and post brushing were documented at the time of start and end of study.

A significant reduction of gingivitis was documented for both the test and control group. However, there was no remarkable difference between the two toothbrushes. Gingivitis was significantly decreased in both groups. Furthermore, there is a significant reduction in the plaque-indexvalue. Both toothbrushes equally lead to a decrease of plaque. The same results were documented for both pre and post brushing at the time of the start and end of study. All

participants could heavily reduce plaque with the assigned mouth hygiene.

In comparison to the test group the plaque reduction of the control group is significantly higher at the time of the start of the study but equalizes during the duration of the study. This could be explained with a heavy wear off of the manual brush due to the fixed orthodontic appliances.

The soft toothbrush head and the low RDA-value of the Denttabs teeth cleaning tablets allow for a non-abrasive oral hygiene. High fluoride biological availability leads to a beneficial prophylactic effect.

The risk of hard and soft tissue traumata can be minimized by the non-abrasive operation principle of the ultrasonic toothbrush.

Concluding, the results of this study as a following study of Denda (2011) and May (2013) present that the Emmi-dental Professional ultrasonic toothbrush is equally effective in plaque reduction and decreasing gingivitis as a manual brush.

8. Literaturverzeichnis

Zur besseren Nachvollziehbarkeit sind in Klammern die jeweiligen Seitenzahlen angegeben, auf denen die Literatur in der vorliegenden Arbeit aufgeführt wurde.

- [1] ADA. *Acceptance Program Requirements - Toothbrushes - American Dental Association*. 2012 (siehe S. 94, 98, 102–103).
- [2] S. A. Alexander. Effects of orthodontic attachments on the gingival health of permanent second molars. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 100, 337-340*. 1991 (siehe S. 10).
- [3] T. Attin, J. Klimek und E. Hellwig. *Einführung in die Zahnerhaltung: Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie*. Urban & Fischer, München, 2009 (siehe S. 5, 13, 102–103).
- [4] P. Axelsson und J. Lindhe. Effect of controlled oral hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. Results after 6 years. *Journal of Clinical Periodontology, Volume 8, 239-248*. 1981 (siehe S. 13).
- [5] R. Berg. Kieferorthopädische Behandlung - ja oder nein? Eine gelegentlich schwierige Entscheidung. *Journal of Orofacial Orthopedics, Volume 62, 410*. 2001 (siehe S. 7).
- [6] A. Bühl. *SPSS 23 - Einführung in die moderne Datenanalyse*. Hallbergmoos Pearson, 2016 (siehe S. 34, 37).

- [7] S. E. Bishara und A. W. Ostby. White Spot Lesions: Formation, Prevention, and Treatment. *Seminars in Orthodontics, Volume 14, 174-182*. 2008 (siehe S. 12).
- [8] N. C. Bock, J. von Bremen, M. Kraft und S. Ruf. Plaque control effectiveness and handling of interdental brushes during multibracket treatment - A randomized clinical trial. *The European Journal of Orthodontics, Volume 32, 408-413*. 2009 (siehe S. 18).
- [9] J. Bortz und N. Döring. *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer, Berlin, 2015 (siehe S. 129).
- [10] J. Bortz und G. A. Lienert. *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung*. Springer, 2008 (siehe S. 36).
- [11] J. Bortz und C. Schuster. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer, 2010 (siehe S. 36).
- [12] J. Bortz, G. A. Lienert und K. Boehnke. *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. Springer, 2010 (siehe S. 36).
- [13] R. L. Boyd, P. Murray und P. B. Robertson. Effect of rotary electric toothbrush versus manual toothbrush on periodontal status during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 96, 342-347*. 1989 (siehe S. 16, 93, 98).
- [14] C. Böshagen, H. Eifler und P. Gängler. Klinische Bewertung der Mundhygieneeffektivität einer Zahnputztablette. *Zahnarzt und Praxis, Ausgabe 8, 420-424*. 2005 (siehe S. 17, 102).

- [15] J. R. Clark. Oral hygiene in the orthodontic practice: Motivation, responsibilities, and concepts. *American Journal of Orthodontics, Volume 69, 72-82*. 1976 (siehe S. 13).
- [16] N. Claydon und M. Addy. Comparative single-use plaque removal by toothbrushes of different designs. *Journal of Clinical Periodontology, Volume 23, 1112-1116*. 1996 (siehe S. 27).
- [17] N. Claydon und M. Addy. The use of planimetry to record and score the modified Navy index and other area-based plaque indices. A comparative toothbrush study. *Journal of Clinical Periodontology, Volume 22, 670-673*. 1995 (siehe S. 25, 27, 99).
- [18] V. Clerehugh, P. Williams, W. C. Shaw, H. V. Worthington und P. Warren. A practice-based randomised controlled trial of the efficacy of an electric and a manual toothbrush on gingival health in patients with fixed orthodontic appliances. *Journal of Dentistry, Volume 26, 633-639*. 1998 (siehe S. 16, 93–95, 98, 100, 103–104).
- [19] J. Cohen. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1988 (siehe S. 130).
- [20] S. L. Coordes. Vergleich verschiedener Präparate zur Prävention von Demineralisationen im Bracketumfeld. Diss. Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2013 (siehe S. 113).
- [21] M. R. Costa, V. C. da Silva, M. N. Miqui, A. P. V. Colombo und J. A. Cirelli. Effects of ultrasonic, electric, and manual toothbrushes on subgingival plaque composition in orthodontically banded molars. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 137, 229-235*. 2010 (siehe S. 17, 19, 94, 98, 100, 102–104).

- [22] DENTTTABS. *DENTTTABS - FAQ*. Aufgerufen am 29.04.2016. 2016. URL: <http://www.dentttabs.de/wissenswert-faq> (siehe S. 33).
- [23] DENTTTABS. *Ultraglatte, glänzende und weißere Zähne*. Aufgerufen am 31.07.2016. 2016. URL: <http://www.dentttabs.de/7-gute-gruende/glatt-glaenzend> (siehe S. 33).
- [24] T. M. Davies, W. C. Shaw, H. V. Worthington, M. Addy und P. Dummer. The effect of orthodontic treatment on plaque and gingivitis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 99, 155-161*. 1991 (siehe S. 96–98).
- [25] S. C. Denda. Plaque- und Gingivitiskontrolle - Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste. Diss. Universität Witten / Herdecke, 2011 (siehe S. 2, 101, 115, 130).
- [26] S. Denda, T. Lang und P. Gängler. *Plaque Reduction and Inflammation Control with a Ultrasonic Toothbrush*. Techn. Ber. EMAG, 2011 (siehe S. 28).
- [27] A. Diamanti-Kipiotti, F. A. Gusberti und N. P. Lang. Clinical and microbiological effects of fixed orthodontic appliances. *Journal of clinical Periodontology, Volume 14, 326-333*. 1987 (siehe S. 98).
- [28] P. Diedrich. Klinische Bruchhäufigkeit, Plaquebildung und Schmelzläsionen bei der Bracket-Adhäsivtechnik. *Fortschritte der Kieferorthopädie, Volume 42, 195-208*. 1981 (siehe S. 93).
- [29] P. Diedrich, U. Herrmann und M. Seeland. Die Effizienz verschiedener Hilfsmittel zur Zahnpflege in der Hand des Kindes. *Fortschritte der Kieferorthopädie, Volume 43, 196-206*. 1982 (siehe S. 15, 103–104).

- [30] P. Diedrich, D. Heidemann, H.-H. Horch und B. Koeck. *Kieferorthopädie II - Therapie*. Urban & Fischer, 2000 (siehe S. 10–11).
- [31] EMAG. *Emmi-Dental Professional / Emmi-Dent 6 Professional - Bedienungsanleitung*. EMAG AG. 2013 (siehe S. 29–31).
- [32] J. R. Elliot, G. M. Bowers, B. A. Clemmer und G. H. Rovelstad. Evaluation of an oral physiotherapy center in the reduction of bacterial plaque and periodontal disease. *Journal of Periodontology, Volume 43, 221-224*. 1972 (siehe S. 26).
- [33] EmmiUltrasonic. *Inhaltsstoffe Emmi-dent - Produkte*. Aufgerufen am 29.04.2016. 2014. URL: <http://www.emmi-dent.de/inhaltsstoffe.html> (siehe S. 32).
- [34] E. Erdfelder, F. Faul und A. Buchner. Gpower: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, Volume 28, 1-11*. 1996 (siehe S. 129).
- [35] F. Faul und E. Erdfelder. *Gpower 2.0. A priori, post-hoc, and compromise power Analysis for MS-DOS*. Techn. Ber. Fakultät Psychologie an der Universität Bonn, 1992 (siehe S. 129).
- [36] L. B. Forgas-Brockmann, C. Carter-Hanson und W. J. Killoy. The effects of an ultrasonic toothbrush on plaque accumulation and gingival inflammation. *Journal of Clinical Periodontology, Volume 25, 375-379*. 1998 (siehe S. 102).
- [37] A. M. Geiger, L. Gorelick, A. J. Gwinnet und P. G. Griswold. The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 93, 29-37*. 1988 (siehe S. 13).

- [38] P. Gängler. *Denttabs - Zahnputz-Tabletten mit sicherer Anti-Karies-Wirkung und gesteuerter Remineralisation*. Aufgerufen am 31.07.2016. 2014. URL: <http://www.denttabs.de/images/downloads/gaengler.pdf> (siehe S. 33).
- [39] P. Gängler, T. Hoffmann, B. Willershausen, N. Schwenzer und M. Ehrenfeld. *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Bd. 3. Thieme, Stuttgart, 2010 (siehe S. 6, 26, 99).
- [40] P. Gängler, L. Markovic, D. Norden und R. A. Jordan. New insights in understanding dental caries and periodontal disease: the avalanche model. *Health, Volume 1, 263-268*. 2009 (siehe S. 112).
- [41] L. Gorelick, A. M. Geiger und A. John. Gwinnet. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *American Journal of Orthodontics, Volume 81, 93-98*. 1982 (siehe S. 12).
- [42] J. Gorton und J. D. B. Featherstone. In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 123, 10-14*. 2003 (siehe S. 12).
- [43] HagerWerken. *EG - Sicherheitsdatenblatt - Mira 2 Tone*. Aufgerufen am 28.04.2016. 2000. URL: <http://www.netdental.de/WebRoot/Store/Shops/NetDental/PIMFiles/sdb/11405-006-s.pdf> (siehe S. 24).
- [44] M. Hanning und C. Hanning. Der initiale orale Biofilm - pathogen oder protektiv? *Oralprohylaxe & Kinderzahnheilkunde 29, 73-82*. 2007 (siehe S. 5).
- [45] P. Heasman, Z. Wilson, I. Macgregor und P. Kelly. Comparative study of electric and manual toothbrushes in patients with fixed orthodontic app-

- liances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 114, 45-49*. 1998 (siehe S. 14, 95, 98, 100).
- [46] S. D. Heintze, P. Jost-Brinkmann und J. Loundos. Effectiveness of three different types of electric toothbrushes compared with a manual technique in orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 110, 630-638*. 1996 (siehe S. 13, 16, 98).
- [47] J. Hickman, D. T. Millett, L. Sander, E. Brown und J. Love. Powered vs manual tooth brushing in fixed appliance patients: a short term randomized clinical trial. *The Angle Orthodontist, Volume 72, 135-140*. 2002 (siehe S. 14, 93, 98, 100, 103).
- [48] M. C. Huser, P. C. Baehni und R. Lang. Effects of orthodontic bands on microbiologic and clinical parameters. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 97, 213-218*. 1990 (siehe S. 98).
- [49] IDZ. *Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV)*. Hrsg. von Institut der Deutschen Zahnärzte. 2006 (siehe S. 2).
- [50] B. Kahl-Nieke. *Einführung in die Kieferorthopädie*. Urban & Fischer, München, 2001 (siehe S. 2, 7, 9).
- [51] S. Kneist, S. Zingler und C. Lux. Therapiebegleitende Maßnahmen zur Kontrolle des Karies- und Demineralisationsrisikos bei kieferorthopädischer Behandlung. *ZWR - Das deutsche Zahnärzteblatt, 117. Jahrgang, Nr. 5, 218-226*. 2008 (siehe S. 2, 10, 12).
- [52] C. Kossack und P. Jost-Brinkmann. Plaque and Gingivitis Reduction in Patients Undergoing Orthodontic Treatment with Fixed Appliances – Comparison of Toothbrushes and Interdental Cleaning Aids - A 6-Month

- Clinical Single-Blind Trial. *Journal of Orofacial Orthopedics, Volume 66, 20-38*. 2004 (siehe S. 18).
- [53] T. Lang, M. J. Bretz, B. Jennes und P. Gängler. Planimetric plaque assessment of in-between oral hygiene products. *Journal of Dental Research, Volume 90*. 2011 (siehe S. 22, 25, 27, 104, 114, 116).
- [54] B. Ludwig, B. Glasl, F. Bock, J. Bock, H. Goldbecher, T. Lietz und J. A. Lisson. *Selbstligierende Brackets - Konzepte und Behandlung*. Thieme, 2009 (siehe S. 13).
- [55] A. J. May. Plaque- und Gingivitis-Kontrolle während der paradontalen Erhaltungstherapie - Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste. Diss. Universität Witten / Herdecke, 2013 (siehe S. 2, 21, 25, 98, 101, 115).
- [56] Miradent. *Produktinformation - Prophylaxis - 11. Ausgabe*. Aufgerufen am 28.04.2016. 2016. URL: http://www.hagerwerken.de/_uploads/media/23857_md-PInfo-D-A5-0516-72.pdf (siehe S. 24).
- [57] E. Mizrahi. Enamel demineralization following orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics, Volume 82, 62-67*. 1982 (siehe S. 12).
- [58] M. M. O'Reilly und J. D. B. Featherstone. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an in vivo study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 92, 33-40*. 1987 (siehe S. 12).
- [59] B. Ogaard, G. Rolla und J. Arends. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 94, 68-73*. 1988 (siehe S. 12).

- [60] K. H. Rateitschak, F. Herzog-Specht und R. Holz. Reaktion und Regeneration des Parodonts auf Behandlung mit festsitzenden Apparaten und abnehmbaren Platten. *Fortschritte der Kieferorthopädie, Volume 29, 415-435*. 1968 (siehe S. 11).
- [61] A. E. Richter, A. O. Arruda, M. C. Peters und W. Sohn. Incidence of caries lesions among patients treated with comprehensive orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 139, 657-664*. 2011 (siehe S. 12).
- [62] J-F. Roulet und S. Zimmer. *Prophylaxe und Präventivzahnmedizin*. Thieme, Stuttgart, 2002 (siehe S. 24).
- [63] K. N. Rustogi, J. P. Curtis, A. R. Volpe, J. H. Kemp, J. J. McCool und L. R. Korn. Refinement of the Modified Navy Plaque Index to increase plaque scoring efficiency in gumline and interproximal tooth areas. *The Journal of Clinical Dentistry, Volume 3, 9-12*. 1992 (siehe S. 27).
- [64] F. G. Sander, N. Schwenzer und M. Ehrenfeld. *Kieferorthopädie*. Thieme, Stuttgart, 2011 (siehe S. 2, 7, 9, 13–14, 17, 113).
- [65] G. Scharnowski. Klinische Studie zur Effektivität zweier Handzahnbürsten hinsichtlich der Plaquereduktion bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen. Diss. Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2004 (siehe S. 95, 98, 103).
- [66] R. Schweitzer. *Planlos im Mundraum - Wie putzt man seine Zähne richtig? Die Wissenschaft steht noch immer vor einem Rätsel*. deutsch. Aufgerufen am 11.05.2016. Dez. 2014. URL: <http://www.zeit.de/2014/50/zaehne-putzen-zahnbuerste> (siehe S. 1).

- [67] P. K. Shivapuja und J. Berger. A comparative study of conventional ligation and self-ligation bracket systems. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 106, No. 5, 472-480*. 1994 (siehe S. 8, 113).
- [68] J. Silness und H. Loe. Periodontal Disease in Pregnancy II. Correlation between oral Hygiene and periodontal Condition. *Acta odontologica Scandinavica, Volume 22, 121-135*. 1964 (siehe S. 14–17, 21, 25–26, 97, 103–104, 114, 116).
- [69] K. Srivastava, T. Tikku, R. Khanna und K. Sachan. Risk factors and management of white spot lesions in orthodontics. *Journal of Orthodontic Science, Volume 2, 43-49*. 2013 (siehe S. 13).
- [70] J. Steinhardt. Paradontale Befunde während kieferorthopädischer Behandlung. Eine Querschnittsuntersuchung. *Fortschritte der Kieferorthopädie, Volume 50, 540-550*. 1989 (siehe S. 11, 95).
- [71] T. R. Sudjalim, M. G. Woods und D. J. Manton. Prevention of white spot lesions in orthodontic practice: a contemporary review. *Australian Dental Journal, Volume 51, 284-289*. 2006 (siehe S. 13).
- [72] G. T. Terezhalmay, H. Iffland, C. Jelepis und J. Waskowski. Clinical evaluation of the effect of an ultrasonic toothbrush on plaque, gingivitis, and gingival bleeding: A six-month study. *The Journal of Prosthetic Dentistry, Volume 73, 97-103*. 1995 (siehe S. 101).
- [73] V. Thienpont, L. R. Dermaut und G. Van Maele. Comparative study of 2 electric and 2 manual toothbrushes in patients with fixed orthodontic appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 120, 353-360*. 2001 (siehe S. 14).

- [74] L. M. Trimpeneers, I. A. Wijgaerts, N. A. Grogard, L. R. Dermout und P. A. Adriaens. Effect of electric toothbrushes versus manual toothbrushes on removal of plaque and periodontal status during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Volume 111, 492-497. 1997 (siehe S. 15, 98).
- [75] T. Weber. *Memoria Zahnmedizin*. Thieme Stuttgart, 1999 (siehe S. 26, 103–104).
- [76] W. R. Womack und A. H. Guay. Comparative Cleansing Efficiency of an Electric and a Manual Toothbrush in Orthodontic Patients. *The Angle Orthodontist*, Volume 38, 256-267. 1968 (siehe S. 10, 13, 95).
- [77] ZM. Zahnmedizin in Zahlen. *ZM - Zahnärztliche Mitteilungen - 106*, Nr. 2 A, 16.01.2016. Jan. 2016 (siehe S. 1).
- [78] B. U. Zachrisson. Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics*, Volume 69, 285-300. 1976 (siehe S. 10, 13, 95).
- [79] B. U. Zachrisson. Oral hygiene for orthodontic patients: Current concepts and practical advice. *American Journal of Orthodontics*, Volume 66, 487-497. 1974 (siehe S. 13).
- [80] S. Zachrisson und B. U. Zachrisson. Gingival Condition Associated with Orthodontic Treatment. *The Angle Orthodontist*, Volume 42, 26-34. 1972 (siehe S. 10, 95).

A. Berechnung der Stichprobengröße / Power-Schätzung

Das spezielle Software Tool G*Power 3.1 (Faul und Erdfelder 1992; Erdfelder et al. 1996) diente der Fallzahlschätzung bzw. Poweranalyse.

Als Grundlage/ Basisparameter hierfür fanden folgende Verfahren und Werte Anwendung:

- Analysis: A priori: Compute required sample size
- Test family: t tests - Means
- Statistical test: Difference between two independent means (two groups)
- Input:
 - Tail(s) = Two
 - Effect size $d = 0.65$
 - α err prob = 0.05
 - Power ($1-\beta$ err prob) = 0.8
 - Allocation ratio $N2/N1 = 1$

Folgende Parameter wurden nach konventionellen Kriterien nach Bortz und Döring (2015) definiert:

- Ablehnungsbereich (zweiseitig)
- Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha=0.05$
- Power $1-\beta$ -Irrtumswahrscheinlichkeit = $1 - 0.20 = 0.80$

Analog der zur Testzahnbürste vorliegenden empirischen Studie Denda (2011) wurde der Wert der Effektstärke d als $d=0.65$ definiert. Diese Definierung entspricht etwa genau dem Mittelpunkt des von Cohen (1988) als „Bereich des mittleren Effekts“ klassifizierten Wertespektrums ($d = 0.50$ bis $d = 0.80$). Als allocation ratio wurde 1 gewählt, um die statistische Stabilität der vorzunehmenden Mittelwertvergleiche zu gewährleisten.

Das Resultat der G*Power-Analyse ergab, bei einer Power-Definition von $P=0.80$ (s.o.), eine Stichprobengröße von n_1 bzw. $n_2 = 39$.

B. Genehmigung des Ethikantrages

**Ethik-Kommission der
Universität Witten / Herdecke**

Universität Witten/Herdecke - Ethik-Kommission - Alfred-Herrhausen-Str. 50 - D - 58448 Witten

Frau
Shayesteh Saket
Tritfstr. 59
34246 Velmar

Ethik-Kommission
Alfred-Herrhausen-Str. 50
D-58448 Witten
Sekretariat:
Frau Andrea Plegger
Frau Anna Kassette
Frau Soheib El-Ahmad
Mo-Fr 8.00-12.00 Uhr
Telefon 02302/926-740
Telefax 02302/926-739
e-mail: sekretariat-ethik@uni-uh.de
Internet: www.ethik-kommission-uh.de

10.09.2013
Ga/pl

cc:
Herrn
Prof. Dr. med. Dr. h. c. Peter Gängler
Oralmax Institut for Oral Medicine at the
University of Witten / Herdecke
" per Hauspost "

Antrag Nr. 83/2013 (bitte stets angeben):
Klinisch kontrollierte Studie zum Effekt der Ultraschallzahnbürste Emmi®-dental im Vergleich zu einer Handzahnbürste bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen und manifester Gingivitis

Sehr geehrte Frau Saket,

herzlichen Dank für Ihr Schreiben vom 01.09.2013 mit den beigegeführten Anlagen.

Mit den vorgenommenen Änderungen / Ergänzungen sind Sie den Hinweisen der Ethik-Kommission in ihrem Votum vom 27.08.2013 nachgekommen. Der Verzicht auf die alternierende Anrede wird vor dem Hintergrund Ihrer Begründung akzeptiert.

Für die Durchführung der Studie wünschen wir viel Erfolg und bitten bereits jetzt um Übersendung des Abschlussberichts bzw. der entsprechenden Publikation zu gegebener Zeit.

Mit freundlichen Grüßen


i. A.
RA Prof. Dr. med. P. W. Gaidzik
Geschäftsführendes Vorstandsmitglied

Ethik-Kommission der Universität Witten/Herdecke e. V.
Vorstand: Prof. Dr. med. Petra Thümmel (Vorsitzende), Prof. Dr. med. Hagen Trötschel, RA Prof. Dr. med. Peter W. Gaidzik
Sitz des Vereins: Witten, Amtsgericht Witten VR 779, Bank: Sparkasse Witten (BLZ 452 500 35) Konto-Nr. 0050534
IBAN: DE 41 4525 0035 0000 0505 34 SWF-BIC: WELADED1WITN

C. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Shayesteh Saket

Schulausbildung

August 1990 - Juli 1991 Unterneustädter Grundschule in Kassel

August 1991 – Juli 1994 Fuldatalschule in Kassel

August 1994 – Juli 2003 Goethe-Gymnasium in Kassel

Studium

Oktober 2003 – Juli 2009 Zahnmedizinstudium an der Georg - August Universität in Göttingen

Beruflicher Werdegang

August 2009- August 2011 Vorbereitungsassistentenzahnärztin in der Praxis Dr. Leimbach in Kassel

seit August 2011 Angestellte Zahnärztin in der Praxis Dres. Plewe in Kassel

Fortbildungen

Curriculum der Kinderzahnheilkunde, Lachgasseminar, AGET-Seminare, Funktionsdiagnostik und -therapie

Sprachkenntnisse

Deutsch, Persisch (Muttersprache)

Englisch (gute Kenntnisse)

Französisch (Grundkenntnisse)

D. Eidesstattliche Erklärung

Shayesteh Saket
Triftstraße 59
34246 Vellmar

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere (an Eides statt), dass ich die zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Klinisch kontrollierte Studie zum Effekt einer Ultraschallzahnbürste im Vergleich zu einer Handzahnbürste bei kieferorthopädischen Patienten mit manifester Gingivitis“ selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und die in der Arbeit verwendete Literatur vollständig zitiert habe.

Ich habe diese Dissertation weder in dieser noch in einer ähnlichen Form an einer anderen Hochschule eingereicht.

Vellmar, 27.08.2016

Shayesteh Saket

E. Danksagung

Im Folgenden möchte ich allen danken, die mich bei der Entstehung dieser Dissertation unterstützt haben.

Ich danke im besonderen Maße meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Dr. h. c. Peter Gängler für die kompetente und konstruktive Betreuung während der gesamten Zeit der Promotion. Ich danke ihm für die informativen telefonischen Konferenzen, seine bereichernden Ideen und nicht zuletzt für seine motivierende Art, die die Fertigstellung und Abgabe dieser Arbeit vorangetrieben hat. Herrn Dr. Tomas Lang, der mir diese Studie anvertraut und somit möglich gemacht hat, möchte ich für die wissenschaftliche Betreuung und den kollegialen Austausch danken.

Frau Dr. Barbara Jennes danke ich für die einführende Unterstützung in der Randomisierung und ihre positive Art in unserer Kommunikation. An Herrn Dr. Karl Weich geht mein Dank für die weiterführende und umfangreiche Unterstützung in der statistischen Auswertung und die kompetente Beratung. Für eine unkomplizierte und sehr angenehme Zusammenarbeit möchte ich Herrn Christian Greune meinen Dank aussprechen.

Herrn Hugo Hosefelder (EMAG AG) und Herrn Axel Kaiser (DENTTTABS) danke ich für die Bereitstellung der Testzahnbürsten.

Herrn Dr. Stefan Schmidt möchte ich für die Unterstützung in der Probandenmotivation sowie das Bereitstellen seiner Praxisräume danken. Frau Dr.

Helga Rix-Bode danke ich für ihre herzliche Art, ihre Unterstützung und nicht zuletzt für ihr Vertrauen. Meinen Kollegen Dres. Andrea und Jens Plewe danke ich ebenfalls für ihre Unterstützung in allen Ebenen, ohne diese die Durchführung und Entstehung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Ein besonderer Dank geht auch an die gesamten drei Praxisteams.

Mein Dank gilt in hohem Maße den Probanden, ohne deren Compliance das Vorhaben dieser Studie nicht hätte verwirklicht werden können.

Meinen Eltern, die mich bis zum heutigen Tag aufopferungsvoll unterstützt haben, danke ich von ganzem Herzen für Alles. Meinem Bruder möchte ich herzlichst für seine motivierende und aufheiternde Art danken und nicht zuletzt auch für seine Unterstützung mit englischem Vokabular. Mein Dank geht auch an meine Großeltern, die über viele Kilometer hinweg mich stets ihr Interesse, ihre Liebe und ihre Unterstützung haben spüren lassen.

Ich bin froh und dankbar an dieser Stelle einen ganz besonderen Menschen nennen zu dürfen. Ich möchte meinem Mann danken, dass er mir den Rücken freigehalten, mich in meinem Vorhaben allzeit unterstützt und mich in kritischen Momenten stets motiviert hat. Ich konnte von seinem technischen Wissen und seinen Erfahrungen profitieren und danke ihm von ganzem Herzen für seinen Beistand und seine unermüdliche Geduld.

Ein ganz besonderer Dank geht von ganzem Herzen an unseren Sohn, der durch sein wunderbares Dasein und seine großartige Persönlichkeit eine Bereicherung in meinem Leben ist.

Darüber hinaus gilt mein Dank allen Verwandten und Freunden, die mir durch ihr Interesse und ihre Empathie Rückhalt gegeben haben.

Vellmar, Dezember 2016

Shayesteh Saket