

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Plaqueentfernung und Compliance bei Verwendung einer interaktiven elektrischen
Zahnbürste mit Smartphone-App im Vergleich zu einer Handzahnbürste bei jugendlichen
Patienten mit Multibracket-Apparatur

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Fabienne Merlette Braunbeck
aus Heidelberg

Mainz, 2019

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion: 30.06.2020

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	
	Tabellenverzeichnis	
	Abbildungsverzeichnis	
1	Einleitung/Ziel der Dissertation	1
2	Literaturdiskussion	3
2.1	Plaque	3
2.1.1	Mikroflora der Mundhöhle	3
2.1.2	Plaquehypothesen	4
2.2	Folgen der Plaquebesiedlung	5
2.2.1	Gingivopathien	5
2.2.2	Karies	7
2.3	Plaqueentfernung	11
2.3.1	Techniken der Plaqueentfernung	11
2.3.2	Folgen falschen Putzens	14
2.3.3	Prophylaxe-Instrument Zahnbürste	15
2.3.3.1	Klassische Handzahnbürste	15
2.3.3.2	Elektrische Zahnbürsten	17
2.4	Einfluss der Motivation auf die Mundhygiene	18
2.5	Einfluss von kieferorthopädischen Apparaturen auf die Mundhygiene	19
2.6	Zahnputzverhalten der Bevölkerung, insbesondere das von Jugendlichen	20
2.7	Entwicklung und Umgang der Bevölkerung mit Smartphones und Apps	22
3	Material und Methoden	24
3.1	Administrative Vorbereitung	24
3.2	Material	24
3.2.1	Probanden	24

3.2.2	Testzahnbürsten und Zahnpasta	26
3.2.3	Anfärben der Plaque	28
3.3	Methoden	29
3.3.1	Studiendesign	29
3.3.2	Studienablauf	29
3.3.2.1	Termin 1: Screening	30
3.3.2.2	Termin 2: Baseline	32
3.3.2.3	Termin 3: Woche 2	35
3.3.2.4	Termin 4: Woche 6	35
3.3.3	Erhobene Parameter	36
3.3.3.1	Plaque	36
3.3.3.2	Individuelle Focus Care Areas	39
3.3.3.3	Putzzeit	40
3.3.3.4	Motivation	40
3.3.4	Statistische Methoden	42
4	Ergebnisse	44
4.1	Demographische Daten	44
4.2	Plaque	45
4.3	Individuelle Focus Care Areas	47
4.4	Putzzeit	54
4.5	Motivation	55
5	Diskussion	58
5.1	Diskussion des Studienaufbaus	58
5.1.1	Studiendesign	58
5.1.2	Reliabilität	59
5.1.3	Studiendauer	60
5.1.4	Probandenanzahl	61
5.1.5	Probandenauswahl	62
5.2	Diskussion des Studienmaterials	64
5.2.1	Zahnbürste	64
5.2.2	Zahnpasta und weitere Hilfsmittel	65
5.2.3	Plaquerevelator	66
5.2.4	Fragebogen	66

5.3	Diskussion der Studienmethode	67
5.3.1	Plaqueindex	67
5.3.2	Mundhygiene-Instruktionen	68
5.3.3	Zahnputztechnik	69
5.3.4	Zahnputzzeit	70
5.4	Diskussion der Befunde der eigenen Untersuchung	72
5.4.1	Plaqueindex	72
5.4.2	Plaqueindex der individuellen Problembereiche (FCAs)	82
5.4.3	Beobachtungen zur Putzzeit mit den unterschiedlichen Zahnbürsten	83
5.4.4	Bewertung des Fragebogens zur Motivation der Probanden	85
5.5	Klinische Relevanz der vorliegenden Studie	87
5.6	Schlussfolgerung, Ausblick und Empfehlungen	88
6	Zusammenfassung	89
7	Literaturverzeichnis	91
8	Anhang	100
	Danksagung	106
	Tabellarischer Lebenslauf	107

Abkürzungsverzeichnis

Abb:	Abbildung
ADA:	American Dental Association
ANCOVA:	Analysis of Covariance
B:	Baseline
DAJ:	Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e.V.
DMFT-Index:	Decayed-Missing-Filled-Teeth-Index
DMS:	Deutsche Mundgesundheitsstudie
F:	Frage
FCA:	Focus Care Area (Zahnregion mit übermäßig starker Plaque-Ansammlung)
Muhy:	Mundhygiene
N:	Personenanzahl
OK:	Oberkiefer
Post:	Frage nach Produkttestung
PZR:	Professionelle Zahnreinigung
P1&2:	Punktvergabe 1 oder 2 im Fragebogen
SD:	Standardabweichung
SE:	Standardfehler
Tab:	Tabelle
TMQHPI:	Nach Turesky modifizierter Quigley-Hein-Plaquesindex
UK:	Unterkiefer

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Materialien von Test- und Kontrollgruppe
- Tab. 2: Zeitplan und durchgeführte Vorgänge
- Tab. 3: Nach Turesky modifizierter Quigley-Hein-Plaqueindex
- Tab. 4: Plaquebewertung bei Patienten mit vestibulärer Multibracket-Apparatur
- Tab. 5: Eigenschaften und Verteilung der Probanden
- Tab. 6a: Veränderung des TMQHPI (alle Zahnflächen bewertet) nach Woche 2 der Produkttestung
- Tab. 6b: Veränderung des TMQHPI (alle Zahnflächen bewertet) nach Woche 6 der Produkttestung
- Tab. 7a: Veränderung des TMQHPI der FCAs nach Woche 2 der Produkttestung
- Tab. 7b: Veränderung des TMQHPI der FCAs nach Woche 6 der Produkttestung
- Tab. 8: Anzahl der Probanden mit FCAs in der Testgruppe (D36) zu den Zeitpunkten Screening und Woche 6
- Tab. 9: Anzahl der Probanden mit FCAs in der Kontrollgruppe (Indicator 35 soft) zu den Zeitpunkten Screening und Woche 6
- Tab. 10a: Veränderung des TMQHPI der Nicht-Focus Care Areas nach Woche 2 der Produkttestung
- Tab. 10b: Veränderung des TMQHPI der Nicht-Focus Care Areas nach Woche 6 der Produkttestung
- Tab. 11: Auswertung der Fragebögen zu den Zeitpunkten Baseline und nach Woche 6
- Tab. 12: Ergebnisse der Studie von Erbe et al. (1) von 2018 und dieser Studie bezüglich TMQHPI und Putzzeit

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Ursachenkomplex der Kariesentstehung
- Abb. 2: DMFT-Index-Entwicklung von 1994 bis 2009 unter den 12- bzw. 15-Jährigen in Deutschland vorgestellt durch die DAJ nach Daten von Pieper (2, 3).
- Abb. 3: Bildliche Darstellung der modifizierten Bass-Technik
- Abb. 4: Bildliche Darstellung der Stillman-Technik
- Abb. 5: Bildliche Darstellung der Putztechnik nach Fones
- Abb. 6: Bildliche Darstellung der Rot-Weiß-Methode nach Leonhard
- Abb. 7: Bildliche Darstellung der KAI-Methode
- Abb. 8: Bildliche Darstellung der Schrubbtechnik
- Abb. 9: Zähneputzen mit einer rotierend-oszillierenden Zahnbürste
- Abb. 10: Materialien der Testgruppe: Oral-B® Professional Care 6000 (D36), Ladegerät, Oral-B® Precision Clean Bürstenkopf (EB 20)
- Abb. 11: Materialien der Kontrollgruppe: Oral-B® Indicator 35 Soft Handzahnbürste
- Abb. 12: Zahnpasta beider Gruppen: Blend-a-Med Classic
- Abb. 13: Angefärbte Plaque mit Mira-2-Ton® bei einem Patienten mit Multibracket-Apparatur
- Abb. 14: Kommunikation von Zahnbürste und Smartphone-App. Bildlich auf dem Display dargestellt ist die bereits geputzte Zeit mit zu putzendem Quadranten.
- Abb. 15: Bild links mit individuellen Einstellungen der FCAs: UK-Seitenzähne rechts bukkal, OK-Seitenzähne links lingual; Bild Mitte und rechts: Visualisierte Ansicht auf dem Display während des Putzvorgangs.
- Abb. 16: Durchschnittlicher TMQHPI aller bewerteten Zahnflächen beider Gruppen zu den Zeitpunkten Baseline, Woche 2, Woche 6
- Abb. 17: Veränderung der Punktwerte in den FCAs in Bezug zum erhobenen Punktwert beim Baseline-Termin

Abb. 18: Probanden mit FCAs in % zu den Zeitpunkten Screening und Woche 6

Abb. 19: Durchschnittliche Putzzeit in Sekunden zu den Zeitpunkten Screening, Woche 2, Woche 6

1. Einleitung/ Ziel der Dissertation

Die orale Mundgesundheit ist ein wesentlicher Faktor für die Lebensqualität. In den letzten Jahren konnte ein deutlicher Kariesrückgang in der Bevölkerung verzeichnet werden: So sank beispielsweise der DMFT-Index (Decayed-Missing-Filled-Teeth-Index) der 12-Jährigen von 2,44 im Jahr 1994 auf einen Wert von 0,72 im Jahr 2009 (3). Dennoch besteht weiterhin erhebliches Verbesserungspotenzial und Raum für Innovationen zur Optimierung der Mundhygiene.

Mikrobielle Plaque als Verursacher von Karies, Gingivitis und Parodontitis ist die wichtigste Ursache für Erkrankungen der Mundhöhle (4-8). Präventionsmaßnahmen wie eine ausgewogene Ernährung, geringer Zuckerkonsum und die Anwendung von Fluoriden (9) können zwar die Zahngesundheit unterstützen, nicht jedoch Plaque auf den Zähnen verhindern oder aktiv reduzieren. Eine gründliche manuelle Plaqueentfernung bleibt daher Grundvoraussetzung zur Erhaltung eines gesunden Kauapparates (10).

Groß angelegte Mundgesundheitsstudien in Deutschland belegen eine insgesamt als schlecht einzustufende Mundhygiene (11, 12). Als Beispiel sind Ergebnisse von Untersuchungen an 15-Jährigen aus dem Jahr 2006 zu nennen: Nur 1,5 % der Probanden zeigten ein plaquefreies Gebiss, 46,1 % wiesen ein Gebiss ohne Karieserfahrung auf, und 59,3 % hatten eine als „schlecht“ zu bewertende Mundhygiene (12). Jugendliche sind als Risikogruppe bezüglich Karies und Gingivitis einzustufen (13-15). Zudem werden in der Pubertät sehr häufig Multibracket-Apparaturen zur Zahnstellungskorrektur verwendet; diese erschweren zusätzlich eine optimale Mundhygiene (16-18).

Wünschenswert sind daher effektive Instrumente/Hilfsmittel zur Zahnreinigung, welche gleichzeitig die Compliance steigern. Bereits in mehreren Studien konnten elektrische Zahnbürsten hierbei signifikant bessere Ergebnisse erzielen als klassische Handzahnbürsten (19-25). In einer Studie von Erbe et al. (1) aus dem Jahr 2018 wurde die interaktive elektrische Zahnbürste Oral-B® Professional Care 6000 (D36) mit der Oral-B® Precision Clean Aufsteckbürste (EB 20) in Kombination mit der Oral-B® App Version 2.1 mit der Handzahnbürste Oral-B® Indicator 35 Soft bei 60 Jugendlichen zwischen 13 und 17 Jahren bezüglich ihrer effektiven Plaqueentfernung nach 2 Wochen verglichen. Aus den positiven Ergebnissen dieser Studie ergab sich die Frage, ob auch Patienten mit erschwerter Mundhygiene durch Multibracket-

Apparaturen von dieser interaktiven Zahnbürste profitieren können. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, diese interaktive elektrische Zahnbürste an 60 Jugendlichen mit festsitzender Multibracket-Apparatur im Ober- und Unterkiefer über einen verlängerten Zeitraum von 6 Wochen auf die Plaqueentfernung und Compliance hin zu untersuchen. Die Hypothese dieser Studie war, dass die interaktive elektrische Zahnbürste auch bei kieferorthopädischer Behandlung mit festsitzenden Multibracket-Apparaturen mehr Plaque entfernt und einen deutlichen Motivationsanstieg im Vergleich zur klassischen Handzahnbürste bei Jugendlichen bewirken kann.

2. Literaturdiskussion

2.1 Plaque

2.1.1 Mikroflora der Mundhöhle

700 verschiedene Bakterienarten lassen sich in der menschlichen Mundhöhle nachweisen (26). Im Mutterleib ist das Ungeborene keinerlei Mikroorganismen ausgesetzt, aber bereits während der Geburt beginnt die Besiedlung, und wenige Stunden nach der Geburt können bestimmte Bakterienarten nachgewiesen werden (vor allem Streptokokken) (27). Die physiologische Mikroflora der Mundhöhle umfasst verschiedenste Arten von grampositiven und gramnegativen Bakterien, Hefen und andersartige Mikroorganismen (26). Die Bakterienarten, welche bei einem gesunden Menschen gefunden werden können, nennt man „physiologische Standardflora“. Wenn sie im Gleichgewicht sind, können pathogene Keime unterdrückt werden (5).

Mikroorganismen besiedeln sämtliche Oberflächen der Mundhöhle, jedoch kann aufgrund von Desquamation die Last der Schleimhäute gering gehalten werden. Dies gilt nicht für Zähne, da deren Reinigung lediglich durch den ständigen Speichelfluss und antimikrobielle Substanzen wie Lysozym oder Laktoferrin unterstützt wird. Der Biofilm auf der Zahnoberfläche wird in seiner Gesamtheit als Plaque bezeichnet (27). Auf der Oberfläche eines sauberen Zahnes beginnt die Plaquebildung mit der Auflagerung eines Pellikels aus Speichel- und Glykoproteinen (28, 29), auf dem sich zusehends Bakterien ansiedeln, welche die Plaque wachsen lassen (30).

Biofilme finden sich auf einer Vielzahl von feuchten Oberflächen, wie Abwasserrohren oder im Sanitärbereich. Die Entfernung dieser mit chemischen Mitteln funktioniert eher schlecht. In einer Studie von Passerini et al. (31) konnte gezeigt werden, dass 81 % der untersuchten Katheter mit Bakterien in Form eines Biofilms besiedelt waren. Es kann dadurch zu bedeutenden gesundheitlichen Problemen kommen.

In der Mundhöhle besteht Plaque aus Bakterien, deren Stoffwechselprodukten, Bestandteilen des Speichels und Resten der Nahrung. Die Selbstreinigung des Mundes, Sprays oder Spülen reichen in der Regel nicht aus, um diesen Belag zu entfernen (32). Die Plaque muss daher mechanisch mit einer Zahnbürste oder in der Praxis durch eine professionelle Zahnreinigung entfernt werden (33). Erkrankungen der Zähne und des Zahnhalteapparates wie Karies und (plaqueinduzierte) Gingivopathien werden durch Plaque in der Mundhöhle verursacht (7, 8, 34).

Die Ergebnisse der vierten Deutschen Mundgesundheitsstudie unterstreichen die Wichtigkeit von suffizienten Prophylaxeinstrumenten zur Plaqueentfernung in Kombination mit regelmäßigen Zahnarztbesuchen in jedem Alter. In der Kategorie der Jugendlichen wurden 1282 Jugendliche im Alter von 15 Jahren untersucht und befragt. Der hierbei ermittelte Plaqueindex ergab lediglich 1,5 % plaquefreie Gebisse (Grad 0); bei 35,3 % konnte eine geringe, lediglich mit einer Sonde sichtbar gemachte Plaque-Akkumulation festgestellt werden (Grad 1); mit bloßem Auge konnte bei 42,3 % der Jugendlichen Plaque entdeckt werden (Grad 2); starke Beläge waren bei 20,8 % vorhanden (Grad 3). Nur leicht abweichende Werte wurden bei Kindern und jungen Erwachsenen festgestellt. Bei Senioren ab einem Alter von 65 Jahren dominierten Grad 2 (39,9 %) und Grad 3 (38,5 %) (12).

2.1.2 Plaquehypothesen

Es stellt sich die Frage, was der pathogene Faktor der Plaque ist, die Quantität, die Qualität oder andere von außen zugeführte Faktoren. Hierzu wurden im Laufe der Zeit auf der Basis von Forschungsergebnissen die folgenden Hypothesen entwickelt:

Die unspezifische Plaquehypothese geht davon aus, dass allein die Menge der Plaque der ätiologische Faktor für Karies und parodontale Erkrankungen ist (35).

Zu einer gegenteiligen Erkenntnis kamen Loe et al. (36) mit ihrer Studie an Teearbeitern auf Sri Lanka, welche keinen Zugang zu Mundhygienemaßnahmen oder zahnärztlichen Maßnahmen hatten: Trotz massiver Beläge auf den Zähnen konnten weder Gingivitis noch Parodontitis festgestellt werden. Spezielle Bakterien und nicht die Quantität der Plaque scheinen nach der spezifischen Plaquehypothese ein Auslöser. Vor allem *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* wird eine hohe Pathogenität bei Betroffenen insbesondere der lokalisierten juvenilen Parodontitis zugeschrieben (37).

Bei klinischen Untersuchungen gab es Patienten, die nachgewiesenermaßen pathogene Keime in der Mundhöhle aufwiesen und dennoch nicht an Parodontitis erkrankt waren (38, 39). Hieraus resultiert die heute gültige Hypothese der opportunistischen Infektion. Die problematischen Keime alleine reichen nicht aus, um eine parodontale Destruktion hervorzurufen; hinzu kommen lokale und genetische Faktoren, die das Gleichgewicht der Mikroflora entscheidend mitbestimmen (40).

Diese zusätzlichen Faktoren sind unterschiedlichster Art: Eine amerikanische Studie konnte beispielsweise Personen männlichen Geschlechts, einem niedrigen sozioökonomischen Status, Rauchen oder einem nicht eingestellten Diabetes mellitus als bedeutende Risikofaktoren bestätigen (41). Eine künstlich hervorgerufene Verschiebung des Mikrofloragleichgewichts ließ sich mit absichtlich eingebrachten überstehenden Restaurationen erzeugen. Die Zusammensetzung der subgingivalen Mikroflora wurde in Richtung einer chronischen Parodontitis verschoben. Dies bestätigt den Einfluss von iatrogenen Faktoren auf die orale Gesundheit (42). Die opportunistische Infektion wird auch ökologische Plaquehypothese genannt, da physiologische Bakterien der gesunden Mundflora bei Änderungen der Umgebung zunehmen, andere Arten verdrängen und auf diese Weise Krankheiten hervorrufen (43).

Die Besiedlung der Mundhöhle mit Bakterien ist eine ausgeglichene Beziehung, welche sowohl für den Wirt als auch das Bakterium Vorteile bringt (Symbiose). Das Bakterium überlebt mit Hilfe des Wirtes, und der Wirt wird durch die Balance vor pathogenen Keimen geschützt. Bei einem Zusammenbruch dieser Balance kommt es zu negativen Folgen der Plaquebesiedlung, Erkrankungen der Zähne und des Zahnhalteapparates (44).

2.2 Folgen der Plaquebesiedlung

2.2.1 Gingivopathien

Wie in Abschnitt 2.1.2 erwähnt, finden sich fakultativ pathogene Keime in der physiologischen Mikroflora der menschlichen Mundhöhle. Verschiebt sich das Gleichgewicht zugunsten der pathogenen Keime, können entzündliche Erkrankungen wie Gingivitiden und Parodontitiden ausgelöst werden (5).

Zahnfleischentzündungen sind vor allem eine direkte Folgeerkrankung der übermäßigen Plaque-Akkumulation auf den Zahnoberflächen der Mundhöhle, insbesondere den Belägen, welche mit dem Zahnfleisch direkt in Berührung kommen. In einem Experiment aus dem Jahr 1965 konnte dieser Zusammenhang nachgewiesen werden: 12 Zahnmedizinstudierende wurden untersucht und anschließend dazu aufgefordert, sämtliche Mundhygienemaßnahmen zu unterlassen. Der Plaqueindex erhöhte sich ohne Zähneputzen von 0,43 auf 1,67 und der Gingiva-Index von 0,27 auf 1,05. Bei den ersten Entzündungsanzeichen eines Probanden wurde die Mundhygiene

wieder wie gewohnt aufgenommen; dies war im Schnitt nach 10 bis 20 Tagen der Fall. Den Probanden wurde eine optimale Mundhygiene demonstriert. Sie wurden angewiesen zweimal täglich ihre Zähne zu putzen und zusätzlich das Zahnfleisch mit einem Holzstäbchen zu massieren. Nach neun Tagen Wiederaufnahme der Mundhygiene konnten die Entzündungen der Schleimhaut vollständig eliminiert werden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine Gingivitis vollständig reversibel ist (7).

Gingivitis zählt zu den multifaktoriell ausgelösten Erkrankungen: Neben der Plaque kann eine Gingivitis beispielsweise endokrin (Pubertät, Schwangerschaft, Diabetes mellitus), medikamentös durch orale Kontrazeptiva oder auch durch Ascorbinsäure-Mangel ausgelöst werden (45). Rauchen etwa verändert die Entzündungsreaktion der Gingiva und führt in der Gingiva u.a. zur Ausschüttung von proinflammatorischen Zytokinen (21, 46).

Erlaubt man der Plaque ein ungestörtes Wachstum, so durchläuft das Parodontium drei Stadien und der Patient erkrankt möglicherweise mit irreversiblen Folgen an Parodontitis: subklinische Gingivitis (gesteigerte Exsudation), klinisch sichtbare Gingivitis (Veränderung der Gingiva in Farbe, Textur, Blutungsneigung), parodontaler Zusammenbruch (Verlust von parodontalem Attachment, Verlust von Alveolarknochen, Lockerung der Zähne bis hin zu deren Verlust). Diese Entwicklung konnte in Studien mit Beagle-Hunden gezeigt werden (4, 47). Eine persistierende Gingivitis kann also in eine Parodontitis umschlagen, welche bei starker Ausprägung zu Zahnverlust führen kann (48). Allerdings muss nicht zwangsweise eine Parodontitis entstehen, wenn die Gingivitis über lange Zeit unbehandelt bleibt (49).

Die Zusammensetzung der Mikroflora kann das Auftreten einer Gingivitis und das Umschlagen in eine Parodontitis beschleunigen. Bei sehr vielen Betroffenen konnten folgende Mikroorganismen identifiziert werden:

- *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*
- *Porphyromonas gingivalis*
- *Tannerella forsythia*
- *Prevotella intermedia*
- *Campylobacter rectus*
- *Spitochetes* (48)

Gingivitis und Parodontitis sind nicht ausschließlich Erkrankungen des Alters. Bereits im Kindes- und Jugendalter ist Gingivitis weit verbreitet. Ein Peak lässt sich bei Jugendlichen in der Pubertät finden (50).

In der vierten Deutschen Mundgesundheitsstudie wurde die Gingivitis der Jugendlichen (mit 15 Jahren) anhand des Papillen-Blutungs-Indexes (PBI) ausgewertet: Ein komplett entzündungsfreies Gebiss konnte lediglich bei 7,1 % der Probanden festgestellt werden. Grad 1 und 2 mit einem einzelnen oder mehreren Blutungspunkten wurden bei 67,7 % festgestellt. Ein Viertel der Fälle (25,3 %) wies ausgeprägte Entzündungszeichen mit blutgefülltem interdentalem Dreieck bzw. starker Blutung auf (Grad 3, Grad 4). Die Jugendlichen dieser Studie wiesen ebenso häufig Gebisse mit Grad 3 und 4 auf. Parodontale Destruktionen konnten bei insgesamt 13,4 % der 15-Jährigen aufgedeckt werden, davon waren 12,6 % der Taschen 4 – 5 mm und 0,8 % ≥ 6 mm tief (12).

Die fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie, abgeschlossen im Jahr 2016, untersuchte lediglich drei Altersgruppen (15-Jährige wurden nicht herangezogen): Die Kinder dieser Studie mit 12 Jahren konnten wie folgt kategorisiert werden: PBI 0 (22,3 %), PBI 1 (30,6 %), PBI 2 (37,9 %), PBI 3 (9,0 %), und PBI 4 (0,1 %). Die Entzündungsprävalenz der Kinder zeigte im Vergleich zur DMS IV im Jahr 2005 eine deutliche Verbesserung; Grad 3 hatte sich ausgehend von 18 % im Jahr 2005 auf 9,0 % im Jahr 2016 halbiert; Grad 4 war quasi nicht mehr auffindbar, wohingegen 7,3 % der Kinder im Jahr 2005 in diese Kategorie fielen. In der jüngeren Erwachsenengruppe (35- bis 44-Jährige) wurden keine Gingivitis-Werte, sondern Werte zur Identifizierung einer Parodontitis erhoben (Sondierungstiefen). Die Parodontitis-Werte sind deutlich besser geworden: Als Beispiel sei hier der Rückgang der Probanden mit einer mittleren Sondierungstiefe von ≥ 4 mm von 76,9 % (2005) auf 59,1 % (2016) sowie einer mittleren Sondierungstiefe von ≥ 6 mm von 20,5 % (2005) auf 10,8 % (2016) genannt (11, 12).

2.2.2 Karies

Kariösen Läsionen liegt ein Ursachenkomplex zugrunde, wobei eine Kombination aus säurebildenden Bakterien, niedermolekularen Kohlenhydraten als Nahrung für dieselben, die Einwirkdauer auf den Zahn und verschiedene Wirtsfaktoren die Entstehung und das Fortschreiten der Karies beeinflussen. Wirtsfaktoren sind zum

Beispiel die Menge und Beschaffenheit des Speichels sowie die Zusammensetzung der Zahnhartsubstanz (Abb. 1) (34).

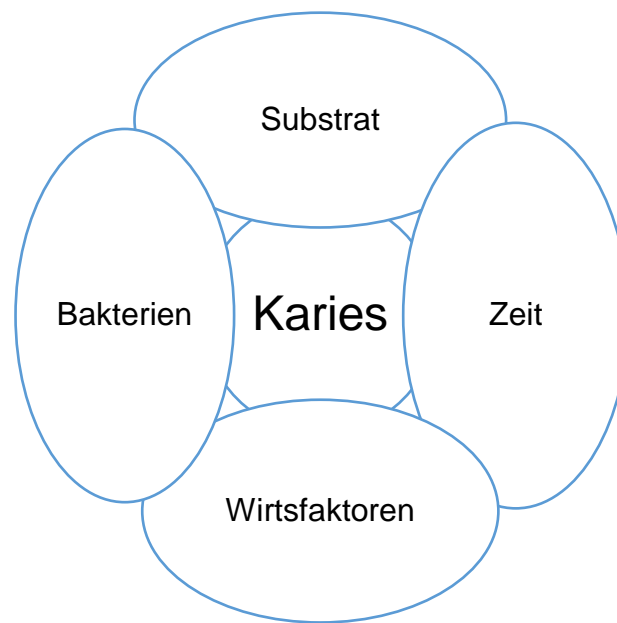


Abb. 1: Ursachenkomplex der Kariesentstehung

Die häufige Aufnahme von niedermolekularen Kohlenhydraten begünstigt einen Shift der oralen Mikroflora zugunsten der azidophilen Bakterienarten *Streptococcus mutans* und der Laktobazillen. Diese können die Kohlenhydrate zu Säure verstoffwechseln und beeinflussen so den pH-Wert der Mundhöhle; es entsteht ein saures Milieu (51). Dem Zahn werden Mineralien entzogen, es kommt zur Demineralisation. Dieser Demineralisation kann mit Fluoriden, einer guten Plaquekontrolle, genügend Speichel mit gelösten Zahnbestandteilen und antimikrobiellen Substanzen entgegengewirkt werden; der Zahn wird remineralisiert. Es besteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Phasen der De- und Remineralisation. Überwiegt die Seite der Risikofaktoren, verliert der Zahn so viele Bestandteile, dass seine Struktur unwiederbringlich zerstört wird und Kavitäten entstehen. Diese Kavitäten werden wiederum von Bakterien besiedelt, und so schreitet der Prozess im Inneren des Zahnes voran und wird schließlich klinisch durch einen oberflächlichen Einbruch sichtbar (34).

Die vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV) untersuchte im Jahr 2005 1283 Jugendliche im Alter von 15 Jahren. In dieser Gruppe wiesen 46,1 % ein Gebiss ohne Karieserfahrung auf. Deutlich mehr, nämlich 70,1 % der 12-Jährigen der Studie wiesen

ein kariesfreies Gebiss auf. Es scheint hier ein Zusammenhang mit einem hohen Sozialstatus der Familie, gutem Mundhygieneverhalten und kontrollierter Inanspruchnahme zahnärztlicher Dienstleistungen zu geben. Im Schnitt weisen 15-Jährige in dieser Studie einen DMFT-Index (Decayed-Missing-Filled-Teeth-Index) von 1,8 auf. 80 % der DMFT-Zähne sind mit einer Füllung versorgt. In der Studie zeigt sich eine Polarisierung des Kariesbefalls. 79,2 % der DMFT-Zähne verteilen sich auf nur 26,8 % der untersuchten Jugendlichen. Wiederum konnte eine Studie die Korrelation zwischen kariösen Zähnen, vorhandenem Zahnstein, Plaque- und Gingivitis-Indices bestätigen (12).

Karies unter Kindern und Jugendlichen hat in den letzten Jahren deutlich abgenommen: In deutschlandweiten Studien der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e.V. (DAJ) von Pieper (3) konnten sinkende Zahlen dokumentiert werden. Der DMFT-Index von anfänglich 2,44 der 12-Jährigen im Jahr 1994 sank auf 0,72 im Jahr 2009. 15-Jährige wurden erst ab dem Jahr 2004 erfasst. Daher stehen lediglich zwei Vergleichswerte zur Verfügung. Aber auch hier ist ein Rückgang von 2,05 (2004) auf 1,41 (2009) ersichtlich (Abb. 2) (2).

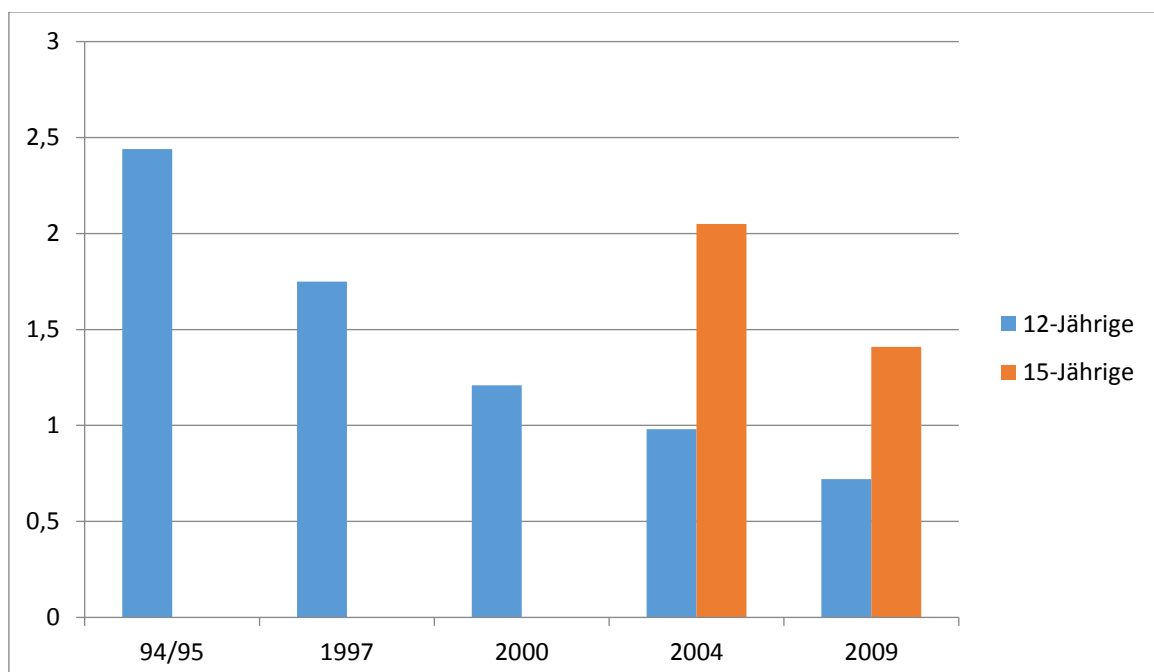


Abb. 2: DMFT-Index-Entwicklung von 1994 bis 2009 unter den 12- bzw. 15-Jährigen in Deutschland vorgestellt durch die DAJ nach Daten von Pieper (2, 3).

Verschiedenste Maßnahmen, aber auch gesellschaftliche Änderungen führen zu einer geringeren Kariesinzidenz. Eine sehr wichtige Maßnahme ist die präventive Einnahme von Fluorid:

- Trinkwasserfluoridierung
- Zahnpasta mit Fluorid
- Nahrungsmittel mit Fluorid (Speisesalz)
- Fluoridtabletten
- Mundspüllösungen mit Fluorid

Andere hilfreiche Faktoren sind:

- ein gestiegenes Bewusstsein hinsichtlich der eigenen Zähne
- weniger Zuckerkonsum
- verbreitete Anwendung von professioneller Zahnreinigung (PZR) und Fissurenversiegelungen
- Prävention in Schulen und Praxen
- weitverbreiteter Gebrauch von Antibiotika
- Veränderungen in der Kariesdiagnostik (9)

Die Wichtigkeit der Fluoride für die Zahnhartsubstanz unterstreicht das Experiment von von der Fehr et al. (6) an 12 ihrer Studierenden: Alle Probanden setzten ihre Mundhygiene aus, wobei die eine Hälfte neunmal am Tag mit einer zuckerhaltigen Lösung spülte. Nach 23 Tagen wurden die Probanden auf Plaque, Gingivitis und kariöse Frühläsionen untersucht. Es folgte eine PZR und zwei Monate tägliches Spülen mit 0,2 %-iger Natriumfluorid-Lösung ergänzend zur normalen Mundhygiene. Vor Wiederaufnahme der Mundhygiene wies die Saccharose-Gruppe deutlich mehr Plaque und Frühläsionen auf als die Kontrollgruppe; der Gingivitis-Index war jedoch vergleichbar. Nach zwei Monaten konnte gezeigt werden, dass sämtliche Frühläsionen aufgrund von Fluoridierungsmaßnahmen reversibel waren.

2.3 Plaqueentfernung

2.3.1 Techniken der Plaqueentfernung

Es gibt eine Vielzahl von Techniken zur Plaque-Entfernung mit Hilfe einer Handzahnbürste. Allerdings konnte in Vergleichsstudien keine uneingeschränkt als die beste hervorgehoben werden (52-54). Im Folgenden werden ein paar häufig empfohlene Techniken zur Plaqueentfernung kurz vorgestellt:

- Die modifizierte Bass-Technik wird am häufigsten empfohlen und schlägt vor, die Zahnbürste in einem 45-Grad-Winkel zum Zahnfleisch auf Zahn und Zahnfleisch aufzusetzen. Pro Zahn werden circa zehn „Rüttelbewegungen“ vom Zahnfleisch in Richtung Zahn ausgeführt, um die Beläge zu lockern und später auszuspülen (55, 56).

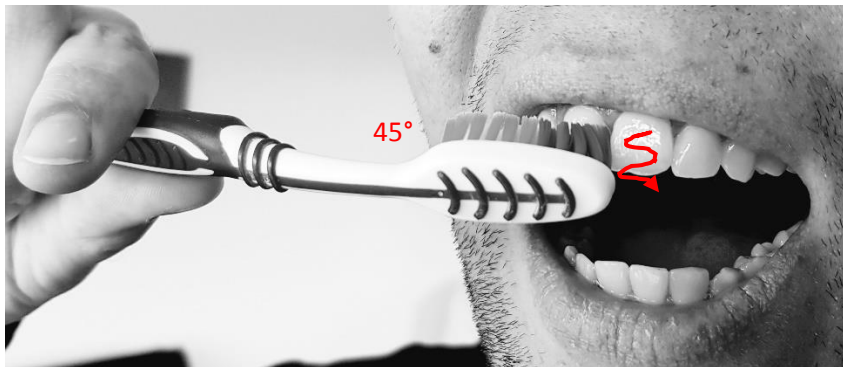


Abb. 3: Bildliche Darstellung der modifizierten Bass-Technik

- Nach der Stillman-Technik wird die Zahnbürste schräg in Richtung apikal an Zahn und Zahnfleisch angedrückt, horizontal bewegt und anschließend in einer Rollbewegung zur Kaufläche hin ausgestrichen. Diese Technik kombiniert Rüttel- und Rollbewegung (57).

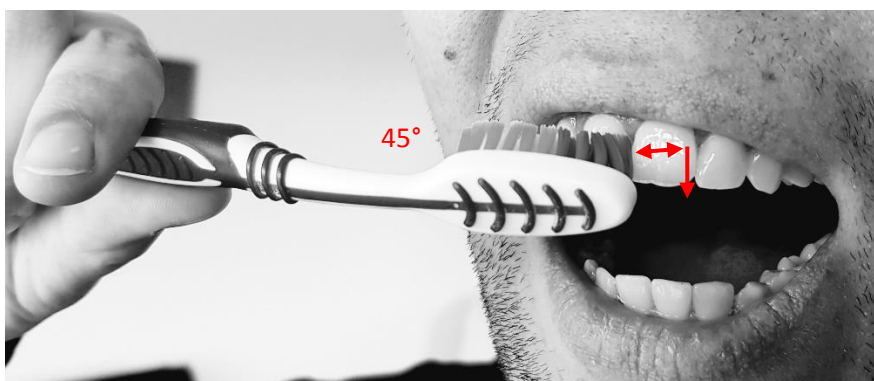


Abb. 4: Bildliche Darstellung der Stillman-Technik

- Kleine kreisende Bewegungen entlang der bukkalen, okklusalen und lingualen Zahnoberflächen sind nach Fones eine effektive Methode zur Reinigung der Zähne (58).



Abb. 5: Bildliche Darstellung der Putztechnik nach Fones

- Die Rot-nach-Weiß-Methode nach Leonhard wurde im Jahr 1949 beschrieben. Hierbei setzt man die Zahnbürste senkrecht auf die Bukkal- bzw. Lingualfläche des Zahnes und wischt vom Zahnfleisch (rot) zur Kaufläche des Zahnes (weiß). Okklusal wird durch horizontale Bewegungen der Bürste geputzt (59).



Abb. 6: Bildliche Darstellung der Rot-Weiß-Methode nach Leonhard

- Empfohlene Methode für Kinder ist die KAI-Methode. Hierbei werden die **Kauflächen** mit Hin- und Herbewegungen geputzt, anschließend die **Außenflächen** bei zusammengebissenen Zähnen mit großen Kreisen und zum Abschluss die **Innenflächen** mit kleinen kreisenden Bewegungen gereinigt. Der Hintergedanke dieser Methode ist, dass bei der Durchführung der Zahnpflege

an alle Zahnflächen gedacht wird und die Methode aufgrund ihrer Leichtigkeit „automatisch“ eingehalten wird (60).



Abb. 7: Bildliche Darstellung der KAI-Methode

- Das horizontale Schrubben der Zähne, auch „Schrubbtechnik“ genannt, ist sehr weit verbreitet, da sehr leicht zu erlernen. Allerdings werden hierbei wichtige Kariesprädispositionsstellen, wie Fissuren und proximale Bereiche, nicht gesäubert, und es besteht eine erhöhte Gefahr für Zahnfleischrezessionen (61).

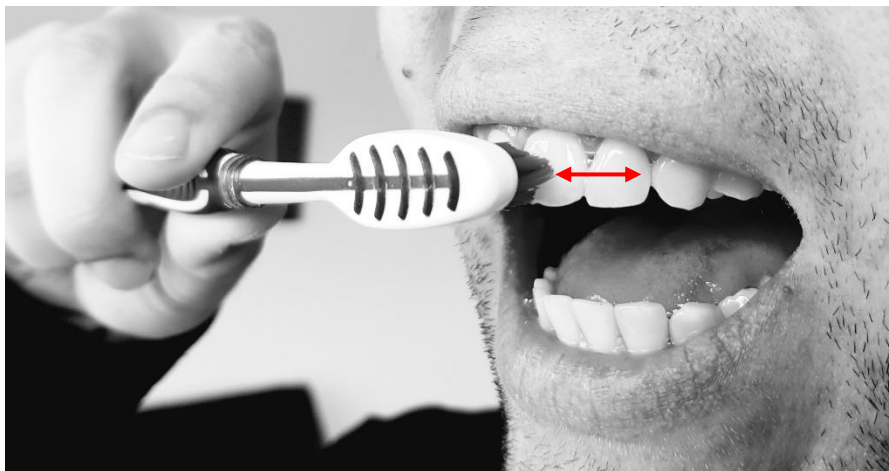


Abb. 8: Bildliche Darstellung der Schrubbtechnik

- Elektrische Zahnbürsten können Handzahnbürsten in der Qualität der Plaqueentfernung übertreffen. Allerdings bedürfen diese einer guten Instruktion, ansonsten sind die Ergebnisse unter Umständen ähnlich (62). Die aufwändigen Putztechniken für den Gebrauch einer Handzahnbürste fallen bei einer elektrischen weg. Es wird empfohlen, 30 Sekunden in jedem Quadranten zu putzen; es ergibt sich somit eine Putzzeit von 2 Minuten zweimal täglich. Der Bürstenkopf wird ohne großen Druck an die Zahnoberfläche gehalten und führt

selbstständig Putzbewegungen durch. Bukkale, linguale und okklusale Flächen sollen separat voneinander geputzt werden (63).



Abb. 9: Zähneputzen mit einer rotierend-oszillierenden Zahnbürste

2.3.2 Folgen falschen Putzens

Neben den Folgen von mangelnder Plaqueentfernung wie Gingivitis und Karies gibt es weitere Folgen bzw. Erkrankungen der Mundhöhle, die durch falsche Anwendung einer Zahnbürste herbeigeführt werden können.

Parodontale Rezessionen sind unter anderem Folge von falscher Dauer und Häufigkeit des Putzens, einer fehlerhaften Technik, zu starkem Druck auf die Zahnoberfläche und zu harten Bürstenborsten. Allerdings ist die Datenlage hierzu nicht eindeutig, und es gibt viele Studien, die keinen Zusammenhang zwischen Zähneputzen und Zahnfleischrezessionen finden konnten (64). Zahnfleischrezessionen sind definiert als Rückgang des Zahnfleisches in Richtung apikal, wodurch die Wurzeloberfläche des Zahnes exponiert wird. Abgesehen von der ästhetischen Beeinträchtigung kann es zu erhöhter Empfindlichkeit des Zahnes und Wurzelkaries kommen. Die Entstehung der Rezessionen ist – wie oben bereits angedeutet – multifaktoriell: anatomische, physiologische und pathologische Faktoren spielen eine Rolle. Mehr als 50 % der Bevölkerung sind an einer oder mehreren Stellen von einer Rezession von einem Millimeter oder mehr betroffen (65). Auch kieferorthopädische Behandlungen können bei Bewegungen der Zähne im Alveolarknochen zu Alveolarknochendehiszenzen und über diese zu Rezessionen führen (66-68).

Eine weitere Folge falscher manueller Plaquekontrolle sind keilförmige Defekte der Zahnhartsubstanz, in ihrer Entstehung ein multifaktorieller Prozess. Die

Hauptursachen sieht man in horizontalem Zähneputzen und abrasiven Zahnpasten. Die Hypothese, dass diese Defekte durch übermäßige exzentrische Belastung und darauf folgende Aussprengungen entstehen, ist bislang nicht belegt (69). Bei einem Anpressdruck von 2 Newton und horizontalem Schrubben wird der Schmelz nicht beeinträchtigt. Für Läsionen im Zement oder Dentin des Zahnes reicht dieser Druck jedoch aus (70). Ganss et al. (71) untersuchten 2009 das Putzverhalten von 103 Erwachsenen, ohne ihnen vorher Anweisungen zur optimalen Mundhygiene zu geben. Hier lag der durchschnittliche Anpressdruck beim Putzen allerdings bei 2,3 Newton (max. 4,1 Newton). Entgegen der weitverbreiteten Annahme, dass ein größerer Druck beim Putzen die Plaque besser reduziert, bewies eine Studie von van der Weijden et al. (72), dass hier keine lineare Beziehung besteht.

Laut einer aktuellen Studie von Graetz et al. (73) erlaubt eine elektrische Zahnbürste ein sanfteres Zähneputzen mit weniger Druck. Vor allem abgenutzte Borstenflächen mit gespreizten Borsten können das Zahnfleisch verletzen. Insbesondere bei bereits bestehenden Läsionen aufgrund von falscher Putztechnik ist eine elektrische Zahnbürste daher empfehlenswert. Auch Janusz et al. (74) bestätigen den geringeren Druck beim Putzen mit einer elektrischen Zahnbürste im Vergleich zu Handzahnbürsten.

2.3.3 Prophylaxe-Instrument Zahnbürste

2.3.3.1 Klassische Handzahnbürste

Die meisten Historiker sind sich einig, dass die erste Zahnbürste um 1498 in China entwickelt wurde; Schweineborsten wurden in ein Stück Ochsenknochen eingebracht. Lange Zeit waren Zahnbürsten so teuer, dass nicht jeder sich eine für die tägliche Mundhygiene leisten konnte. In den 20er Jahren gab es bereits „Familienzahnbürsten“ für die ärmere Bevölkerung. Die klassische, erschwingliche Handzahnbürste, wie wir sie heute kennen, wurde in den 1920ern auf den Markt gebracht; Nylonborsten ersetzen die natürlichen Borsten, und Knochengriffe wurden durch Holz oder Plastik ausgetauscht (75). Die meist genutzten Produkte zur Mundhygiene sind seitdem eine Handzahnbürste in Kombination mit Zahnpasta (12).

Bereits im Jahr 1948 definierte Bass die optimalen Charakteristiken einer Handzahnbürste wie folgt:

- Ein einfacher und gerader Griff ist von Vorteil.
- Die Borsten sollen eine Länge von 10,3 mm aufweisen.
- Die Zahnbürste soll 12,25 cm lang und der Bürstenkopf 11,1 mm breit sein.
- Jede Reihe soll aus sechs Borstenbüscheln und ein Büschel aus je 80 Nylon-Borsten bestehen.
- Die Borsten sollen gleichmäßig angeordnet sein.
- Jede Borste soll abgerundet sein und einen Durchmesser von 0,18 mm aufweisen.
- Ein planes Borstenfeld ist sinnvoll.
- Zahnbürsten für Kinder sind entsprechend kleiner zu dimensionieren. (76)

Viele unterschiedliche Designs, die eine optimale Hygiene versprechen, wurden seither entwickelt. Allerdings scheint das Design weniger wichtig zu sein als die Fähigkeit des Besitzers, eine effiziente Putztechnik auszuführen. Claydon et al. (77) untersuchten in einer Studie mehrere Bürsten auf ihre Effizienz. Es gab kaum Unterschiede zwischen den Ergebnissen, allerdings wurden mit jeder Zahnbürste lediglich circa 50 % der Plaque entfernt. Dieser schlechte Wert rührt wohl daher, dass manche Zahngruppen schlecht oder sogar ganz vergessen werden; vor allem linguale Zahnflächen werden oft vernachlässigt (78). Schmid et al. (10) konnten eine Reduzierung der Ablagerungen von bis zu 71 % an lingualen und 86 % an bukkalen Zahnflächen feststellen; dieses Ergebnis konnte bei acht Teilnehmern der Studie nochmals auf bis zu 100 % Plaquereduktion gesteigert werden, indem interdentale Hygieneartikel genutzt wurden.

Generell sollten die Zahnoberflächen zweimal täglich mit einer Zahnbürste gereinigt werden. Dies untermauert die Studie von Lang et al. (79), bei der die niedrigsten Plaqueindices in der Gruppe der Probanden erhoben wurden, die alle 12 Stunden ihre Zähne putzten. Gingivale Entzündungen wurden erst ab einem Putzabstand von mehr als 48 Stunden gefunden. Die Plaquereduktion ist direkt von der Putzdauer abhängig. 120 Sekunden gründliches Putzen entfernen 26 % mehr Plaque als dies in 45 Sekunden der Fall ist. Es ist daher zu empfehlen, mindestens 2 Minuten lang die Zähne zu putzen (80).

Wann bzw. wie oft eine Zahnbürste getauscht werden sollte, ist nicht eindeutig geklärt, da auch hier widersprüchliche Studien vorliegen. Konsens besteht, dass die Abnutzung durch individuelle Faktoren wie Anpressdruck, Technik oder bevorzugte Härte der Borsten variiert wird. Auch wenn nicht eindeutig wissenschaftlich belegt werden kann, dass eine abgenutzte Zahnbürste schlechtere Reinigungsergebnisse erzielt, ist ein Wechsel alle drei Monate durchaus als sinnvoll zu erachten. Im Jahr 1999 wurden in Deutschland im Schnitt zwei Zahnbürsten pro Jahr benutzt, was einer Gebrauchsdauer von 6 Monaten entspricht (81).

2.3.3.2 Elektrische Zahnbürsten

Die ersten elektrischen Zahnbürsten kamen um 1960 auf den Markt (75). Heute gibt es einerseits rotierend-oszillierende mit einem kleinen runden Kopf, andererseits Modelle basierend auf Schalltechnologie mit überwiegend länglichem Kopf (82).

Zu Beginn der Entwicklung der elektrischen Zahnbürsten waren diese wenig überzeugend. In mehreren Studien war die elektrische einer konventionellen Handzahnbürste nicht überlegen (83-86). Für Patienten allerdings, die aufgrund einer kieferorthopädischen Multibracket-Apparatur erschwerten Zugang zu ihren Zähnen hatten, war bereits die erste Generation der elektrischen Zahnbürste von Vorteil. Es konnte mehr Plaque entfernt werden als mit einer konventionellen Handzahnbürste (87).

Das Unternehmen Braun/Procter&Gamble (Oral-B®) veranlasste seitdem über 250 Studien zur Prüfung von rotierend-oszillierenden Zahnbürsten aus deren Entwicklung (88). Die weiterentwickelten elektrischen Zahnbürsten zeigen deutlich bessere Ergebnisse als Handzahnbürsten. In einer Studie von van der Weijden et al. (89) im Jahr 2001 konnten mittels einer elektrischen Zahnbürste bis zu 74 % der Plaque entfernt werden. In einer späteren Studie ließen sich nochmals verbesserte Ergebnisse mit der elektrischen Zahnbürste erzielen: Zwei Minuten professionelles Putzen durch eine Fachkraft reduzierte die Plaque um 94,2 %; zehn Minuten Politur durch ein Fachkraft ergab im Vergleich dazu eine Reduktion um 94,8 %; gesteigert wurde dies noch durch zehnminütiges Putzen durch eine Fachkraft, wodurch 99,4 % der Plaque entfernt werden konnten (90). Dass elektrische rotierend-oszillierende

Zahnbürsten die klassische manuelle Zahnbürste in der Plaquerreduktion signifikant übertreffen, wurde in einer Vielzahl weiterer Studien belegt (19-25, 91).

Rotierend-oszillierende Zahnbürsten und Schallzahnbürsten verbessern die Mundhygiene im Vergleich zur alleinigen Nutzung einer klassischen Handzahnbürste signifikant. Im direkten Vergleich der beiden elektrischen Typen schneidet die rotierend-oszillierende elektrische Zahnbürste besser ab (92-95).

2.4 Einfluss der Motivation auf die Mundhygiene

Die Motivation des Patienten ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg der täglichen Zahnpflege und somit für eine gesunde Mundhöhle. Zufriedenheit mit dem Produkt und Spaß am Zähneputzen verlängern die Putzzeit und verbessern mit der richtigen Technik so automatisch die Mundgesundheit (96). Stetig weiterentwickelte Innovationen, wie neue Geschmacksrichtungen der Zahnpasta oder der neuen Technik angepasste Instrumente, versuchen das Interesse der Kunden zu steigern und das Putzen zu vereinfachen (97).

Der Gebrauch von elektrischen Zahnbürsten bei der täglichen Mundhygiene kann nicht nur die Mundgesundheit, sondern auch die Compliance deutlich steigern (98). Milleman (96) konnte aufzeigen, dass jugendliche Patienten signifikant länger mit einer elektrischen Zahnbürste putzen; im Schnitt waren dies 120 Sekunden mit der elektrischen und 90 Sekunden mit der Handzahnbürste. Das entspricht einer Steigerung der Compliance um 33 %. In einer Studie mit über 16.000 Teilnehmern wurde bei 80,5 % ein positiver Effekt der elektrischen Zahnbürste auf die Mundhygiene festgestellt. 88,9 % gaben an, auch nach Beendigung der Studie mit dieser neuen Zahnbürste weiter zu putzen. Auch die Untersucher konnten zum größten Teil von den Vorteilen einer elektrischen Zahnbürste überzeugt werden, welche sie vorher aufgrund von mangelnder eigener Erfahrung nicht unkritisch betrachtet hatten (99).

Zur weiteren Steigerung der Compliance durch visuelle Stimulation wurden Zusatzgeräte entwickelt, wie zum Beispiel der SmartGuide® von Oral-B®. Dieser zeigt die Putzzeit mit jeweiligem Quadranten, Anpressdruck und Putz-Modi. In einer Untersuchung zur Testung dieses SmartGuides® konnten Putzzeiten von durchschnittlich 137,4 Sekunden gemessen werden im Vergleich zu 98,9 Sekunden in der Handzahnbürsten-Gruppe. Gleichzeitig waren die SmartGuide®-Probanden

5,1mal mehr compliant in den Punkten zweimal am Tag und zwei Minuten lang Zähne zu putzen (97). Eine Weiterentwicklung des SmartGuides® ist eine App auf dem Smartphone, welche über Bluetooth-Technologie mit der Zahnbürste verbunden ist. Mit dieser App beschäftigte sich die klinische Studie, die dieser Dissertation zugrunde liegt. Die App in Kombination mit einer kompatiblen elektrischen Zahnbürste wurde bereits in einer ähnlichen Studie aus dem Jahr 2018 an 60 Jugendlichen jedoch ohne festsitzende kieferorthopädische Apparaturen auf den Zahnoberflächen untersucht. Es konnten u.a. signifikant bessere Ergebnisse bezüglich Plaqueentfernung und Putzzeit im Vergleich zu einer Handzahnbürste festgestellt werden (1).

2.5 Einfluss von kieferorthopädischen Apparaturen auf die Mundhygiene

Patienten mit festen kieferorthopädischen Apparaturen haben naturgemäß größere Schwierigkeiten eine gute Mundhygiene aufrecht zu erhalten. Vor allem die labialen Flächen der Zähne, auf welchen die Brackets klassischerweise befestigt werden, sind die kritischsten Bereiche für Plaqueansammlungen. Cervical, mesial und distal der Brackets finden sich häufig Beläge (16).

Feste Zahnspangen verändern das Milieu der Mundhöhle. Diverse Studien konnten nachweisen, dass nach dem Einsetzen einer festen Zahnspange die Menge an *Candida albicans*, *Streptococcus mutans* und *Lactobacillus acidophilus* ansteigt, der pH-Wert des Speichels in den sauren Bereich abfällt und teilweise ein veränderter Speichelfluss vorherrscht (100-102). Aus diesen Veränderungen resultiert ein erhöhtes Risiko für eine Demineralisation der Zähne (18) mit anschließender Karies und Gingivitis (101). Eine generalisierte, moderate Gingivitis kann bei der Mehrheit der Patienten ein bis zwei Monate nach dem Einbringen einer festen Zahnspange beobachtet werden (17).

Die Patienten müssen auf diesen Zustand aufmerksam gemacht und geschult werden, wie sie ihre Mundhygiene dauerhaft verbessern bzw. aufrechterhalten können. Die ständige Motivation und das Geben von Hilfestellungen ist Aufgabe der Kieferorthopäden und ihrer Teams. Diese müssen bei den Kontrollen nicht nur die kieferorthopädischen Fortschritte, sondern auch die Mundhygiene des Patienten kritisch betrachten (16). Ein individuelles Abwägen der Risikofaktoren vor dem Einsetzen der Apparatur ist sinnvoll. Zusätzlich kann mit fluoridhaltigen

Mundspüllösungen gespült werden. Tipps zur zahnschonenden Ernährung sollten dem Patient an die Hand gegeben werden (18).

Elektrische Zahnbürsten sind einer klassischen Handzahnbürste auch bei kieferorthopädischen Patienten mit festsitzenden Apparaturen signifikant überlegen (1, 103).

2.6 Zahnputzverhalten der Bevölkerung, insbesondere das Verhalten von Jugendlichen

Im Bereich der Zahnmedizin besteht ein außerordentlich großer Zusammenhang zwischen dem Verhalten des Patienten und dem Befund der Mundhöhle. Aus diesem Grund ist ein solides und motiviertes Putzverhalten von großem Interesse. Ein Großteil der Bevölkerung ist davon überzeugt, dass die Zahngesundheit von ihnen selbst kontrolliert werden kann. Diese Einstellung lässt im Alter vermutlich aufgrund von negativen Erfahrungen mit den eigenen Zähnen nach. Im Fragebogen der DMS IV gaben 80 % der Befragten an, sich zweimal täglich die Zähne zu putzen. Wird dieses Kriterium allerdings detaillierter untersucht (Zeitpunkt, Dauer, Häufigkeit des Putzens), so ergibt sich ein wesentlich kritischeres Ergebnis: Kinder haben zu 58,1 %, Jugendliche zu 59,3 %, Erwachsene zu 67,9 % und Senioren zu 77,4 % eine „eher schlecht“ zu beurteilende Mundhygiene. Im Vergleich zu vorherigen Befragungen hat sich die Mundhygiene jedoch verbessert. Im Jahr 1997 wurde sie beispielsweise bei 78,9 % der Erwachsenen zwischen 35 und 44 Jahren als „eher schlecht“ eingestuft (12). Die Ergebnisse der DMS V weichen zum Teil nur minimal von diesen Ergebnissen ab: 54,9 % (-3,3 %) der Kinder, 68,7 % (+0,8 %) der jüngeren Erwachsenen (33 – 44 Jahre), 68 % (-9,4 %) der jüngeren Senioren (65 – 74 Jahre) putzen ihre Zähne „eher schlecht“ (11).

Zur Verbesserung der Mundhygiene werden vor allem Handzahnbürsten, zu etwa 30 % elektrische Zahnbürsten, zuckerfreie Kaugummi, Mundspüllösungen und Zahnseide verwendet. Ein regelmäßiger Zahnarztbesuch zur Kontrolle der Mundhygiene ist in allen Altersgruppen für mehr als 70 % der Befragten fester Bestandteil. 9 von 10 Personen der Umfrage gaben an, einen festen Hauszahnarzt zu konsultieren, welchen sie regelmäßig oder bei Problemen aufsuchen. Circa 1 % war in den letzten 5 Jahren nicht beim Zahnarzt; unter den Senioren betrug der Anteil

allerdings 5,6 %. Außerhalb der Hauptmahlzeiten werden häufig Zwischenmahlzeiten gegessen; diese bestehen vor allem aus Obst und Süßigkeiten (12). Der empfohlene Grenzwert für Zwischenmahlzeiten aus zahnmedizinischer Sicht liegt bei einem Maximum von zwei Mahlzeiten pro Tag (104).

Neben Risikofaktoren für Parodontitis wie schlechter Mundhygiene, Rauchen oder Diabetes wird Adipositas heute als ein eigenständiger Risikofaktor diskutiert. Insbesondere in der Erwachsenenengruppe ist der Zusammenhang zwischen Übergewicht und Parodontitis hoch signifikant (12).

Viele Jugendliche aus unterschiedlichsten Ländern und Ethnien weisen eine ungenügende Mundhygiene mit kariösen Läsionen und Gingivitis auf (13-15, 105-107). Wenn diese Jugendlichen zudem feste Zahnspangen tragen, erhöht sich das Risiko zu erkranken aufgrund der erschwerten Mundhygiene um ein Vielfaches (16) (vgl. hierzu Abschnitt 2.5). Jugendliche bzw. deren Zähne sind besonderen alterstypischen Risiken ausgesetzt. Die Mundhygiene der Kinder und Jugendlichen ist zudem stark abhängig von deren familiären Verhältnissen. Mundhygienegewohnheiten werden ihnen von den Eltern beigebracht, teilweise überwacht, irgendwann akzeptiert und als selbstverständlich erachtet. Störungen des sozialen Gefüges, z.B. plötzliche Arbeitslosigkeit eines Elternteils, können tägliche Dinge, wie das regelmäßige Zähneputzen, nachteilig beeinflussen (12). Es konnte gezeigt werden, dass überwacht Zähneputzen die Mundhygiene fördern kann. Auch die Motivation einer Gruppe, zum Beispiel einer Schulklasse, ist förderlich (108).

Die DMS IV konnte einen direkten Zusammenhang zwischen kariösen Läsionen und dem Kriterium „mehr als 2 Zwischenmalzeiten pro Tag“ bei Kindern und Jugendlichen feststellen. Getränke, welche eine erosive Wirkung auf die Zahnhartsubstanz haben, erfreuen sich großer Beliebtheit; deren Konsum nimmt mit zunehmendem Alter wieder ab (12). Jugendliche sind die größten Konsumenten von zuckerhaltigen Getränken. Eine amerikanische Studie ergab, dass in der untersuchten Region 65 % der 12- bis 17-Jährigen mindestens ein süßes Getränk pro Tag zu sich nahmen (109). In Australien nehmen 76 % der Jugendlichen täglich Süßigkeiten zu sich, zu welchen auch die süßen Getränke zählen (110). Auch sogenannte Sportgetränke sind reich an Zucker und haben einen sauren pH-Wert. Diese Kombination fördert Karies und Erosionen der Zähne. In einer englischen Studie gaben 90 % der Befragten an, diese

aufgrund des tollen Geschmacks und auch außerhalb von sportlichen Aktivitäten zu trinken (111).

Jugendliche putzen ihre Zähne schlechter als der Durchschnitt (78, 112-114). Die Gallup Youth Survey untersuchte das Putzverhalten von Jugendlichen. Nach dieser Studie putzen 64 % zweimal oder mehr pro Tag ihre Zähne, 34 % allerdings nur einmal am Tag, und 2 % der Probanden putzen ihre Zähne nicht regelmäßig. Mädchen schneiden in dieser Studie besser ab als Jungs im selben Alter (70 % bzw. 58 % putzen ihre Zähne zweimal oder mehr pro Tag). Eine optimale Zahnpflege sollte einmal täglich durch Zahnseide ergänzt werden, damit die Zahnzwischenräume gereinigt werden. Laut Gallup nutzten lediglich 13 % regelmäßig und 44 % selten oder nie Zahnseide ergänzend zum täglichen Zähneputzen (112). Laut Harms (112) ist es sehr wichtig, dass Kinder bzw. Jugendliche das korrekte Zähneputzen plus ergänzende Maßnahmen erlernen, insbesondere weil diese oft Zahnsparangen tragen müssen; es zählt nicht alleine die Zeit, welche aufgewendet wird, sondern die Technik. Stetige Motivation ist ebenfalls sehr wichtig.

Daher ist es wünschenswert, dass Mundhygieneartikel entwickelt werden, die speziell an die Wünsche und Ansprüche von Jugendlichen angepasst sind, dadurch nachhaltig motivieren können und eine Steigerung der Compliance bewirken.

2.7 Entwicklung und Umgang der Bevölkerung mit Smartphones und Apps

Der tägliche Umgang mit Internet, Handys und Computern hat sich in den letzten Jahren in starkem Maße weiterentwickelt. Der nahezu überall verfügbare Zugang zum Internet durch verschiedene Geräte ist für viele Menschen mittlerweile selbstverständlich und Bestandteil des Alltags geworden. Im Jahr 2011 besaßen 35 % der erwachsenen Amerikaner ein Smartphone. Vier Jahre später war dieser Anteil auf 64 % angestiegen (115).

Bereits Jugendliche haben zum größten Teil Zugang zu diesen Geräten, besitzen ein eigenes Handy oder einen Laptop. Eine amerikanische Studie von 2015 ergab, dass 87 % der befragten Jugendlichen einen Laptop/Computer besitzen oder Zugang zu diesem haben; 88 % haben Zugang zu einem Handy, davon sind 73 % Smartphones. Der Besitz eines Smartphones korreliert mit dem Einkommen der Eltern (116). Junge Erwachsene zwischen 18 und 34 Jahren benutzen das Internet und Smartphones

deutlich häufiger als Personen über 35 Jahre. Die Jüngeren sind fast täglich im Internet und aktiv in sozialen Netzwerken. Diese Tendenz ist sowohl in den Industrie- als auch in den Schwellen- und Entwicklungsländern gleichermaßen zu beobachten. Laut dieser Studie ist Südkorea mit 94 % Smartphone-Nutzern unter den Erwachsenen weltweit führend. In Deutschland besaßen im Jahr 2015 85 % der Erwachsenen ein Smartphone (117).

Jugendliche zwischen 13 und 17 nutzen das Internet sehr oft, circa 92 % laut der Teens Relationship-Studie täglich. Davon sind 24 % quasi durchgehend online und 56 % mehrmals täglich. Internetspiele über Computer, Konsole oder auch Smartphone werden von 72 % der Jugendlichen genutzt. Jungs spielen mit 83 % deutlich mehr als Mädchen im gleichen Alter (116).

Die Smartphones werden nicht nur zum Telefonieren, Schreiben oder einfachen Internetsurfen benutzt. Die Trends-Panel-Studie von 2014 nannte weitere Themenbereiche wie Online-Banking (57 %) und Jobsuche (43 %); 62 % der Smartphone-Nutzer gaben an, Informationen über ihren Gesundheitszustand mit ihrem Smartphone abzufragen. Das Handy wird vor allem unter jungen Erwachsenen (18 - 29 Jahre) neben den herkömmlichen Funktionen gegen das Aufkommen von Langeweile genutzt (92 %) (115).

Im Jahr 2010 standen bereits 17.000 unterschiedliche Apps in den großen App-Stores zur Verfügung. Sogenannte Gesundheits-Apps erfreuen sich immer größerer Beliebtheit. Jahns (118) ging 2010 davon aus, dass circa 500 Millionen Personen im Jahr 2015 eine solche App herunterladen und nutzen werden. Gesundheits-Apps sind nicht zur Unterhaltung gedacht, sondern können wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit und Ernährungsgewohnheiten nehmen. Es gibt Apps, die Diäten und das Gewicht managen, sportliche Aktivitäten aufzeichnen oder dabei helfen von Alkohol, Drogen und Zigaretten loszukommen. Erkrankungen wie Krebs, Asthma und Diabetes mellitus wurden im Zusammenhang mit dafür erfolgreich konzipierten Apps untersucht. Sie können Gesundheitsinformationen an den Nutzer übermitteln, unter Umständen den Lebensstil des Nutzers beeinflussen und Gesundheitsdaten des Patienten festhalten und kontrollieren. Durch die weite Verbreitung von Smartphones kann über diese Apps eine große Reichweite mit vielen und ansonsten schwer zu erreichenden Teilnehmern erzielt werden (119).

3. Material und Methoden

3.1 Administrative Vorbereitung

Die Genehmigung zur Durchführung der Studie wurde bei der Ethikkommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz außerhalb des Geltungsbereichs des AMG am 10.11.2014 beantragt, durch deren Vorsitzenden unter der Antragsnummer 837.485.14 (9742) am 25.2.2015 und nach eingereicherter Änderung bezüglich der Studiendauer nochmals am 17.8.2015 genehmigt.

3.2 Material

3.2.1 Probanden

Die vorliegende Studie erforderte die freiwillige Teilnahme von 60 Probanden. Diese wurden über die Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz rekrutiert. Die Probanden mussten folgende Einschlusskriterien erfüllen, um an der Studie teilnehmen zu dürfen:

Die folgenden Einschlusskriterien wurden vor der Aufnahme in die Probandenliste beim Screening-Termin sorgfältig überprüft:

- Einverständniserklärung seitens des Probanden, als auch von dessen Erziehungsberechtigten
- Alter zwischen 13 und 17 Jahre
- Multibracket-Apparatur in beiden Kiefern
- Überwiegende Verwendung einer Handzahnbürste für die tägliche Mundpflege
- Allgemein guter Gesundheitszustand
- Mindestens 16 natürlichen Zähnen ohne die dritten Molaren/Weisheitszähne mit bewertbaren fazialen und lingualen Oberflächen
- Mindestens ein und maximal sechs Bereiche, die eine besonders intensive Mundpflege benötigen (Focus Care Areas)
- Einen mittleren TMQHPI $\geq 1,75$

Ausschlusskriterien beim Screening-Termin:

- Schwerwiegende, unbehandelte kariöse Läsionen, schwere Gingivitis oder Parodontitis, welche einer sofortigen Behandlung bedurften
- Aktuelle Parodontitisbehandlung
- Rauchen und jeglicher anderer Konsum von Tabak
- Einnahme von Antibiotika oder Chlorhexidin-Mundspüllösung innerhalb von zwei Wochen vor Beginn der Studie
- Eine zahnärztliche Prophylaxebehandlung innerhalb eines Monats vor Beginn der Studie
- Orale oder periorale Piercings
- Jegliche Vorerkrankungen, die eine sichere Teilnahme des Probanden an der Studie gefährden

Grundsätzlich galten während der Studie die folgenden Regeln:

- An den Untersuchungstagen durfte nach 8 Uhr keine Mundhygiene mehr durchgeführt werden.
- An den Untersuchungstagen durfte zwei Stunden vor dem Termin nicht mehr gegessen, Kaugummi gekaut oder getrunken werden (abgesehen von kleinen Schlucken Wasser bis 45 Minuten vor der Untersuchung).
- Die Teilnahme an anderen Mundhygienestudien war erst nach Beendigung der Studie erlaubt.
- Sämtliche nicht zwingend notwendige zahnärztliche Behandlungen sowie auch Prophylaxetermine waren bis zur Beendigung der Studie aufzuschieben.
- Während der Behandlungsphase war ausschließlich die Verwendung der Studienprodukte zur Mundhygiene erlaubt.
- Die Anwendung der Produkte musste entsprechend den Anweisungen erfolgen.
- Keine Anwendung von Antibiotika oder Chlorhexidin war gestattet.

3.2.2 Testzahnbürsten und Zahnpasta

Zur Untersuchung der Effektivität der Plaqueentfernung und der Motivationssteigerung wurden zwei Zahnbürsten miteinander verglichen (Tab. 1).

Tab. 1: Materialien von Test- und Kontrollgruppe

Gruppe	Zahnbürste	Zahnpasta
Testgruppe	Oral-B® Professional Care 6000 (D36) mit Oral-B® Precision Clean Aufsteckbürste (EB20), Smartphone Samsung® Galaxy S3 mit Oral-B® App Version 2.1	Blend-a-Med Classic Zahnpasta (1450 ppm NaF)
Kontrollgruppe	Oral-B® Indicator 35 Soft Handzahnbürste	Blend-a-Med Classic Zahnpasta (1450 ppm NaF)

Die Probanden der Testgruppe erhielten beim Baseline-Termin eine elektrische interaktive Zahnbürste, Oral-B® Professional Care 6000 (D36) mit aufsteckbarem Oral-B® Precision Clean Bürstenkopf (EB20) (Procter & Gamble, Kronberg, Deutschland; Abb. 10), das passende Ladegerät hierzu und ein Smartphone von Samsung (Samsung® Galaxy S3; Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, South Korea). Auf dieses Smartphone wurde die Oral-B® App Version 2.1 (Procter & Gamble, Cincinnati, OH, USA) installiert, unter deren Anleitungen die jugendlichen Probanden während der Studienzeit ihre Zähne putzten. Zahnbürste und Handy konnten sich *via* Bluetooth-Technologie verbinden und miteinander kommunizieren. Ein zusätzlicher Bürstenkopf wurde den Probanden mit nach Hause gegeben, da die Aufsteckköpfe bei Personen mit Multibracket-Apparaturen einem sehr viel schnelleren Verschleiß unterliegen als bei Personen mit glatten Zahnoberflächen. Sobald die Kunststoffhärchen irreversibel verbogen und somit abgenutzt sind, reduziert sich ihre Putzleistung (81). Auf Nachfrage wurden weitere Aufsteckbürsten ausgegeben.



Abb. 10: Materialien der Testgruppe: Oral-B® Professional Care 6000 (D36), Ladegerät, Oral-B® Precision Clean Bürstenkopf (EB 20) (120)

Die Personen der Kontrollgruppe erhielten eine Handzahnbürste zur täglichen Mundhygiene (Abb. 11). Diese ist ebenfalls von Oral-B® und nennt sich Oral-B® Indicator 35 Soft Handzahnbürste (Procter & Gamble, Cincinnati, OH, USA).



Abb.11: Materialien der Kontrollgruppe: Oral-B® Indicator 35 Soft Handzahnbürste (120)

Beide Gruppen erhielten zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse zum Baseline-Termin die gleiche herkömmliche Zahnpasta (Blend-a-Med Classic, Procter & Gamble, Groß Gerau, Deutschland), welche 1450 ppm Natriumfluorid (NaF) enthält (Abb. 12). Bei Nachfrage wurden weitere Tuben der Zahnpasta ausgegeben.



Abb. 12: Zahnpasta beider Gruppen: Blend-a-Med Classic (120)

3.2.3 Anfärben der Plaque

Die vorhandenen Zahnbeläge wurden für die Bewertung durch den Prüfarzt mit dem Plaquerevelator Mira-2-Ton® (Hager & Werken GmbH & Co. KG, Duisburg, Deutschland) angefärbt. Diese Lösung ist eine reine Lebensmittelfarbe ohne Erythrosin (Aqua, Lebensmittelzusatzstoff (Natriumbenzoat, Kaliumsorbat), Lebensmittelfarbstoff (Phloxin B (C.I. 45410), Brillantblau (C.I. 42090))). Mithilfe dieser Lösung, welche auf die Zahnoberflächen aufgebracht wird, kann nach dem Ausspülen des Mundes mit Wasser Plaque sichtbar gemacht werden. Es zeigen sich zwei Farben: rosa werden „jüngere“ Beläge, violett bis blau zeigt sich die Plaque ab drei Tagen (Abb. 13).



Abb. 13: Angefärbte Plaque mit Mira-2-Ton® bei einem Patienten mit Multibracket-Apparatur

3.3 Methoden

3.3.1 Studiendesign

Die vorliegende Studie wurde an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Mainz über einen Zeitraum von sechs Wochen plus dem Screening-Termin vor Beginn der Produktausteilung durchgeführt. Das Studiendesign war einfach-blind, parallel und randomisiert angelegt:

- Einfach-blind: Der Untersucher wusste nicht, welches Produkt dem Probanden zugeordnet wurde.
- Parallel: Es gab eine Testgruppe mit elektrischer Zahnbürste plus Smartphone und eine Kontrollgruppe mit Handzahnbürste.
- Randomisiert: Mittels eines Computerprogramms wurden die Jugendlichen anhand ihres Alters, Geschlecht, Anzahl der FCAs und dem Plaqueindex am Baseline-Termin gleichmäßig und zufällig in die beiden Gruppen aufgeteilt.

3.3.2 Studienablauf

Die Studie folgte dem in Tab. 2 zusammengefassten Zeitplan.

Alle Untersuchungstermine fanden nachmittags zwischen 13:00 und 17:30 statt.

Tab. 2: Zeitplan und durchgeführte Vorgänge

Vorgang	Termin 1 Screening	Termin 2 Baseline	Termin 3 Woche 2	Termin 4 Woche 6
Einwilligungserklärung	X			
Anamnese	X			
Demographische Daten	X			
Einschluss-/Ausschlusskriterien	X			
Kontinuitätskriterien		X	X	X
Orale Untersuchung	X	X	X	X
Identifikation Focus Care Areas	X			
Prüfung Focus Care Areas				X
TMQHPI	X	X	X	X

Vorgang	Termin 1 Screening	Termin 2 Baseline	Termin 3 Woche 2	Termin 4 Woche 6
Produktzuordnung		X		
Produktvergabe		X		
Einstellen der App		X		
Putzzeit-Erhebung	X		X	X
Betreutes Putzen		X		
Fragebogen	X			X
Allgemeine Kommentare	X	X	X	X
Adverse Events	X	X	X	X
Produkt-Rückgabe				X
Entlassung des Probanden aus der Studie				X

3.3.2.1 Termin 1: Screening

Der erste Termin der Studie umfasste das eingehende Screening der jugendlichen Probanden. Zunächst erfolgte eine eingehende Erläuterung der Studie. Es wurde eine Einverständniserklärung an die minderjährigen Probanden und eine zweite Version an die Eltern zum sorgfältigen Lesen und anschließenden Unterschreiben ausgeteilt. Zur Teilnahme wurden die Unterschriften von beiden Erziehungsberechtigten und des Probanden benötigt. Eine von der Studienärztin unterschriebene Kopie der beiden Einverständniserklärungen wurde an jede Familie ausgehändigt.

Anschließend wurde eine eingehende Anamnese der Jugendlichen vorgenommen, wobei demographische Daten wie Alter, Geschlecht und ethnische Zugehörigkeit des Probanden notiert wurden. Bei der Herkunft der Probanden wurde unterschieden zwischen Kaukasisch, Ostasien, Westasien, von schwarzer Hautfarbe, Nordafrika und andere.

Die Fragen der Einschluss- und Ausschlusskriterien wurden zusammen mit den Probanden besprochen und auf Kompatibilität mit der Studie überprüft. Die ausführlichen Kriterien sind in Abschnitt 3.2.1 zu finden.

Nach Erhebung aller notwendigen schriftlichen Daten wurde die orale bzw. periorale Untersuchung durch die Studienärztin durchgeführt. Die folgenden Gewebe wurden untersucht und als normal oder auffällig (mit eventuell notwendigen Kommentaren) protokolliert:

- periorales Gewebe, Lippen;
- labiale Schleimhaut, bukkale Schleimhaut;
- labiale und bukkale Umschlagfalte;
- freie und fixierte Gingiva;
- harter und weicher Gaumen;
- Oropharynx, Uvula;
- Zunge;
- sublinguale Region;
- andere Gewebe.

Anschließend wurden die Probanden gebeten für eine Minute mit Mira-2-Ton® Lösung zu spülen, welche die Plaque auf den Zahnoberflächen für die Studienärztin sichtbar macht. Die Prüferin identifizierte anschließend Bereiche mit auffällig viel Zahnbelag, die eine individuelle intensive Mundpflege erfordern (Focus Care Areas, FCAs) und den Plaquewert für die gesamte Mundhöhle anhand des nach Turesky modifizierten Quigley-Hein-Plaquesindex (TMQHPI). Für die Teilnahme an der Studie musste ein mittlerer TMQHPI von durchschnittlich $\geq 1,75$ vorhanden sein und der Proband mindestens eine und maximal sechs FCAs aufweisen. Der durchschnittliche TMQHPI wurde ermittelt, indem die Plaquewerte aller bewerteten Zahnoberflächen addiert und durch die Anzahl der Oberflächen geteilt wurden.

Nach der oralen Untersuchung wurden die Jugendlichen dazu aufgefordert, mit ihrer von zu Hause mitgebrachten Handzahnbürste und der zur Verfügung gestellten Zahnpasta ihre Zähne zu putzen. Es wurden keine besonderen Putzinstruktionen gegeben; die Patienten sollten ihre Zähne so putzen, wie sie dies für gewöhnlich zu Hause tun. Die Putzzeit wurde diskreter Weise gemessen und protokolliert.

Der Motivationsfragebogen zur Ermittlung der Einstellung zur Mundpflege der Jugendlichen vor dem Gebrauch der Testprodukte wurde vom Studienpersonal ausgegeben (im Anhang zu finden). Allgemeine Kommentare oder nachteilige Ereignisse, wie Erkrankungen oder nötige Zahnarztbesuche, wurden ggf. notiert.

Anschließend wurde mit den Probanden ein neuer Termin vereinbart. Sie wurden dazu aufgefordert, ihre gewohnte Zahnbürste und Zahnpasta bis zum zweiten Termin (Baseline) zu benutzen und lediglich dann Zahnseide zu verwenden, wenn sie dies gewohnheitsmäßig taten.

Wie bereits vor dem Screening-Termin telefonisch mitgeteilt, wurden die Teilnehmer nochmals daran erinnert, am Tag der Untersuchung vor 8 Uhr morgens das letzte Mal ihre Zähne zu putzen. Zusätzlich durften sie zwei Stunden vor der Untersuchung weder gegessen, getrunken noch Kaugummi gekaut werden. Kleine Schlucke Wasser war bis 45 Minuten vor Beginn erlaubt.

Alle Daten wurden in die Datenbank eingetragen; welche freundlicherweise von Procter & Gamble zur Verfügung gestellt wurde.

3.3.2.2 Termin 2: Baseline

Der zweite Termin lag circa zwei Wochen nach dem Screening-Termin. Den Probanden wurden die Fragen bezüglich der Kontinuitätskriterien gestellt; das Ergebnis wurde protokolliert. Daraufhin untersuchte die Studienärztin wiederum die oralen und perioralen Gewebe auf Abnormitäten. Mit Mira-2-Ton[®] wurde die Plaque angefärbt, und anhand der sichtbaren Ablagerungen auf den Zahnoberflächen wurde der TMQHPI ermittelt.

Nach der Untersuchung wurden die Probanden mit einem Computerprogramm randomisiert einer der beiden Behandlungsgruppen zugeordnet und erhielten die jeweils in der Gruppe benötigten Testprodukte zur täglichen Zahnpflege. In Abwesenheit der Studienärztin wurden die Probanden in den Gebrauch der Produkte eingewiesen. Dies umfasste in beiden Gruppen das mündliche Erklären einer optimalen Putzmethodik mit Erinnerung sämtliche Oberflächen der Zähne (lingual, okklusal, bukkal und ggfs. distal) mit der jeweiligen Zahnbürste gründlich zu putzen. Zusätzlich wurden die Probanden auf ihre individuellen Problembereiche beim Putzen hingewiesen (FCAs). Die Probanden wurden instruiert morgens und abends je zwei Minuten lang zu putzen und jeweils weitere zehn Sekunden pro Focus Care Area im Anschluss an die zwei Minuten. Zusätzlich wurde der Gruppe mit der interaktiven elektrischen Zahnbürste die Handhabung der Zahnbürste, des Handys und der App erklärt (Abb. 14). Die Focus Care Areas wurden in jeder App individuell hinterlegt,

sodass die App zusätzlich zu den zwei Minuten Putzzeit (30 Sekunden pro Quadrant) für jeden Problembereich zehn Sekunden extra Putzzeit speichert und diese auch visuell sichtbar macht. Die Zeit wird automatisch an die Zahnbürste übermittelt und diese unterstützt den Nutzer der interaktiven elektrischen Zahnbürste mit Signalen in Form von kurzen Vibrationen, sobald er oder sie einen neuen Bereich putzen soll (Abb. 15). Auf die Einweisung folgte mit jedem Probanden einzeln ein überwacht Zähneputzen vor einem Spiegel, um diesem weitere Hilfestellungen geben zu können. Die demonstrierte Putzweise sollten die Probanden während der 6-wöchigen Behandlungsphase mindestens zweimal am Tag (morgens und abends) anwenden. Zusätzlich wurde den Jugendlichen für die ihnen zugewiesene Zahnbürste eine ausgedruckte Anleitung ausgehändigt, damit sie diese zu Hause nochmals in Ruhe durchlesen und bei Problemen nachschlagen konnten (Anleitungen im Anhang).



Abb. 14: Kommunikation von Zahnbürste und Smartphone-App. Bildlich auf dem Display dargestellt ist die bereits geputzte Zeit mit zu putzendem Quadranten (120).

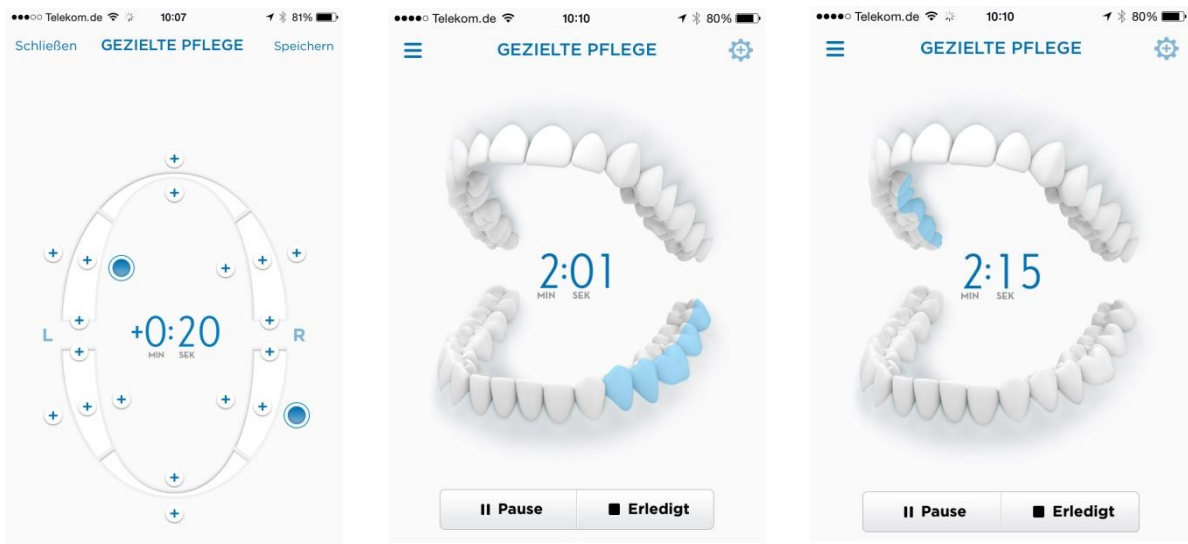


Abb. 15: Bild links mit individuellen Einstellungen der Focus Care Areas: UK-Seitenzähne rechts bukkal, OK-Seitenzähne links lingual; Bild Mitte und rechts: Visualisierte Ansicht auf dem Display während des Putzvorgangs (120).

Es wurde deutlich darauf hingewiesen, dass ausschließlich das Benutzen der ausgegebenen Produkte für die tägliche Mundhygiene bis zum Ende der Studie zugelassen war. Die einzige Ausnahme war das Verwenden von Zahnseide, allerdings – wie oben bereits erwähnt – nur, wenn diese schon vor der Studie Bestandteil der Zahnpflege des Probanden war.

Allgemeine Kommentare und eventuelle aufgetretene nachteilige Ergebnisse wurden vermerkt.

Jeder Proband wurde zum Abschluss nochmals auf die Einhaltung der Kontinuitätskriterien und das Verhalten am Tag der dritten Untersuchung hingewiesen: Vor 8 Uhr morgens sollten zum letzten Mal die Zähne geputzt werden, zwei Stunden vor Terminbeginn durfte nichts mehr gegessen, getrunken oder Kaugummi gekaut werden, kleine Schlucke Wasser bis 45 Minuten vor der Untersuchung waren erlaubt. Die zugewiesenen Produkte mussten zum dritten Untersuchungstermin mit in die Klinik gebracht werden.

Alle Daten wurden in der hierfür konzipierten Datenbank niedergelegt.

3.3.2.3 Termin 3: Woche 2

Zwei Wochen \pm zwei Tage später erfolgte die dritte Untersuchung. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Probanden mit den Testprodukten etwa zwei Wochen täglich ihre Zähne geputzt. Wiederum wurden zuerst die Kontinuitätskriterien überprüft. Die Studienärztin beurteilte orale und periorale Gewebe. Anschließend wurde mit Mira-2-Ton® der TMQHPI der Zahnoberflächen bestimmt.

Die Probanden wurden gebeten, mit den mitgebrachten Testprodukten ihre Zähne zu putzen. Zahnseide sollte nicht benutzt werden, selbst wenn diese normalerweise zu Hause verwendet wird. Der Spiegel wurde abgehängt, damit die Jugendlichen ihrer Putzroutine wie zu Hause nachgehen, und nicht wegen den blau eingefärbten Stellen irritiert sind und sich so eine artifiziell verlängerte Putzzeit ergibt. Die Putzzeit wurde bei jedem Probanden in diskreter Weise gemessen und protokolliert.

Allgemeine Kommentare und eventuell aufgetretene nachteilige Ereignisse wurden schriftlich festgehalten.

Zum Abschluss wurde an das korrekte Verhalten vor dem nächsten Untersuchungstermin erinnert. Ebenfalls wurde darauf aufmerksam gemacht, dass in Woche 6 unbedingt alle ausgehändigten Produkte – inklusive Ladekabel von Zahnbürste und Handy, falls Testgruppenproband – mitzubringen sind.

Auch hier wurden sämtliche Daten im zugehörigen Computerprogramm niedergeschrieben.

3.3.2.4 Termin 4: Woche 6

Beim letzten Termin der Studie wurden zunächst wiederum die Kontinuitätskriterien abgefragt. Anschließend wurden orale und periorale Gewebe begutachtet und als normal oder anormal eingestuft. Nach dem Spülen mit Mira-2-Ton® für eine Minute konnte der TMQHPI ermittelt werden. Erneut wurde von der Studienärztin beurteilt, welche Bereiche auffällig viel Zahnbelag aufwiesen und diese als neue bzw. immer noch bestehende Focus Care Areas protokolliert.

Nach der Untersuchung der Mundhöhle putzten die Probanden mit den Testprodukten in gewohnter Weise ihre Zähne. Die hierfür aufgewendete Zeit wurde wieder in diskreter Weise gemessen und protokolliert.

Allgemeine Kommentare und eventuell aufgetretene nachteilige Ereignisse wurden vermerkt.

Nachdem alle Untersuchungen abgeschlossen waren, wurde ein leicht abgewandelter Fragebogen zum Ausfüllen an die Probanden der Testgruppe ausgeteilt. Dieser erfragte die Selbsteinschätzung des Probanden bezüglich Putzgewohnheiten, Compliance, Motivation hinsichtlich der eigenen Mundhygiene, Veränderung der Mundhygiene im Verlauf der Studie und die Zufriedenheit der Studienteilnehmer.

Die Probanden wurden anschließend aus der Studie entlassen und dies entsprechend protokolliert. Dies wurde auch für Probanden vermerkt, welche die Studie vor dem vierten Untersuchungstermin abgebrochen hatten.

Alle Daten wurden im Computerprogramm hinterlegt.

3.3.3 Erhobene Parameter

3.3.3.1 Plaque

Bei allen jugendlichen Teilnehmern wurden die klinischen Parameter während der vier Untersuchungstermine von der gleichen Studienärztin bewertet. So konnte sichergestellt werden, dass die Ergebnisse vergleichbar sind. Welches Produkt welchem Probanden zugeordnet wurde, wusste die Ärztin nicht; die Studie war einfach-blind. Festgehalten wurden die Plaquewerte aller Zähne, ausgenommen dritte Molaren, überkronte Zähne, Brücken und Implantate sowie große Restaurationen, welche mehr als 50 % der Zahnoberfläche einnehmen.

Die Plaque wurde mit Mira-2-Ton[®] eingefärbt und so für die Studienärztin sichtbar gemacht. Das Plaquelevel wurde anhand des nach Turesky modifizierten Quigley-Hein-Plaqueeindexes kategorisiert (121, 122):

Tab. 3: Nach Turesky modifizierter Quigley-Hein-Plaquesindex







Punktwert	Klinisches Erscheinungsbild
0	keine Plaque
1	einzelne Plaqueflecken auf dem cervicalen Randbereich des Zahnes
2	ein dünnes, kontinuierliches Plaqueband (bis zu 1mm) entlang des cervicalen Randes
3	das Plaqueband ist breiter als 1mm, aber bedeckt weniger als ein Drittel der betrachteten Zahnfläche
4	die Plaque bedeckt zwischen einem Drittel und zwei Dritteln der bewerteten Zahnoberfläche
5	die Plaque ist auf mehr als zwei Dritteln der Zahnoberfläche sichtbar
8	Zahnfläche nicht bewertbar
9	Zahn fehlt

Um die vestibulären Flächen der Zähne, auf welchen die Brackets geklebt sind, beurteilen zu können, wurde ein von Kossak und Jost-Brinkmann modifizierter Index herangezogen (123): Hierbei wurden die Werte 3 und 4 wie folgt verändert:

- 3 = sichtbare Plaque auf bis zu einem Drittel der vestibulären Zahnfläche und ein dünner Plaquesaum um das geklebte Bracket
- 4 = bis zu zwei Drittel des Zahnes sind mit Plaque bedeckt und ein breites Band um das geklebte Bracket ist sichtbar

Um zur Studie zugelassen zu werden, wurde ein mittlerer TMQHPI von $\geq 1,75$ benötigt (siehe Einschlusskriterien in Kapitel 3.2.1).

Tab. 4: Plaquebewertung bei Patienten mit vestibulärer Multibracket-Apparatur (120)

Punktwert	Klinisches Erscheinungsbild	Abbildung
0	Keine Plaque	
1	Einzelne Plaqueflecken	
2	Dünnes cervicales Plaqueband	
3	Bis zu 1/3 der Zahnfläche bedeckt, dünnes Band um Bracket	
4	Bis zu 2/3 der Zahnfläche bedeckt, breites Band um Bracket	
5	Mehr als 2/3 der Zahnfläche bedeckt	

3.3.3.2 Individuelle Focus Care Areas

Bei der ersten Untersuchung der Probanden (Screening) wurde die Plaque angefärbt; auf der Basis der sichtbaren Ablagerungen nach der Index-Bestimmung wurde von der Studienärztin festgelegt, ob und wo sich Bereiche befinden, welche übermäßig viel Plaque aufweisen und einer verbesserten Oralhygiene bedürfen.

Hierfür wurden die Zähne in Gruppen zusammengefasst und jeweils lingual, bukkal und bei den Seitenzähnen zusätzlich okklusal betrachtet. 16 Focus Care Areas standen zur Beurteilung:

- Oberkieferfront lingual (13-12-11-21-22-23)
- Oberkieferfront bukkal (13-12-11-21-22-23)
- Unterkieferfront lingual (33-32-31-41-42-43)
- Unterkieferfront bukkal (33-32-31-41-42-43)
- Oberkieferseitenzähne rechts lingual (17-16-15-14)
- Oberkieferseitenzähne rechts okklusal (17-16-15-14)
- Oberkieferseitenzähne rechts bukkal (17-16-15-14)
- Oberkieferseitenzähne links lingual (24-25-26-27)
- Oberkieferseitenzähne links okklusal (24-25-26-27)
- Oberkieferseitenzähne links bukkal (24-25-26-27)
- Unterkieferseitenzähne rechts lingual (44-45-46-47)
- Unterkieferseitenzähne rechts okklusal (44-45-46-47)
- Unterkieferseitenzähne rechts bukkal (44-45-46-47)
- Unterkieferseitenzähne links lingual (34-35-36-37)
- Unterkieferseitenzähne links okklusal (34-35-36-37)
- Unterkieferseitenzähne links bukkal (34-35-36-37)

Beim Screening-Termin wurden den Jugendlichen diese Zonen grundsätzlich mitgeteilt. Bis zum zweiten Termin sollten diese ihrer gewohnten Mundhygiene nachgehen. Ab der Produktverteilung beim Baseline-Termin wurde allen Probanden erklärt, dass in den individuellen FCAs eine intensivere Mundpflege notwendig ist. Ab diesem Zeitpunkt sollten diese nach den zwei Minuten gewöhnlicher Putzzeit für zusätzliche 10 Sekunden pro Bereich geputzt werden. Die Kontrollgruppe konnte eine Erinnerung an die Focus Care Areas lediglich auf dem ausgehändigten Infoblatt finden; die genauen Bereiche wurden nicht vermerkt. Die Testgruppe wurde täglich anhand

der durch das Studienteam zuvor programmierten App an die Problemstellen erinnert. Die Zahnbürste vibriert bei Wechsel der zu putzenden Zähne, und das Handy zeigt parallel an, welcher Bereich derzeit gepflegt werden soll.

Beim Abschlusstermin nach sechs Wochen wurde die Mundhygiene nochmals durch dieselbe Studienärztin überprüft. Zusätzlich zur Erhebung des Plaqueindex, welche bei jedem Termin stattfand, wurde wiederum festgelegt, wo und wie viele Focus Care Areas an den Zähnen der Probanden zu sehen waren.

Die Einschlusskriterien fordern zwischen einer und sechs Focus Care Areas bei jedem Probanden zu Beginn der Studie (siehe 3.2.1).

3.3.3.3 Putzzeit

Die Putzzeit wurde zu verschiedenen Zeitpunkten (Screening, Woche 2 und Woche 6) nach der oralen Untersuchung diskret gemessen und protokolliert.

Beim Screening-Termin wurden die Teilnehmer aufgefordert, ihre Zähne so zu putzen, wie sie dies gewöhnlich morgens und abends zu Hause tun.

Beim Baseline-Termin wurden das korrekte Putzen und der Umgang mit den zugewiesenen Produkten erklärt, „gemeinsam“ geputzt und daher keine Zeitwerte notiert. Gefordert wurden ein zweiminütiges Putzen aller Zähne in strukturierter Weise Quadrant für Quadrant, wobei jeweils an alle Zahnflächen gedacht werden sollte (bukkal, okklusal, labial, ggfs. distal) plus 10 Sekunden für jede identifizierte Focus Care Area.

Nach zwei und sechs wöchiger Verwendung der Testprodukte wurden die Probanden wiederum an ihren Studienterminen aufgefordert, ihre Zähne so zu putzen, wie sie dies während der Behandlungsphase derzeit zu Hause tun und die Putzzeiten wurden wiederum in diskreter Weise gemessen und protokolliert.

3.3.3.4 Motivation

Die Einstellung in Bezug auf die tägliche Zahnpflege und die Motivation hierzu wurden zu Anfang beim Screening-Termin und am Ende der Studie nach sechs Wochen

Gebrauch der Testprodukte ermittelt. Dies geschah anhand eines Fragebogens, welchen die Probanden ohne Beobachtung des Studienteams in Ruhe ausfüllen sollten (Fragebögen sind im Anhang hinterlegt).

Fragen vor der Benutzung der Produkte:

- Wie oft putzt du zweimal täglich deine Zähne?
- Wie oft putzt du deine Zähne jeweils für mindestens zwei Minuten?
- Wie motiviert bist du, deine Zähne zweimal täglich zu putzen?
- Wie motiviert bist du, deine Zähne jeweils für mindestens zwei Minuten zu putzen?
- Wie zufrieden bist du mit dem, was du momentan für deine Zähne und Mundpflege tust?

Fragen nach der Benutzung der Produkte:

- Wie motiviert warst du, deine Zähne zweimal täglich zu putzen, wenn du die Oral-B App dabei verwenden konntest?
- Wie motiviert warst du, deine Zähne jeweils mehr als zwei Minuten zu putzen, wenn du die Oral-B App dabei verwenden konntest?
- Wie sehr hat die Oral-B App dir bei deiner Zahnpflege geholfen?
- Wie sehr stimmst du folgenden Aussagen zu?
 - Die Oral-B App motiviert mich zum häufigeren Zähneputzen.
 - Die Oral-B App motiviert mich dazu, länger zu putzen.
 - Mit der Oral-B App werden Zähneputzen und die Zahnpflege insgesamt viel einfacher.
 - Mithilfe der Oral-B App hat man das Gefühl, dass die Zeit viel schneller vergeht beim Zähneputzen.
 - Mithilfe der Oral-B App glaube ich, dass ich mehr für meine Zähne und Mundpflege tun kann.
 - Mit der Oral-B App macht Zähneputzen mehr Spaß.
 - Ich werde die Oral-B App vermissen, wenn ich sie nicht mehr verwenden kann.

3.3.4 Statistische Methoden

Verteilung der Probanden:

Die randomisierte Einteilung der Probanden in eine der beiden Behandlungsgruppen erfolgte balanciert nach folgenden Kriterien: Geschlecht, durchschnittlicher TMQHPI aller bewerteter Zahnflächen beim Baseline-Termin ($\leq 3,8$ vs. $> 3,8$), Anzahl der FCAs (≤ 5 vs. 6), Alter (13–14 vs. 15–17). Die Randomisierung sowie die Einweisung in die Testprodukte erfolgten in Abwesenheit der Studienärztin. Probanden, die im selben Haushalt wohnten (z.B. Geschwister), wurde das gleiche Testprodukt zugewiesen.

Die ausgewogene Balancierung der Probanden auf die beiden Behandlungsgruppen wurde mit folgenden Methoden getestet.

Alter: doppelter t-Test (*Two-sample-T-Test*)

Geschlecht: Chi-Quadrat-Test (*Chi-Square-Test*)

Mittlerer TMQHPI bei Baseline: t-Test (*Two-sample-T-Test*)

Wirksamkeit der Produkte:

Die statistisch berechnete Plaquerreduktion basiert auf den Veränderungen der durchschnittlichen TMQHPI-Werten im Vergleich zum Wert, welcher beim Baseline-Termin ermittelt wurde (Baseline minus Woche 2; Baseline minus Woche 6). Zusätzlich wurden die beiden Produkte in Woche 2 und Woche 6 miteinander verglichen; hierzu wurde eine Kovarianzanalyse (*Analysis of Covariance = ANCOVA*) verwendet, wobei der durchschnittliche TMQHPI vom Baseline-Termin als Kovarianz diene. Die gleiche Analyse wurde bei der Auswertung der Plaquerreduktion in den FCAs herangezogen.

Die Plaqueveränderungen eines Produktes von einem Termin zum nächsten wurden mit einem Paardifferenz-Test (*paired t-test*) für abhängige Stichproben analysiert.

Die Veränderung der Putzzeit im Verlauf der Studie wurde bezogen auf den Screening-Termin, zwischen den beiden Testprodukten mit Hilfe eines *Wilcoxon`s Rank Sum Test* verglichen.

Die Verteilung und Anzahl der FCAs wurde anhand eines t-Tests oder einer analogen nichtparametrischen Analyse ermittelt.

Die Auswertung des Fragebogens erfolgte mit einem Einstichproben-t-Test (*one-sample t-test*). Bei diesem wurden die Antworten nach Benutzung der Testprodukte (interaktive elektrische Zahnbürste plus App) mit den Angaben vom Baseline-Fragebogen verglichen. Die Kontrollgruppe füllte nur einen Fragebogen zu Beginn der Studie aus, da diese Gruppe ja grundsätzlich keine, im Vergleich zu ihrer herkömmlichen Mundpflege, neuartigen Produkte während der Studie benutzte.

Alle Vergleiche zwischen den Produkten wurden beidseitig mit einem Signifikanzlevel von $\alpha = 0,05$ überprüft.

4. Ergebnisse

4.1 Demographische Daten

Zu Beginn der Studie wurden 61 Teilnehmer im Alter zwischen 13 und 17 Jahren gescreent. 60 Teilnehmer erfüllten die Studienkriterien und wurden in die Studie eingeschlossen. 60 Probanden wurden randomisiert eine der beiden Testprodukte zugewiesen und 59 Probanden beendeten die Studie. Ein Proband schied nach dem Baseline-Termin aus (konnte die Studientermine zeitlich nicht wahrnehmen). Die Woche 6 Daten eines Probanden wurden aufgrund von mangelnder Produkthanwendung zwischen Woche 2 und Woche 6 von der statistischen Auswertung ausgeschlossen.

Das durchschnittliche Alter der Probanden betrug zu Beginn der Studie $14,5 \pm 1,2$ Jahre. Es wurden 30 Mädchen und 30 Jungen für die Studie rekrutiert und daher auch gleichmäßig anhand des Computerprogramms auf beide Gruppen verteilt. Der Großteil der Jugendlichen (88,3 %) hatte einen kaukasischen Familienhintergrund; insgesamt sieben und damit 11,7 % wurden als „nicht kaukasisch“, also aus anderen Regionen der Welt, wie Afrika oder Asien, hinterlegt.

Tabelle 5 fasst die demographischen Variablen zusammen und zeigt deren Zuordnung zur Gruppe der Handzahnbürste (Indicator 35 soft) bzw. zu jener der interaktiven elektrischen Zahnbürste (D36/EB20).

Tab. 5: Eigenschaften und Verteilung der Probanden

	D36/EB20	Indicator 35	Gesamt
Anzahl (N)	N = 30	N = 30	N = 60
Durchschnittsalter (SD)	14,5 (1,1)	14,5 (1,3)	14,5 (1,2)
Altersgrenze	13 – 17	13 – 17	13 – 17
Weiblich (N, %)	15 (50 %)	15 (50 %)	30 (50 %)
Männlich (N, %)	15 (50 %)	15 (50 %)	30 (50 %)
Herkunft			
Kaukasisch (N, %)	26 (86,7 %)	27 (90,0 %)	53 (88,3 %)
Nicht-kaukasisch:	4 (13,3 %)	3 (10,0 %)	7 (11,7 %)
Schwarz (N, %)	1 (3,3 %)		1 (1,7 %)
Nordafrika (N, %)	2 (6,7 %)	2 (6,7 %)	4 (6,7 %)
Andere Herkunft (N, %)	1 (3,3 %)	1 (3,3 %)	2 (3,3 %)

4.2 Plaque

Vor der Produktnutzung (Baseline-Termin) gab es keinen signifikanten Unterschied im durchschnittlichen TMQHPI zwischen den beiden Testgruppen ($p=0,647$). Der mittlere Plaquewert (TMQHPI) der Teilnehmer, welche der interaktiven elektrischen Zahnbürste zugeordnet wurden, betrug 3,93, der der zukünftigen Handzahnbürsten-Gruppe 3,89.

Nach zwei Wochen Nutzung der Testprodukte und bei Beendigung der Studie nach sechs Wochen ergaben sich für beide Behandlungsgruppen eine signifikante Reduktion der Plaquewerte des ganzen Mundes im Vergleich zu den Startwerten bei Baseline ($p<0,001$).

Die Plaquewerte der Probanden, welche ihre tägliche Mundhygiene mit der zur Verfügung gestellten interaktiven elektrischen Zahnbürste betrieben, konnten nach zwei Wochen im Schnitt einen um 1,41 Punktwerte reduzierten TMQHPI erreichen, was einer Reduktion um 36,2 % entspricht. Gesteigert wurde dies bis zum letzten Untersuchungstermin nach sechs Wochen auf einen um 1,81 reduzierten TMQHPI-Wert (-46,2 %).

Der durchschnittliche Plaquewert der Kontrollgruppe konnte nach zwei Wochen um 0,64 Punkte (-16,3 %) reduziert werden. Dieses positive Ergebnis konnte nach sechs Wochen ebenfalls nochmals gesteigert werden: Der Plaquewert fiel um 0,97 Punktwerte (-24,9 %) im Vergleich zum Ausgangswert (Baseline-Termin).

Daraus ergibt sich, dass die Effektivität der interaktiven elektrischen Zahnbürste zu beiden Untersuchungsterminen signifikant ($p<0,001$) besser ist als die Effektivität einer konventionellen Handzahnbürste. Die Differenz der Plaqueindices betrug nach zwei Wochen 0,78 und nach sechs Wochen 0,83 TMQHPI-Punktwerte (Tab. 6a & 6b; Abb. 16).

Tab. 6a: Veränderung des TMQHPI (alle Zahnflächen bewertet) nach Woche 2 der Produkttestung

Woche 2				
	Baseline TMQHPI (SD)	Absolute Veränderung (SE)	Veränderung in %	p-Wert
Interaktive elektrische Zahnbürste (N = 29)	3,926 (0,267)	1,414 (0,058)	36,2 %	<0,001
Handzahnbürste (N = 30)	3,894 (0,264)	0,637 (0,057)	16,3 %	<0,001
Direkter Produktvergleich		0,777 (0,081)		<0,001

Tab. 6b: Veränderung des TMQHPI (alle Zahnflächen bewertet) nach Woche 6 der Produkttestung

Woche 6				
	Baseline TMQHPI (SD)	Absolute Veränderung (SE)	Veränderung in %	p-Wert
Interaktive elektrische Zahnbürste (N = 28)	3,926 (0,267)	1,808 (0,053)	46,2 %	<0,001
Handzahnbürste (N = 30)	3,894 (0,264)	0,974 (0,051)	24,9 %	<0,001
Direkter Produktvergleich		0,834 (0,074)		<0,001

Die Daten wurden statistisch mit einem Paardifferenztest und einer Kovarianzanalyse ermittelt. Die berechneten Veränderungen sind als Abweichung vom erhobenen Grundwert, den Baseline-Daten, zu verstehen.

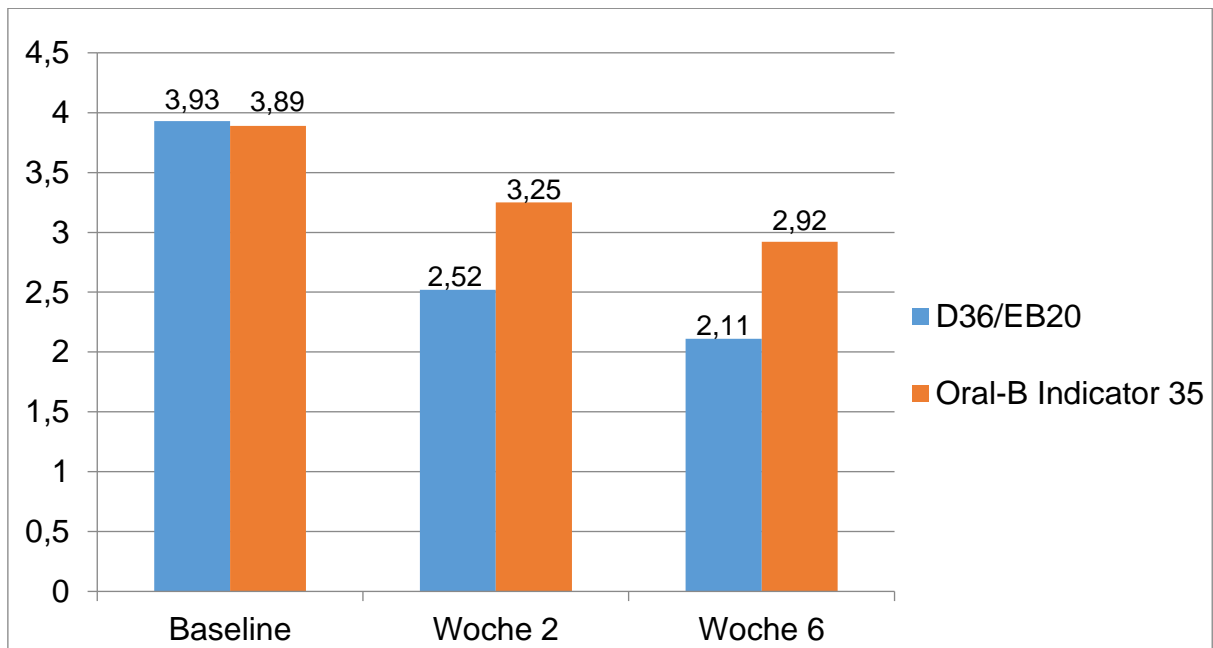


Abb. 16: Durchschnittlicher TMQHPI aller bewerteten Zahnflächen beider Gruppen zu den Zeitpunkten Baseline, Woche 2 und Woche 6

4.3 Individuelle Focus Care Areas

Vor Beginn der Produktnutzung waren die Plaquewerte der individuell festgelegten Problembereiche, den sogenannten Focus Care Areas, in beiden Gruppen der Studie ähnlich ($p=0,697$). Durchschnittlich waren 4,50 Bereiche in der Gruppe der interaktiven elektrischen Zahnbürste und 4,53 Bereiche in der Kontrollgruppe zu verzeichnen, die der besonderen Aufmerksamkeit beim Putzen bedurften. Bei beiden anschließenden Untersuchungen (Wochen 2 und 6) konnten in beiden Gruppen signifikante ($p<0,001$) Verbesserungen der TMQHPI-Werte auf den Zahnoberflächen festgestellt werden, welche zuvor als FCAs eingestuft wurden (Abb. 17).

Der TMQHPI der Probanden in der Gruppe der interaktiven elektrischen Zahnbürste konnte mit einem Ausgangswert von 4,50 in Woche 2 um 1,70 Punktwerte gesenkt werden, was einer Reduktion um 37,6 % entspricht. Nach sechs Wochen Nutzung der Testprodukte konnte ein weiterer Rückgang verzeichnet werden; die Differenz des TMQHPI im Vergleich zur Baseline-Untersuchung lag bei einem durchschnittlichen Wert von 2,11 Punktwerten, was einer Abnahme des Punktwertes von 46,8 % entspricht.

Die Kontrollgruppe mit Nutzung der Handzahnbürste startete bei einem TMQHPI von 4,53 im Bereich der Focus Care Areas. Dieser konnte nach zwei Wochen um 0,82 Punktwerte (-18,1 %) gesenkt werden. Diese Differenz konnte nach sechs Wochen ebenfalls um 1,12 Punktwerten gesteigert werden, was einer Reduktion um 24,9 % entspricht.

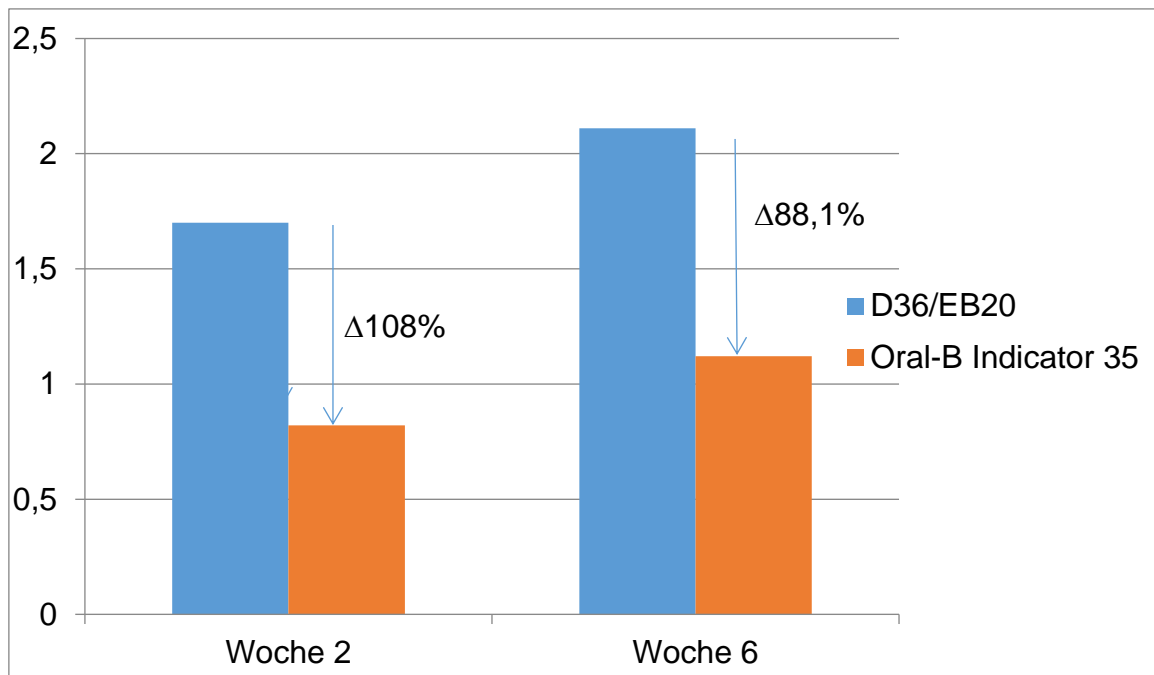


Abb. 17: Veränderung der Punktwerte in den FCAs in Bezug zum erhobenen Punktwert beim Baseline-Termin.

Der Vergleich der beiden Behandlungsgruppen zeigt signifikant höhere Effektivität ($p < 0,001$) in der Reduktion der durchschnittlichen TMQHPI-Werte in FCAs bei der interaktiven elektrischen Zahnbürste gegenüber der Kontrollgruppe: Nach zwei Wochen betrug die Punktwertdifferenz 0,88, nach sechs Wochen 0,99.

Tab. 7a: Veränderung des TMQHPI der FCAs nach Woche 2 der Produkttestung

Woche 2				
	Baseline TMQHPI (SD)	Absolute Ver- änderung (SE)	Veränderung in %	p-Wert
Interaktive elek- trische Zahnbürste (N = 29)	4,499 (0,340)	1,696 (0,069)	37,6 %	<0,001
Handzahnbürste (N = 30)	4,531 (0,297)	0,815 (0,068)	18,1 %	<0,001
Direkter Produktvergleich		0,881 (0,097)		<0,001

Tab. 7b: Veränderung des TMQHPI der FCAs nach Woche 6 der Produkttestung

Woche 6				
	Baseline TMQHPI (SD)	Absolute Ver- änderung (SE)	Veränderung in %	p-Wert
Interaktive elek- trische Zahnbürste (N = 28)	4,499 (0,340)	2,114 (0,057)	46,8 %	<0,001
Handzahnbürste (N = 30)	4,531 (0,297)	1,124 (0,055)	24,9 %	<0,001
Direkter Produktvergleich		0,990 (0,079)		<0,001

Die Daten wurden statistisch mithilfe eines Paardifferenztests und einer Kovarianzanalyse ermittelt. Die berechneten Veränderungen sind als Abweichung vom Grundwert, den Baseline-Daten, zu verstehen.

Betrachtet man die Anzahl der Focus Care Areas des gesamten Mundes, so fanden sich bei allen Probanden beim Screening-Termin im Durchschnitt 5,3 Bereiche. Mit 5,2 Focus Care Areas in der Testgruppe ist der Wert vergleichbar ($p=0,142$) mit anfänglichen 5,5 Bereichen in der Kontrollgruppe. Nach sechs Wochen Nutzung der Testprodukte konnte die interaktive elektrische Zahnbürste die Anzahl der Focus Care

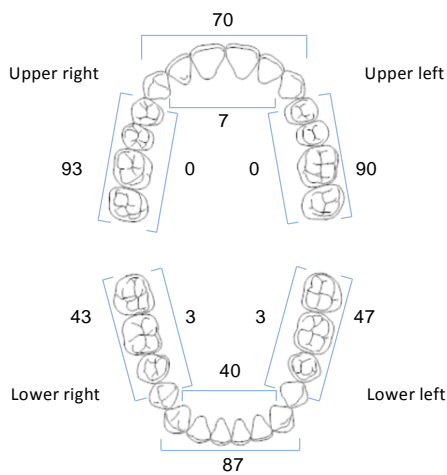
Areas um 2,4 Bereiche reduzieren. Auch die Handzahnbürste erzielte eine Reduktion von 1,5. Im Vergleich übertrifft die interaktive elektrische Zahnbürste die Handzahnbürste signifikant ($p=0,009$); dies wurde mit einer nicht-parametrischen Kovarianzanalyse (ANCOVA) mit der Anzahl der FCAs beim Screening-Termin als Kovarianz ermittelt (Tab. 8 und 9 sowie Abb. 18).

Tab. 8: Anzahl der Probanden mit FCAs in der Testgruppe (D36) zu den Zeitpunkten Screening und Woche 6

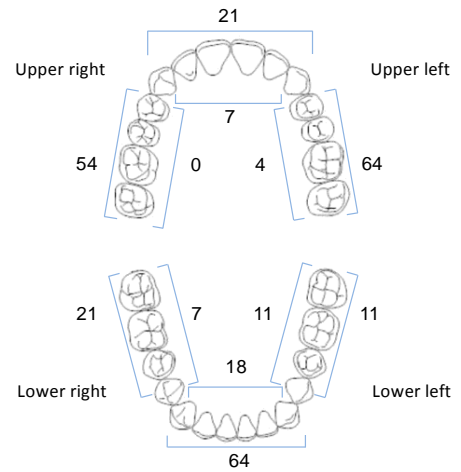
FCA Zähne	FCA Zahnfläche	Probandenanzahl Screening in % (N)	Probandenanzahl Woche 6 in % (N)
14-17	Bukkal	93 (28)	54 (15)
13-23	Bukkal	70 (21)	21 (6)
24-27	Bukkal	90 (27)	64 (18)
24-27	Lingual	0 (0)	4 (1)
13-23	Lingual	7 (2)	7 (2)
14-17	Lingual	0 (0)	0 (0)
44-47	Bukkal	43 (13)	21 (6)
33-43	Bukkal	87 (26)	64 (18)
34-37	Bukkal	47 (14)	11 (3)
34-37	Lingual	3 (1)	11 (3)
33-43	Lingual	40 (12)	18 (5)
44-47	Lingual	3 (1)	7 (2)

Tab. 9: Anzahl der Probanden mit FCAs in der Kontrollgruppe (Indicator 35 soft) zu den Zeitpunkten Screening und Woche 6

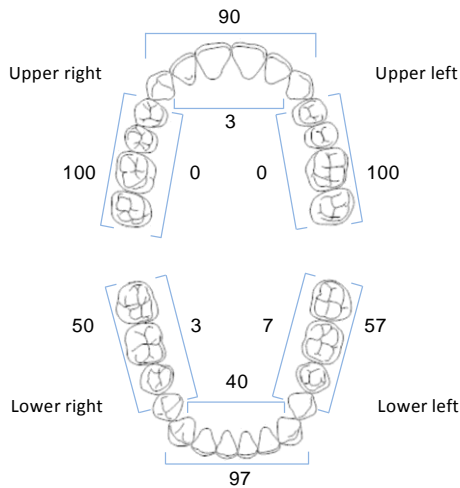
FCA Zähne	FCA Zahnfläche	Probandenanzahl Screening in % (N)	Probandenanzahl Woche 6 in % (N)
14-17	Bukkal	100 (30)	87 (26)
13-23	Bukkal	90 (27)	67 (20)
24-27	Bukkal	100 (30)	83 (25)
24-27	Lingual	0 (0)	0 (0)
13-23	Lingual	3 (1)	3 (1)
14-17	Lingual	0 (0)	0 (0)
44-47	Bukkal	50 (15)	17 (5)
33-43	Bukkal	97 (29)	80 (24)
34-37	Bukkal	57 (17)	17 (5)
34-37	Lingual	7 (2)	7 (2)
33-43	Lingual	40 (12)	33 (10)
44-47	Lingual	3 (1)	7 (2)



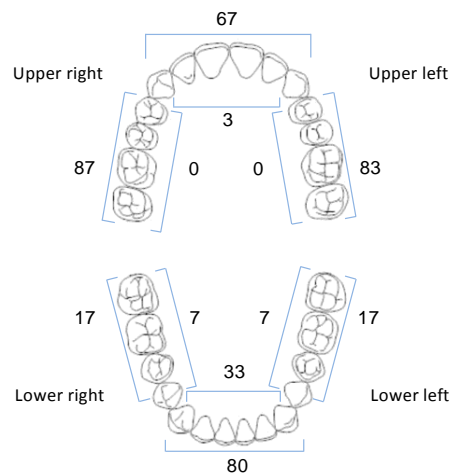
Screening D36



Woche 6 D36



Screening Indicator 35 Soft



Woche 6 Indicator 35 Soft

Abb. 18: Probanden mit FCAs in % zu den Zeitpunkten Screening und Woche 6 (120)

Abb. 18 zeigt die Positionen der Focus Care Areas und deren prozentuales Vorkommen zum Zeitpunkt des anfänglichen Screenings und beim Termin nach Woche 6: oben für die Gruppe der interaktiven elektrischen Zahnbürste, unten für die Kontrollgruppe mit der Handzahnbürste.

Es ist zu erkennen, dass in beiden Gruppen die Focus Care Areas vorwiegend in drei Regionen der Zähne gefunden wurden: Oberkieferseitenzähne bukkal links, Oberkieferseitenzähne bukkal rechts, Unterkieferfrontzähne labial. Diese Auffälligkeit betrifft sowohl den Screening-Termin als auch die Untersuchung nach sechs Wochen.

Die Verbreitung dieser drei Bereiche lag vor der Nutzung der Testzahnbürsten in der Testgruppe zwischen 87 und 93 %; 97 – 100 % der Jugendlichen der Kontrollgruppe wiesen hier vermehrte Plaque-Ansammlungen auf. Bei der erneuten Erhebung der Focus Care Areas nach sechs Wochen Studienzeit konnte in diesen drei Bereichen ein Rückgang auf 54 – 64 % in der Gruppe der interaktiven elektrischen Zahnbürste und auf 80 – 87 % in der Gruppe der Handzahnbürste festgestellt werden.

Sehr deutlich wird damit die Herausforderung, die Oberflächen der Zähne mit Brackets sauber zu halten. Lingual bzw. palatinal sticht lediglich die Unterkieferfront mit 40 % zu Beginn in beiden Gruppen und am Ende mit 18 % (Testgruppe) bzw. 33 % (Kontrollgruppe) heraus.

Bei der Auswertung der Nicht-Focus Care Areas wird ebenfalls eine starke Plaquereduktion sichtbar (Tab. 10a, b): Zu Beginn der Studie beim Baseline-Termin wurden ein Punktwert von 3,42 in der Test- und ein Wert von 3,29 in der Kontrollgruppe festgestellt. Dieser leichte Unterschied zu Beginn war nicht signifikant ($p=0,180$). Die interaktive elektrische Zahnbürste führte bei den jugendlichen Probanden nach 2 bzw. 6 Wochen Studienzeit zu einer Reduktion der Zahnbeläge um 1,15 bzw. 1,55 Punktwerte. Die Kontrollgruppe mit der Handzahnbürste konnte ihre durchschnittlichen Plaquewerte außerhalb der Focus Care Areas um 0,48 (2 Wochen) und 0,83 Punkte (6 Wochen) verbessern. Beide Gruppen konnten somit signifikant bessere ($p<0,001$) Werte nach Benutzung der Produkte aufweisen. Die interaktive elektrische Zahnbürste erzielte allerdings signifikant höhere ($p<0,001$) Plaquereduktionen im Vergleich zur Kontrollgruppe. In Woche 2 betrug diese Differenz 130 %, in Woche 6 85 %.

Tab. 10a: Veränderung des TMQHPI der Nicht-Focus Care Areas nach Woche 2 der Produkttestung

Woche 2				
	Baseline TMQHPI (SD)	Absolute Veränderung (SE)	Veränderung in %	p-Wert
Interaktive elektrische Zahnbürste (N = 29)	3,422 (0,302)	1,147 (0,064)	34,2 %	<0,001
Handzahnbürste (N = 30)	3,293 (0,395)	0,483 (0,063)	14,4 %	<0,001
Direkter Produktvergleich		0,663 (0,090)		<0,001

Tab. 10b: Veränderung des TMQHPI der Nicht-Focus Care Areas nach Woche 6 der Produkttestung

Woche 6				
	Baseline TMQHPI (SD)	Absolute Veränderung (SE)	Veränderung in %	p-Wert
Interaktive elektrische Zahnbürste (N = 29)	3,422 (0,302)	1,545 (0,064)	46,0 %	<0,001
Handzahnbürste (N = 30)	3,293 (0,395)	0,831 (0,061)	24,8 %	<0,001
Direkter Produktvergleich		0,713 (0,089)		<0,001

Die Daten wurden statistisch mit einem Paardifferenztest und einer Kovarianzanalyse ermittelt. Die berechneten Veränderungen sind als Abweichung vom Grundwert, den Baseline-Daten, zu verstehen.

4.4 Putzzeit

Zum Zeitpunkt der ersten Erfassung der Putzzeit (Screening) war die mittlere Putzzeit der beiden Gruppen vergleichbar ($p=0,411$): Die Probanden der interaktiven elektrischen Zahnbürstengruppe putzen im Schnitt 126s ($SD=52,7$), die der Handzahnbürstengruppe 118s ($SD=44,5$). Nach der Behandlungsphase wiesen die Teilnehmer der Testgruppe signifikant längere ($p<0,001$) durchschnittliche Putzzeiten auf als die Teilnehmer der Kontrollgruppe. Die diskret gestoppten Zeiten der interaktiven elektrischen Zahnbürstengruppe betragen durchschnittlich 177s ($\pm 30,1$) nach zwei und 181s ($\pm 44,3$) nach sechs Wochen. Die Handzahnbürste motivierte die Probanden zu einer mittleren Putzzeit von 130s ($\pm 45,9$) nach zwei und 114s ($\pm 40,6$) nach sechs Wochen mit dem ausgehändigten Produkt. Die Veränderung der Putzzeiten im Verlauf der Studie waren in der manuellen Kontrollgruppe nicht signifikant ($p\geq 0,0999$). Die Veränderungen in der Testgruppe mit einer Steigerung von 51 bzw. 55 Sekunden sind statistisch signifikant ($p\leq 0,013$). Die Putzzeitveränderung im Vergleich beider Gruppen unterscheiden sich signifikant ($p=0,002$ bzw. $p=0,001$) sowohl nach 2 als auch nach 6 Wochen; die Auswertung erfolgte mit einer nicht-parametrischen Kovarianzanalyse (ANCOVA) mit der Screening-Putzzeit als Kovarianz (Abb. 19).

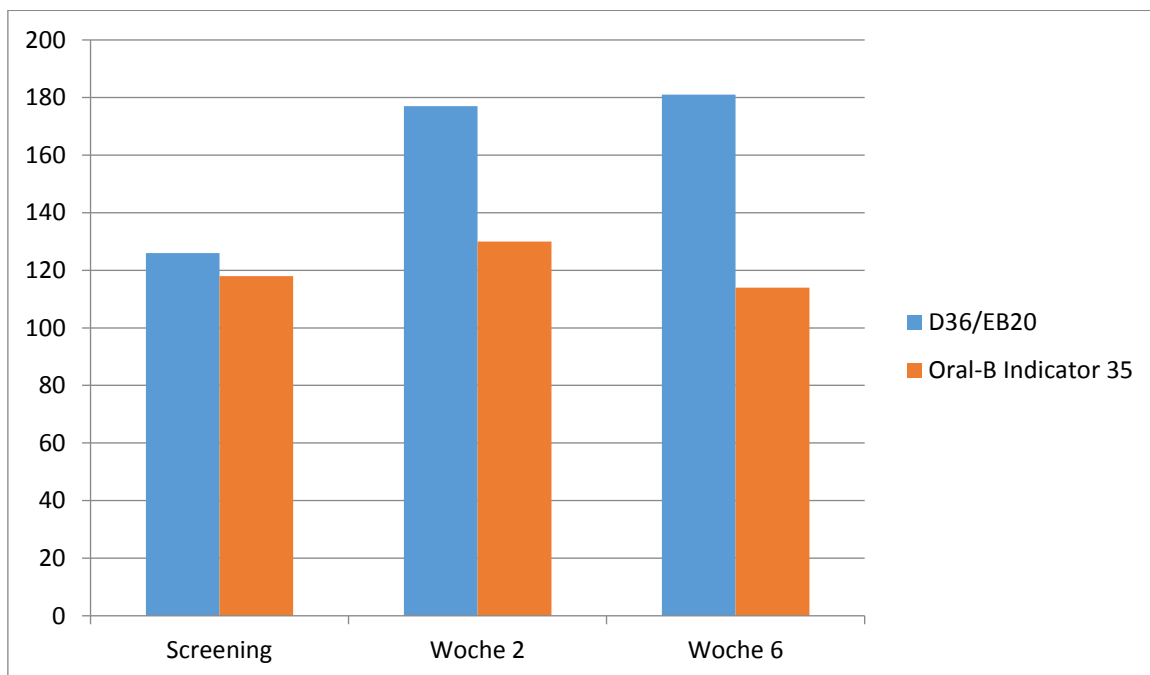


Abb. 19: Durchschnittliche Putzzeit in Sekunden zu den Zeitpunkten Screening, Woche 2, Woche 6

4.5 Motivation

Vor der Benutzung der Testprodukte wurden die Teilnehmer, welche später in die Gruppe der interaktiven elektrischen Zahnbürste eingeteilt wurden, gebeten, einen Fragebogen zur Motivation ihrer täglichen Mundpflege auszufüllen (Tab. 11). Auf einer Skala von 1 bis 5 war 1 die höchstmögliche Motivation. Der Ausgangswert lag im Durchschnitt bei 2,65 (SD=1,00). 43,3 % der Jugendlichen gaben die Skalenwerte 1 oder 2 an. Nach sechs Wochen selbstständigem Gebrauch der Testprodukte im Alltag wurden die Teilnehmer der Studie erneut darum gebeten, einen Fragebogen auszufüllen. Diesmal lag der Skalenwert bei dieser Frage bei durchschnittlich 1,93 (SD=0,78), wobei 86,7 % ihre Motivation mit einem Punktwert von 1 oder 2 beschrieben. Dieser Motivationsanstieg bezüglich der Putzfrequenz um 0,7 Skalenwerte im Laufe der Studie war signifikant ($p=0,0005$).

Die Teilnehmer der Testgruppe wurden ebenfalls bezüglich ihrer Motivation befragt, die Zähne für die individuell eingestellte Zeit von über zwei Minuten zu putzen. Beim Baseline-Termin wurde diese Frage mit einem durchschnittlichen Skalenwert von 2,3 (SD=0,88) angegeben; 56,7 % beurteilten diese Frage mit 1 oder 2. Diese Frage wurde am Ende der Studie wieder im Fragebogen abgefragt. Nach 6 Wochen lag der Durchschnittswert um 1,83 Punkte (SD=0,83) unter dem Anfangswert. 73,3 % der Jugendlichen gaben dieser Frage den Punktwert 1 oder 2. Dieser Motivationsanstieg bezüglich der Länge des Zähneputzens im Verlauf der Studie war ebenfalls signifikant ($p\leq 0,0054$).

Im Schnitt wird das Zähneputzen mit der interaktiven elektrischen Oral-B® 6000 plus Unterstützung des Putzens mit der Oral-B® App in jeder Frage als positiv bewertet. Alle Durchschnittswerte liegen deutlich über dem Wert von 3, welcher eine neutrale Haltung bzw. ein „einigermaßen motiviertes“ Zähneputzen widerspiegeln würde.

Beinahe alle Teilnehmer (93,1 %) der Testgruppe mit interaktiver elektrischer Zahnbürste stimmten der Aussage „mit der App kann ich mehr für meine Mundhygiene tun“ mit den Werten von 1 oder 2 zu. 90 % der betreffenden Probanden unterstützen die Aussage im Fragebogen „mit der App vergeht die Putzzeit schneller“ mit den Punktwert 1 oder 2. 93,3 % stimmen der Frage, ob die App ihnen bei der täglichen Mundhygiene hilft, mit den beiden besten Punktwerten 1 oder 2 zu (Tab. 11).

Die Fragebögen wurden mit einem Einstichproben-t-Test analysiert.

Tab. 11: Auswertung der Fragebögen zu den Zeitpunkten Baseline und nach Woche 6

Frage		Kontrollgruppe (Ind. 35)			Testgruppe (D36)		
		N	Ø (SD)	P1&2	N	Ø (SD)	P1&2
B F1	Frequenz 2x/Tag putzen	30	1,70 (0,79)	24 (80,0 %)	30	1,97 (1,03)	21 (70,0 %)
B F2	Frequenz ≥ 2min putzen	30	1,77 (0,77)	26 (86,7 %)	30	1,83 (1,05)	22 (73,3 %)
B F3	Motivation 2x/Tag putzen	30	2,47 (0,97)	18 (60,0 %)	30	2,63 (1,00)	13 (43,3 %)
B F4	Motivation ≥ 2min putzen	30	2,37 (1,19)	17 (56,7 %)	30	2,30 (0,88)	17 (56,7 %)
B F5	Zufrieden mit eigener Muhy	30	1,97 (0,61)	25 (83,3 %)	30	2,17 (0,79)	20 (66,7 %)
Post F1	Motivation 2x/Tag putzen mit App				30	1,93 (0,78)	26 (86,7 %)
Post F2	Motivation ≥ 2min putzen mit App				30	1,83 (0,83)	22 (73,3 %)
Post F3	App hilft bei Muhy				30	1,77 (0,82)	28 (93,3 %)
Post F4.1	App fördert Putzfrequenz				30	1,83 (0,75)	24 (80,0 %)
Post F4.2	App fördert Putzzeit				30	1,70 (0,79)	24 (80,0 %)
Post F4.3	App vereinfacht Muhy				30	1,77 (0,90)	26 (86,7 %)

Post F4.4	App lässt Zeit schneller vergehen		30	1,47 (0,78)	27 (90,0 %)
Post F4.5	Mit App mehr für Muhy machbar		29	1,55 (0,74)	27 (93,1 %)
Post F4.6	Mit App macht Muhy Spaß		30	1,87 (0,82)	24 (80,0 %)
Post F4.7	Werde App vermissen		30	2,07 (0,87)	22 (73,3 %)

BF1, BF2: 1 = immer; 5 = nie

BF3, BF4: 1 = sehr motiviert; 5 = überhaupt nicht motiviert

BF5: 1 = sehr zufrieden; 5 = überhaupt nicht zufrieden

PF1, PF2: 1 = sehr motiviert; 5 = überhaupt nicht motiviert

PF3: 1 = half mir sehr viel; 5 = half mir gar nicht

PF4: 1 = stimme voll und ganz zu; 5 = stimme absolut nicht zu

5. Diskussion

5.1 Diskussion des Studienaufbaus

5.1.1 Studiendesign

Die vorliegende Studie zur Effektivität der Plaquereduktion bzw. des täglichen Zähneputzens wurde einfach-blind und im Paralleldesign angelegt. Eine doppelblinde Studie ist mit Zahnbürsten nicht durchführbar, da der Proband das Produkt nicht ohne Betrachtung bzw. ohne Kenntnis der optimalen Anwendung testen kann. Die Gestaltung der Untersuchung im einfach-blinden Design erforderte aufgrund der getrennten Untersuchungs- und Instruktionsräume sowie des zusätzlich notwendigen Personals mehr Aufwand. Der einfach-blinde Ansatz schafft jedoch auch größtmögliche Objektivität bei der Bewertung der erhobenen Indices, da die Studienärztin zu keinem Zeitpunkt wusste, welche Zahnbürste vom Probanden verwendet wurde. Studien können auf diese Weise unvoreingenommen und ohne bestimmte Erwartungshaltung durchgeführt und ausgewertet werden. Das Paralleldesign wird auch von anderen Forschungsgruppen zur Untersuchung diverser Zahnbürsten bevorzugt (23, 124). Um eine optimale Vergleichbarkeit zu schaffen, wurde die vorliegende Untersuchung in exakt dem gleichen Design wie eine frühere Studie des gleichen Teams mit denselben Testzahnbürsten über einen etwas kürzeren Zeitraum von nur zwei Wochen und mit Probanden ohne festsitzende kieferorthopädische Apparaturen im Mundraum angelegt (1). Vorteil des Paralleldesigns ist die kürzere Studiendauer, da es pro Proband keine zwei Testphasen mit je einem Produkt gibt, sondern nur ein Produkt pro Gruppe getestet wird. Ausschlaggebend für gleiche Startbedingungen und bewertbare Ergebnisse ist jedoch in jedem Fall eine genaue Voruntersuchung und gleichmäßige Verteilung der Probanden auf eine der beiden Gruppen.

Es besteht natürlich immer die Gefahr, dass die Studie von einem Probanden abgebrochen wird, da er nicht der neuartigen, spannenderen interaktiven elektrischen Zahnbürste zugeordnet wurde: Dies konnte bei der vorliegenden Untersuchung jedoch vermieden werden, da die Probanden wussten, dass sie am Ende der Studie eine neue interaktive elektrische Zahnbürste geschenkt bekommen, auch wenn sie der Kontrollgruppe zugeordnet worden waren.

Eine Alternative zum Paralleldesign ist das Cross-over-Design. Hierbei testet jeder Proband alle Testprodukte. Auf diese Weise ist jede Gruppe quasi ihre eigene Kontrollgruppe. Mit diesem Design können probandenabhängige Faktoren auf ein Minimum reduziert werden, da sie in die Ergebnisse beider Gruppen einfließen. Das Cross-over-Design birgt allerdings auch Nachteile, z.B. das Risiko eines Carry-over-Effekts, der Ermüdung der Probanden aufgrund langer Testzeit, oder Ergebnisschwankungen aufgrund des Neuheits-, aber auch Trainingseffekts (125). Es kann von Seiten der Probanden unterbewusst zur Favorisierung eines Produktes kommen, welches unter Umständen mit mehr Motivation getestet wird. Es ist schließlich schwierig, ein exakt gleiches Mundhygieneniveau vor Testung des zweiten Produktes wie zu Studienbeginn zu erreichen. Van der Weijden (126) rät daher explizit vom Cross-over-Design für Zahnbürstenstudien ab.

5.1.2 Reliabilität

Die Aussagekraft der vorliegenden Studie beruht auf den statistisch ausgewerteten Plaqueindices und Fragebögen, wobei eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit angestrebt wurde. Dies sollte durch eine strenge Vorauswahl und stetige Kontrolle der Probanden vor jedem Termin erreicht werden. Die standardisierte Ausgangssituation wurde mittels Randomisierung und einer somit gleichmäßigen Gruppenaufteilung hergestellt. Wie die Ergebnisse des Gallup Youth Survey zeigen, müssen nicht nur Plaqueindices und Alter in die Randomisierung einfließen, sondern auch das Geschlecht, da Mädchen im Kindesalter deutlich fleißiger ihre Zähne putzen als Jungs (112).

Durch die stets gleichen Studienmitarbeiter wurden Fehler auf ein Minimum reduziert; es war stets die gleiche Studienärztin, die alle Indices erhob; immer die gleichen zwei Personen waren für die Kontrolle der Ein-/Ausschlusskriterien, Putzzeit und für sämtliche notwendige Hilfestellungen wie das Beantworten aller Fragen, Austeilen und Erklären der Produkte (*Inter-examiner-agreement*) zuständig. Eine Kalibrierung der Untersucherin an beispielhaften Probanden dieser Studie erfolgte nicht. Die Studienärztin hatte bereits vorher an einer Kalibrierungsstudie zum Erheben von Plaqueindices erfolgreich teilgenommen sowie die langjährige Erfahrung und ständige Tätigkeit an Patienten und deren Bewertung für andere Studien wurden als ausreichend akzeptiert (*Intra-examiner-agreement*).

5.1.3 Studiendauer

Meist untersuchen Studien die Effektivität von Zahnbürsten über einen Zeitraum von einer Woche bis zu wenigen Monaten (in den angeführten Beispielen bis zu zwei Monaten) (1, 77, 83, 86). Diese Untersuchung wurde im Vergleich zur Vorgängerstudie ohne Multibracket-Apparaturen (1) um einen Termin, also um vier Wochen, verlängert. Diese Ausdehnung der Testzeit sollte eine längere Eingewöhnung erlauben und den Hawthorne-Effekt reduzieren, da die Probanden nach einer gewissen Zeit wieder zu ihrer Routine zurückfinden. Der Hawthorne-Effekt ist ein Begriff aus der Soziologie bzw. Psychologie und beschreibt den Zustand, dass Personen anders handeln, wenn ihnen bewusst ist, dass sie unter Beobachtung, beispielsweise in einer klinischen Studie, stehen. Ergebnisse können so verfälscht oder aber nur dadurch hervorgerufen werden (127, 128). Durch den Hawthorne-Effekt werden daher insbesondere kürzere Studien beeinflusst. Durch die längere Untersuchungszeit in der vorliegenden Studie wurde angenommen, dass die Probanden wieder zu ihren gewohnten Verhaltensmustern zurückkehrten und so ein der Realität sehr nahes Ergebnis erzielt wird. Kurzzeitstudien mit Zahnbürsten können sehr schnell Veränderungen des Plaqueindex hervorrufen. Kritisch zu hinterfragen ist jedoch, ob dieses Mundhygienelevel über einen längeren Zeitraum und ohne Beobachtung im Alltag bestehen bleibt. Die Beobachtung chronischer Effekte wie Attachmentverlust, Rezessionen oder Gingivitiden erfordert eine deutlich längere Studiendauer, in diesen beispielhaften Studien zwischen 6 Monaten und über 20 Jahren (42, 48, 123).

Die Wahl der Studienlänge ist entscheidend für die Ergebnisse der Untersuchung. Auf der einen Seite soll die maximale Leistung des Produktes herausgefunden werden, auf der anderen Seite soll eine realitätsnahe Situation nachgestellt werden, um den realen Nutzen für die Anwender im Alltag zu ermitteln. Chilton et al. (124) halten eine Studiendauer ab 6 Monaten für sinnvoll, um Plaque- und Gingivitisveränderungen aussagekräftig untersuchen zu können; die Gründe hierfür sind, dass Plaqueformationen nach einer Prophylaxesitzung erst nach mehreren Monaten entstehen und dass die Patienten eine gewisse Zeit brauchen, um zu ihrer eigenen Compliance zurückzufinden oder neue Verhaltensweisen in die tägliche Mundhygiene dauerhaft zu integrieren. Bei Verwendung von antimikrobiellen Substanzen müssen schließlich die Bakterien Adaptionen entwickeln und so neue Wege finden, Wirkungen der Substanz standzuhalten.

Elektrische Zahnbürsten sind nicht in gleicher Weise anzuwenden wie klassische Handzahnbürsten. Personen, die noch nie eine elektrische Zahnbürste benutzt haben, ist anzuraten, die Gebrauchsanweisung sorgfältig durchzulesen, um ein optimales Ergebnis zu erzielen und Verletzungen zu vermeiden. Findet der erste Kontakt, wie in dieser Untersuchung, in einer Studie statt, wird diese Einführung durch das Studienpersonal übernommen und durch schriftliches Informationsmaterial ergänzt. Dennoch bedarf es einer Eingewöhnungsphase zur Etablierung des Produkts für die tägliche Mundhygiene (89).

Die vorliegende Studie dauerte insgesamt 8 Wochen, wobei der reine Behandlungszeitraum 6 Wochen betrug; beim Screening-Termin wurden die Patienten auf ihre Eignung für die Studie geprüft, in diese aufgenommen und Formalia geklärt. Zwei Wochen später begann der Untersuchungszeitraum mit dem Baseline-Termin und der randomisierten Verteilung der Produkte. Die Ergebnisse der Anwendung der Produkte wurden das erste Mal nach zwei Wochen und abschließend nach sechs Wochen überprüft. Es gab keine Eingewöhnungsphase, allerdings ist nach einer mehrwöchigen Aufnahme der Produkte in die alltägliche Putzroutine davon auszugehen, dass diese verstanden, der Umgang erprobt und die anfängliche Übermotivation im Sinne des Hawthorne-Effekts bereits deutlich reduziert wurde. Die Frage, wann eine Studie „sichere“ Ergebnisse liefert, ist schwer zu beantworten. Es stellt sich zudem die Frage, was das Ziel einer betreffenden Studie ist. Eine Untersuchung der Probanden über mehrere Monate ist nicht sinnvoll, um das Können des Produktes zu überprüfen; dies würde lediglich die Motivation aufzeigen, ein gleichbleibendes Mundhygieneniveau aufrecht zu erhalten.

5.1.4 Probandenanzahl

Grundsätzlich ist eine möglichst große Anzahl an Probanden anzustreben, da so Ausreißer ausgeglichen werden können. Auf der anderen Seite müssen wirtschaftliche Faktoren im Auge behalten werden; es ist ein sinnvoller Zeit/Kosten-Aufwand einzuhalten. Im Bereich der Zahnbürstenforschung finden sich Studien unterschiedlichster Größe: Sehr kleine Studien mit beispielsweise 15 Probanden von Niemi (129), aber auch solche mit sehr großen Testgruppen, etwa 193 Personen in der Studie von Sharma et al. (130). Die Zielgröße nach ADA (American Dental Association) von 1998 beträgt mindestens 25 Probanden (131).

Die für diese Studie notwendige Anzahl von 60 Probanden wurde auf der Basis der bereits zitierten Vorgängerstudie geschätzt (1). Der Vorschlag beruhte zudem auf einer großen Erfahrung mit Studien ähnlicher Art. Die 60 Jugendlichen wurden in zwei gleich große Gruppen aufgeteilt. Diese Anzahl erlaubte es, alle Probanden an den Nachmittagen in jeweils einer einzigen Woche zu untersuchen und auf diese Weise den Aufwand trotz relativ großer Personenzahl überschaubar zu halten.

5.1.5 Probandenauswahl

Die jugendlichen Probanden dieser Studie wurden zu Anfang mit den folgenden Kriterien in eine der beiden Gruppen aufgeteilt. Zuvor mussten eine Reihe von Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien erfüllt sein, und es wurden auch Allgemeinerkrankungen und Medikamente berücksichtigt, welche Einfluss auf die Mundhygiene nehmen könnten (siehe Abschnitt 3.2.1): Alter, Geschlecht, Anzahl FCAs, Plaqueindex bei Baseline. Mit einem Randomisierungsprogramm konnten vergleichbare Gruppen gebildet werden. Es wurde nicht nach dem Wohnort in Mainz unterschieden und kein Sozialindex erhoben. Aufgrund der kieferorthopädischen Behandlung der Jugendlichen kann von einem Elternhaus ausgegangen werden, welches sich um die Hygiene ihrer Kinder kümmert und für eine Basismotivation sorgt. Gesucht wurden Probanden mit einer durchschnittlichen Motivation und Mundhygiene, aber kein Fachpersonal. Auf diese Weise sollte eine realitätsnahe Situation für die Testprodukte sichergestellt werden. Diverse Studien führen ihre Studien an Mitarbeitern oder Studierenden, also geschulten und überproportional motivierten Personen, durch (129, 132), oder die Zähne der Probanden werden durch Fachpersonal geputzt (90). Mithilfe von Fachpersonal kann die maximale Effektivität eines Produktes *in vivo* ermittelt werden, da eine überdurchschnittliche Geübtheit, gute Technik und Motivation aufgrund von Folgenwissen gegeben sind.

Studien der vorliegenden Art können und sollen ein Produkt bewerten, liefern aber kein Abbild der durchschnittlichen Mundhygiene der gesamten Bevölkerung.

Die Probanden der vorliegenden Studie repräsentieren zudem nur ein spezielles Alter: Es wurden nur Jugendliche im Alter zwischen 13 und 17 Jahren untersucht, welche zusätzlich im Studienzeitraum mit einer Multibracket-Apparatur in beiden Kiefern behandelt wurden. Dieses Alter ist der Hauptbereich zur Behandlung mit festsitzenden

Zahnsparren. Dass genau diese Personen Probleme mit der Mundhygiene haben, wurde in Abschnitt 2.5 erläutert. Jugendliche dieses Alters wohnen in der Regel bei ihren Eltern, agieren im Alltag allerdings weitestgehend selbstständig; auch die Mundhygiene wird durch die Eltern weniger genau kontrolliert. Zweifellos spielen Probleme der Pubertät wie Veränderungen des Körpers, evtl. Unzufriedenheit mit dem Aussehen, schwieriges Putzen durch kieferorthopädische Interventionen und sich ändernde Körperhygiene aufgrund von Hormonumstellungen eine Rolle.

Der in der vorliegenden Studie geforderte Mindestwert für den Plaqueindex ist mit einem TMQHPI von $\geq 1,75$ im mittleren Bereich angesiedelt. Auch andere Studien setzten ähnliche Plaqueindices wie 1,0 oder 1,8 voraus (19, 133). Dieser Wert erlaubt sowohl eine Verbesserung als auch eine Verschlechterung der Mundhygiene während des Untersuchungszeitraums. Dass die durchschnittliche Mundhygiene in der Bevölkerung Deutschlands verbesserungsfähig ist, zeigt die DMS V (11) und explizit für Jugendliche im Alter von 15 Jahren die DMS IV (12). Probanden mit einer schlechten Mundhygiene können größere Veränderungen des Plaqueindex erzielen als Patienten, welche mit einer überdurchschnittlich guten Hygiene starten; der Vorteil elektrischer Zahnbürsten kann durch eine sehr gute Mundhygiene vor Beginn der Studie neutralisiert werden (134).

Einige Studien zur Untersuchung des Effekts von verschiedenen Zahnbürsten führten vor der eigentlichen Studie eine Zahnreinigung durch geschultes Personal durch (90, 130, 135, 136). Es ist fraglich, ob eine professionelle Zahnreinigung (PZR) zu Beginn einer Zahnbürstenstudie sinnvoll ist, um vergleichbare Ausgangsdaten zu generieren. Es ist eine relativ lange Wash-out-Phase mit gleichen Produkten für alle Probanden nötig, um die Vorteile der Testprodukte sichtbar zu machen; nach der PZR muss die Plaque aufgrund der durchschnittlichen Mundhygiene des Patienten wachsen können, um anschließend Verbesserungen der Werte und keine Verschlechterung beobachten zu können. Der Schritt der PZR erfordert also zusätzliche Arbeit, Zeit und Übergangshygieneprodukte.

In der vorliegenden Studie wurde daher im Vorfeld keine PZR durchgeführt. Anhand der bestehenden Plaquewerte und anderen bereits genannten Kriterien beim Baseline-Termin wurden die Patienten so auf die beiden Testgruppen verteilt, dass der durchschnittliche Plaqueindex der beiden Vergleichsgruppen vergleichbar war. Damit stellte die vorliegende Studie die persönlichen Putzgewohnheiten und deren Beeinflussung durch die Testprodukte in den Vordergrund.

Die vorliegende Studie setzte ein Minimum von 16 bewertbaren natürlichen Zähnen (nicht überkront, große Füllungen o.ä.) als Kriterium für die Teilnahme an der Studie voraus. Dritte Molaren wurden, sofern vorhanden, nicht bewertet. Schmid et al. (10) setzten 24 Zähne, Rosema et al. (91) 20 Zähne und Elliot (83) ein komplettes Gebiss mit 28 Zähnen voraus. Die relativ geringe Zahl von Zähnen in dieser Studie schließt viele Probanden ein. Aufgrund der Behandlung mit einer Multibracket-Apparatur sind unter Umständen weitere Zähne wegen Bändern oder ähnlichen kieferorthopädischen Hilfsmitteln nicht bewertbar. Auch spät durchbrechende zweite Molaren sind bei Jugendlichen im Alter von 13 Jahren noch im Durchbruch und daher möglicherweise ebenfalls nicht bewertbar. Probanden mit weniger als 16 Zähnen, wie es gehäuft bei Personen mit Syndromen vorkommt, sind dagegen aufgrund des Anamnesebogens von vorneherein ausgeschlossen.

5.2 Diskussion des Studienmaterials

5.2.1 Zahnbürste

Getestet wurde die neu entwickelte interaktive elektrische Zahnbürste Professional Care 6000 von Oral-B®. Als Kontrollzahnbürste diente eine reguläre Handzahnbürste, die Indicator 35 Soft, ebenfalls von Oral-B®. Aufgrund der Gegenüberstellung von elektrischer und Handzahnbürste, wie in diversen anderen Zahnbürstenstudien, lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit den Ergebnissen der anderen Studien prinzipiell vergleichen. Eine uneingeschränkte Vergleichbarkeit ist jedoch aufgrund der unterschiedlichen Studiendesigns, Funktionen und dem jeweiligen Aufbau der Studien nicht (immer) direkt möglich.

Mit Handzahnbürsten dürfte jede Person vertraut sein. Auch elektrische Zahnbürsten sind schon seit längerem auf dem Markt und für jeden zugänglich und auch erschwinglich; allerdings gibt es immer noch viele Personen, die elektrischen Zahnbürsten weiterhin skeptisch gegenüberstehen oder noch nie Kontakt damit hatten. Ein zentrales Kriterium für den Einschluss in die Studie war daher nur das Putzen der Zähne im Alltag mit einer Handzahnbürste. Ob die Probanden zuvor jemals Kontakt zu elektrischen Zahnbürsten hatten, wurde nicht erfragt.

Dem Studienpersonal wurden keine ungewünschten Nebenwirkungen beider Zahnbürsten seitens der Probanden berichtet, noch wurden vom Studienpersonal im Rahmen der Untersuchung solche festgestellt.

Die grundlegenden Unterschiede der getesteten elektrischen Zahnbürste zur Handzahnbürste sind:

- Kleineres, rundes Borstenfeld der elektrischen Zahnbürste;
- selbstständige rotierend-oszillierende Bewegungen der elektrischen Zahnbürste;
- eingebauter Timer mit Vibrationen nach jeweils 30 Sekunden und bei personalisierter Einstellung nach zusätzlich 10 Sekunden für jede Focus Care Area;
- Verbindung *via* Bluetooth zu einer Zahnputz-App;
- visuelle Anreize über die App;
- individuelle Anpassung an Patientenempfinden durch verschiedene Putzmodi bei der elektrischen Zahnbürste; sowie
- durch Entfärbung der Borsten der elektrischen Zahnbürste sichtbare Empfehlung, den Bürstenkopf zu tauschen.

5.2.2 Zahnpasta und weitere Hilfsmittel

Im Rahmen einer Untersuchung zur Effektivität von Zahnbürsten zur Plaquerreduktion mussten die Studienteilnehmer stets dieselbe Zahnpasta zur Reinigung der Zähne benutzen, um den Einfluss unterschiedlicher Zahnpasta auszuschließen. In der vorliegenden Studie wurde eine herkömmliche fluoridhaltige Zahnpasta, Blend-a-Med Classic, verwendet; die Zahnpasta wurde beim Baseline-Termin zusammen mit den Zahnbürsten ausgeteilt; bei hohem Verbrauch wurden bei Bedarf weitere Tuben an die Probanden ausgegeben.

Blend-a-Med Classic war Anfang des Jahres 2016 die meistverkaufte Zahnpastamarke Deutschlands und wurde 2017 von der Stiftung Warentest mit der Gesamtnote 1,6 bewertet (137). Die Zahnpasta enthält laut Angaben des Herstellers folgende Inhaltsstoffe, welche die Reinigung gewährleisten: Aqua, Glycerin, Hydrated Silica, Xanthan Gum, Sodium Lauryl Sulfate, Aroma, Limonene, Sodium Fluoride, Sodium Saccharin, Zinc Lactate, CI 77891.

Die Nutzung zusätzlicher Hilfsmittel war nicht erlaubt oder musste wenigstens vereinheitlicht werden. In der vorliegenden Studie durfte ausschließlich Zahnseide verwendet werden, wenn diese bereits vor der Studie zur täglichen Zahnpflege herangezogen wurde. Weitere Hilfsmittel wie Interdentalbürstchen, Mundspüllösung oder Mundduschen sowie professionelle Mundhygienemaßnahmen waren verboten.

5.2.3 Plaquerevelator

Es gibt Plaqueindices, welche ohne Plaquerevelatoren erhoben werden, wie beispielsweise der OHI-S (*simplified Oral Hygiene Index*) nach Greene und Vermillion oder der PI (*Periodontal Index*) nach Russell (138, 139). Da Plaque optisch schwer von der Zahnfarbe unterschieden werden kann, ist es sinnvoll, einen Index zu verwenden, welcher mit Plaquerevelatoren arbeitet. In der vorliegenden Studie wurde der TMQHPI wie in der vorangegangenen Studie der Arbeitsgruppe (1) mit Mira-2-Ton[®] erhoben, welches den Zahnbelag rosa bis violett einfärbt und so deutlich sichtbar macht. Die Applikation der Mira-2-Ton[®]-Flüssigkeit unterliegt naturgemäßen Schwankungen, wodurch das Ergebnis beeinträchtigt werden kann, unter anderem spielen Erreichbarkeit der Zähne, Wangenmuskeln und Compliance der Jugendlichen eine Rolle. Diese Fehler können durch erfahrene Studienpersonal und die Applikation durch ein und dieselbe Person bei allen Probanden reduziert werden. In der vorliegenden Studie war zudem nicht die Farbe, also Dicke der Plaque von Bedeutung, sondern die Größe der angefärbten Zahnfläche.

5.2.4 Fragebogen

Der Fragebogen spiegelt die subjektive Einschätzung der Probanden vor und nach Benutzung der interaktiven elektrischen Zahnbürste wider. Mit diesen Ergebnissen können Korrelationen zwischen Empfinden und objektiv erhobenen Indices aufgedeckt werden. Zudem kann die Motivation der Probanden mit den Veränderungen der Mundhygiene abgeglichen werden.

5.3 Diskussion der Studienmethode

5.3.1 Plaqueindex

Das grundlegende Ziel der vorliegenden Untersuchung war ein Vergleich der Effektivität einer modernen interaktiven elektrischen Zahnbürste inklusive App zu einer konventionellen manuellen Zahnbürste hinsichtlich der Entfernung vorhandener Plaque auf den Zähnen von Probanden mit festen kieferorthopädischen Apparaturen. Wegen der kieferorthopädischen Apparaturen wurde der Zahnbelag mit dem nach Kossak und Jost-Brinkmann modifizierten TMQHPI bestimmt (121, 122).

Es gibt verschiedene Plaqueindices, welche für Zahnputzstudien herangezogen werden können. Die Schwerpunkte diverser Indices unterscheiden sich hinsichtlich der bewerteten Zahnoberflächen und der Flächenaufteilung. Wie in Abschnitt 5.2.3 erläutert, wird in den meisten Studien ein Plaquerevelator zur besseren Visualisierung der Plaque benutzt. Der in der vorliegenden Studie benutzte TMQHPI bewertet die Plaque der gesamten Glattflächen, Teile der Approximalbereiche und die Kauflächen bleiben dagegen unbeachtet. Es wurden sechs Grade definiert, um größere Index-Differenzen bzw. eine feinere Abstufung erreichen zu können (122). Die hohe Zahl an Graden macht den Index anfällig für Störungen in der Reproduzierbarkeit, welche in der vorliegenden Studie allerdings dadurch gering gehalten werden konnten, dass ein und dieselbe erfahrene, kalibrierte Prüffärztin alle Probanden untersuchte.

Ein erhöhtes Risiko für Plaqueansammlungen bergen die schwer zugänglichen Bereiche eines Zahnes wie Approximalbereiche sowie tiefe Fissuren und Grübchen. Da Approximalbereiche sich hinsichtlich der Ausprägung der Plaque nicht gut in Graden bewerten lassen, wurde in diesen Bereichen nur qualitativ zwischen „Belag vorhanden“ und „belagsfrei“ differenziert, was allerdings keine hohe Sensitivität erlaubt. Fissuren und Grübchen gerade durchgebrochener Zähne gelten zwar als besonders gefährdete Kariesprädispositionsstellen (140), wurden aber in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Allerdings kann man davon ausgehen, dass diese bei Befall der gut zu reinigenden Glattflächen ebenfalls Beläge aufweisen.

Mit Ausnahme der Weisheitszähne wurden alle Zähne bewertet. Die Bewertung aller Zähne erfordert deutlich mehr Zeit und ist so rein wirtschaftlich betrachtet Methoden unterlegen, welche beispielsweise nur die Ramfjord-Zähne 16, 21, 24, 36, 41 und 44 notieren (141).

5.3.2 Mundhygiene-Instruktionen

Wie zahlreiche Studien gezeigt haben, führt eine detaillierte bzw. wiederholte Einweisung in eine optimale Mundhygiene zu besserer Compliance und so geringerer Plaqueansammlung auf den Zähnen der Probanden (19, 23, 126). Fraglich ist, ob eine solche künstlich geschaffene Situation ein reales Abbild der täglichen Mundhygiene der Probanden vermittelt. Studien mit Instruktionen sind quasi „überkontrolliert“, da Personen beim realen Kauf des Testproduktes lediglich die Anweisungen studieren können, welche dem Produkt beigelegt sind. Der Vorteil einer elektrischen Zahnbürste im Vergleich zu einer herkömmlichen Handzahnbürste kann allerdings zu Beginn der Nutzung stark reduziert sein, wenn keine eingehende professionelle Instruktion bezüglich der Handhabung stattgefunden hat (62). Renton-Harper et al. (142) stellen in ihrer Studie deutlich heraus, dass gerade zu Beginn der täglichen Nutzung einer elektrischen Zahnbürste Informationsvideos einen sehr positiven Effekt auf die Mundhygiene haben und den Nutzen von schriftlichen Instruktionen, wie den Beipackzetteln eines Produkts, deutlich übertreffen.

Manche Untersucher nutzen diverse Kontrollmechanismen zur Aufrechterhaltung der Compliance während ihrer Studien, z.B. Beobachten der Probanden bei den Kontrollterminen, und geben wiederholt Verbesserungsvorschläge bzw. rufen zwischen den Terminen an, um gegebene Ratschläge in Erinnerung zu rufen und die Compliance zu steigern (133). Diese Studien können zwar den maximalen Nutzen eines Produktes *in vivo* darstellen, spiegeln allerdings mitnichten den realen, dauerhaften Vorteil des Produkts gegenüber anderen wider.

Die dieser Arbeit zugrundeliegende Studie gab beim Baseline-Termin für das jeweilige Produkt eine mündliche und bildliche Instruktion am Zahnmodell. In den Informationsordnern jedes Probanden befand sich zudem eine grundlegende Putzanleitung für das jeweilige Produkt (siehe Anhang). Beide Gruppen wurden auf die Notwendigkeit der Reinigung aller Zahnoberflächen, sinnvolle Putzdauer und persönliche Problembereiche (Focus Care Areas, FCAs) hingewiesen. Die Testgruppe mit der interaktiven elektrischen Zahnbürste erhielt zusätzlich eine kurze Einweisung in die Nutzung der App auf dem Handy bzw. die Kombination aus Zähneputzen mit Zahnbürste plus App; dies wurde durch einen angeleiteten kompletten Putzvorgang geübt. Eine Wiederholung der Instruktion bei den nachfolgenden Terminen fand nicht statt. Die Studie verhinderte damit einen grundlegend falschen Umgang mit den

Produkten, reduzierte allerdings auch ein unnötiges Vergrößern des Hawthorne-Effekts durch fehlende nochmalige Motivation und ständige Erinnerung.

Die App ruft den Jugendlichen jeden Tag ins Gedächtnis, welche Bereiche geputzt werden sollen, und zeigt nochmals die FCAs auf. Diese Möglichkeiten stehen effektiv jedem Käufer auch außerhalb der Studie offen, wenn er die Zahnbürste in Kombination mit einem Handy nutzt und ggfs. individuelle Einstellungsvorschläge bei seinem Zahnarzt erfragt.

5.3.3 Zahnputztechnik

Den Probanden der vorliegenden Studie wurde keine spezielle Putztechnik vorgeschrieben. Allerdings wurden Hilfestellungen in der Handhabung gegeben, am Modell die zu putzenden Flächen eines Zahnes (bukkal, okklusal, lingual) erläutert und an persönliche Schwachstellen der Mundhygiene erinnert. Diese Empfehlungen wurden auch in einem persönlichen Ordner dokumentiert, welchen jeder Proband ausgehändigt bekam. Den Probanden in der Testgruppe mit der interaktiven elektrischen Zahnbürste wurde nahegelegt, langsame Vor- und Rückbewegungen ohne großen Druck auszuführen, da mit dieser Zahnbürste aufgrund der selbstständigen Rotation des Bürstenkopfes kein „Schrubben“ der Zähne notwendig ist.

In der Fachwelt gilt die modifizierte Bass-Technik als die Putzmethode der Wahl zur Entfernung der dentalen Plaque (143, 144). Da spezielle Techniken nur mit einer Handzahnbürste angewendet werden können, nicht jedoch mit einer elektrischen Zahnbürste, wurde diese Technik in der vorliegenden Studie nicht vorausgesetzt. Somit putzte jeder Proband nach seinen eigenen Vorlieben und Möglichkeiten, was ein realitätsnahes Bild des Einsatzes von Zahnbürsten vermittelt. Eine neue Putztechnik wäre zunächst schwierig zu erlernen und ohne Beobachtung der Jugendlichen unter Umständen schnell wieder abgelegt. Harnacke et al. (145) konnten zeigen, dass neu erlernte Putztechniken (in dieser Studie erhielten die Probanden Instruktionen über die Methode nach Fones, Bass oder lediglich Basisinformationen über Mundhygiene) zunächst zu einer Verbesserung des Plaque Indexes führen. 12 Wochen nach den Instruktionen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Probandengruppen festgestellt werden. Im weiteren Verlauf der Studie verschwand

der positive Effekt der neu erlernten Methoden nach Fones bzw. Bass im Vergleich zur Basisinstruktion wieder. Harnacke et al. (146) zeigten in einer anderen Zahnputzstudie auch, dass nicht alleine die Technik entscheidend ist, sondern auch die Übermittlungsart der Mundhygieneinstruktionen. Individualisierte Instruktionen konnten die besten Ergebnisse im Vergleich zu schriftlichen oder standardisierten Informationen erzielen. Auch wenn von fachkundigen Personen, wie Zahnärzten, Zahnmedizinstudierende oder zahnmedizinischem Fachpersonal, ein sehr niedriger TMQHPI von 0,17 aufrecht erhalten werden kann (147) beeinflusst Stress selbst die beste Zahnputztechnik zum Negativen (148). Abgesehen von der Technik in Bezug auf die Handhabung der Zahnbürste waren mit Ausnahme von Zahnseide jegliche Maßnahmen zur Unterstützung der Mundhygiene, welche zusätzlich zur ausgeteilten Zahnpasta erworben werden können, verboten. Ein Verbot von Zahnseide erschien nicht sinnvoll, da täglich benutzte Produkte zu großer Gewohnheit führen und Routinen nur schwer durchbrochen werden können; Zahnseide wäre von manchen Probanden ohne Beobachtung vermutlich trotzdem benutzt worden. Da sie die Plaque im approximalen Bereich des Zahnes beeinflusst und dieser ohnehin nicht zur Bewertung der Indices herangezogen wurde, konnte das Ergebnis der Studie durch den Einsatz von Zahnseide kaum verfälscht werden.

Durch das Verwenden derselben Zahnbürsten innerhalb der Gruppen und derselben Zahnpasta für alle Jugendlichen sollte eine objektive Bewertung der Zahnbürsten ohne weitere Einflüsse etwa durch Zahngelees, Lösungen, PZR oder Antibiotika, die großen Einfluss auf die Plaquebildung haben (vgl. Abschnitt 5.1.5), möglich sein.

5.3.4 Zahnputzzeit

Der Faktor Zeit hat einen sehr großen Einfluss auf die Ergebnisse und die Vergleichbarkeit der Produkte. Die ADA empfiehlt eine Putzzeit von 2 Minuten pro Putzvorgang (149). Die vorgeschlagene Putzzeit der elektrischen Zahnbürsten liegt ebenfalls bei zwei Minuten. Aus diesem Grund wurde diese Zeit während der Studienzeit zunächst auch für die Handzahnbürste festgelegt. Von der Studienleitung wurde eine sorgfältige Reinigung der Zähne für zwei Minuten plus 10 Sekunden Extraputzzeit für jede FCA empfohlen bzw. in die App der Probanden der Testgruppe eingespeichert.

Die individuelle Putzzeit wurde bei den Kontrollterminen diskret gestoppt und protokolliert. Die interaktiven elektrischen Zahnbürsten speichern zwar die Länge und Uhrzeit der Anwendungen, jedoch wurde dies nicht separat ausgewertet, da es um den direkten Vergleich der beiden Zahnbürsten ging und eine klassische Handzahnbürste keine Kontrollmöglichkeit dieser Art bietet.

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Zeit und Reduktion der dentalen Plaque: Van der Weijden et al. (150) zeigten im direkten Vergleich dreier Zahnbürsten, dass jede Zahnbürste deutlich mehr Plaque entfernt, wenn diese länger benutzt wird. Verglichen wurden Putzzeiten von 15, 30, 45 und 60 Sekunden pro Quadrant, also eine Gesamtputzzeit von 1 bis 4 Minuten. Eine weitere Studie von van der Weijden et al. (151), welche eine klassische Handzahnbürste in den Test miteinbezog, bestätigte diesen Zusammenhang. Honkala et al. (152) ließen 110 13-Jährige unter Beobachtung ihre Zähne putzen; ihre Beobachtungen unterstreichen die Wichtigkeit der Putzzeit, da der Faktor Zeit auch in dieser Studie den größten Einfluss auf die Plaquereduktion nahm. Da Frontzähne und Prämolaren mit zunehmender Putzzeit leider im Vergleich besser gereinigt werden als Molaren (153), wurde in der vorliegenden Studie versucht, dieses Problem dadurch zu reduzieren, dass (1) mündlich daran erinnert wurde, (2) an einem Modell alle Zähne erläutert wurden und (3) die persönlichen FCAs spezifisch erläutert bzw. in der App eingestellt wurden.

Trotz der exakten mündlichen und schriftlichen Vorgaben zur Putzzeit wurde die Einhaltung der Putzzeit bei den Kontrollterminen geprüft und in den Ergebnissen ausgewertet. Ob die bei den Kontrollterminen protokollierte Putzzeit der realen Putzzeit zu Hause entspricht, kann nicht abschließend beantwortet werden, die Probanden wurden jedoch angewiesen so zu putzen, wie sie es während der Behandlungsphase für gewöhnlich zu Hause taten. Die Ergebnisse einer längeren mittleren Putzzeit von Probanden in der Testgruppe im Vergleich zu Probanden in der Kontrollgruppe bei gleichzeitiger niedrigeren Plaquewerten, geben einen starken Hinweis darauf, dass in der Testgruppe wahrscheinlich auch in der häuslichen Mundpflege während der Studie im Durchschnitt länger geputzt wurde.

5.4 Diskussion der Befunde der eigenen Untersuchung

5.4.1 Plaqueindex

In der vorliegenden Studie konnten sowohl die interaktive elektrische Zahnbürste Oral-B® Professional Care 6000 als auch die Oral-B® Indicator 35 Soft Handzahnbürste die Plaque in der täglichen Mundhygiene im Vergleich zu den Werten beim Baseline-Termin signifikant reduzieren. Der TMQHPI lag zu Beginn der Studie bei 3,92 (interaktive elektrische Zahnbürste) bzw. bei 3,89 (manuelle Zahnbürste). Nach zwei Wochen Nutzung der unterschiedlichen Zahnbürsten wurden die Probanden erneut untersucht und ein um 1,41 (Testgruppe) bzw. 0,64 (Kontrollgruppe) Punkte reduzierter TMQHPI festgestellt. Nach 6 Wochen wurde mit beiden Zahnbürsten eine nochmalige Verbesserung der Werte erreicht: Der TMQHPI konnte im Vergleich zum Baseline-Wert um 1,81 (Testgruppe) bzw. 0,97 (Kontrollgruppe) Indexpunkte gesenkt werden. Die interaktive elektrische Zahnbürste war damit bei beiden Kontrollterminen der Handzahnbürste signifikant überlegen. In Woche 2 betrug die Differenz 0,78 Indexpunkte, nach 6 Wochen 0,83 Punkte. Dass auch die Probanden in der Kontrollgruppe mit Handzahnbürste reduzierte Indices aufwiesen, lässt sich vermutlich auf die Tatsache zurückführen, dass die Probanden in einer kontrollierten Situation anders handeln (Hawthorne-Effekt), die Motivation bei der Nutzung eines neuen Produktes steigt sowie Erinnerung und Demonstration einer korrekten Mundhygiene nicht alltäglich sind.

Es stellt sich die Frage, weshalb die elektrische Zahnbürste der Handzahnbürste überlegen ist. Mögliche Gründe sind (1) der kleinere und rotierende Bürstenkopf, der besser in der Lage ist, schwer zu erreichende Stellen zu reinigen, (2) schnellere Bewegungen, im Falle der hier getesteten interaktiven elektrischen Zahnbürste die Erinnerung an die Putzzeit durch Vibration, (3) individuelle Erinnerung an FCAs, (4) Motivation und Spaß am interaktiven Putzen durch die Zuhilfenahme des Smartphones zur optischen Unterstützung, (5) Erleichterung der Mundhygiene durch geringere Kraftanstrengung sowie (6) Durchführen einer komplizierten Handbewegung im Sinne einer optimalen Putztechnik.

Es gibt Studien, die den Nutzen einer auf das Produkt abgestimmten Mundhygieneinstruktion eindeutig befürworten (19, 23, 90), andere sehen darin keinen Vorteil (154) bzw. belegen, dass trotz Ausbleiben einer Instruktion das Ergebnis der elektrischen Zahnbürste besser war als das der Handzahnbürste (155). Da die Putzgewohnheiten

von mehreren Faktoren wie Bildung, Stand der Eltern in der Gesellschaft und teilweise sogar Geschlecht abhängig sind, ist es wichtig, den Hintergrund eines Patienten zu kennen, um diesem möglichst gezielt Instruktionen und Hilfestellungen geben zu können (156). Glavind et al. (157) betonen die Wichtigkeit einer persönlichen Beratung durch den behandelnden Arzt. In einer ihrer Studien untersuchte das Team die Auswirkung eines Zahnputzvideos auf die Plaqueansammlung auf den Zähnen: Die eine Hälfte der Probanden putzte mit schriftlicher Anleitung, aber ohne Video, die andere Hälfte schaute sich zusätzlich zur schriftlichen Anleitung ein Video zur optimalen Mundhygiene an. Das Ergebnis zeigte nach 8 Wochen keinen signifikanten Unterschied im Plaqueindex der beiden Gruppen, obwohl das Video laut Fragebogen zu einem verbesserten Bewusstsein der Mundhygiene führte; das Video beeinflusst die Mundhygiene der Probanden damit nicht langfristig.

Jongenelis et al. (155) fanden keine Adaptationsprobleme bei der Nutzung von elektrischen Zahnbürsten, wenn bis dahin nur mit Handzahnbürsten geputzt wurde. Andere Autoren sind dagegen der Meinung, dass der korrekte Umgang mit einer elektrischen Zahnbürste einiges an Übung und evtl. wiederholte Instruktion erfordert, um eine gute Mundhygiene zu erzielen und beispielsweise Verletzungen zu vermeiden (89, 158).

Abgesehen von der Art der Zahnbürste steht die Frage im Raum, in welcher Weise die Eltern das Zähneputzen kontrollieren können bzw. wie lange nachgeputzt werden soll. Kielbassa et al. (159) empfehlen Eltern das Nachputzen der Zähne ihrer Kinder bis zum Ende der Grundschulzeit, da ansonsten weniger als 50 % der Zahnflächen gründlich gereinigt werden. Die Probanden der vorliegenden Studie besuchten alle eine weiterführende Schule; es ist daher anzunehmen, dass die Jugendlichen bei ihren Eltern leben, diese aber keine Zähne mehr nachputzen.

Weitere Kontrollmechanismen erscheinen für eine optimale Nutzung der interaktiven elektrischen Zahnbürste sehr sinnvoll: Die App kann hier Hilfestellungen geben, indem z.B. angezeigt wird, wann das letzte Mal geputzt bzw. wann das Putzen vergessen wurde, wie lange der Putzvorgang dauerte und ob z.B. mit zu viel Druck, also ineffektiv, gereinigt wurde. Diese Vorteile können selbstverständlich nur genutzt werden, wenn die Zahnbürste, wie in dieser Studie, in Kombination mit der App auf dem Smartphone verbunden wird.

Das Putzen durch geschultes Personal, wie in einer Studie von van der Weijden et al. (95), kann die Effektivität einer Zahnbürste an verschiedenen Zähnen und Zahnstellungen aufzeigen, gibt jedoch kein reales Abbild der täglichen Mundhygiene. Unbeachtet bleiben Putzfrequenz, Technik, manuelles Geschick, Motivation und der Hawthorne-Effekt. Abgesehen vom Hawthorne-Effekt sind diese Faktoren entscheidend und wichtig für eine aussagekräftige Studie. In der vorliegenden Studie wurde die Mundhygiene ausschließlich von den Probanden selbst durchgeführt; die Probanden wurden jedoch durch die Studienleitung durch schriftliche und mündliche Anweisungen unterstützt.

Die Plaque-Akkumulation dieser Studie von 8 Uhr morgens bis zum frühen Nachmittag ist nicht übermäßig lang, entspricht jedoch einer Alltagssituation. Die ADA forderte 1998 eine Mundhygienekarenz von 12 bis 16 Stunden (131). Ein nochmals verlängerter Verzicht auf Mundhygienemaßnahmen wird von den Probanden meist nicht gut akzeptiert und daher umgangen, was das Ergebnis solcher Studien deutlich verfälschen kann. Da die Zähne an den Untersuchungstagen vor 8 Uhr geputzt wurden und die Termine nachmittags stattfanden, waren die Zahnoberflächen bereits wieder besiedelt. Die fest anhaftende Plaque kann mittels mechanischer Reinigung durch eine Zahnbürste entfernt werden. Der Zahn wird aber direkt wieder von im Speichel vorhandenen Bakterien umspült und eine Akkumulation durch Nahrungsreste in der Mundhöhle begünstigt (27). Dies erklärt die Index-Werte über Null. Die Reinigung der Zähne mindestens zweimal am Tag zeigt gute Ergebnisse, da die feste Anhaftung der Plaque zeitnah wieder gelöst wird (79, 80). Letztendlich ist bisher eine komplette dauerhafte Plaqueentfernung nicht möglich. Daher bleibt die wissenschaftliche Herausforderung bestehen, weitere Forschung zur Optimierung der Mundhygiene zu betreiben, ohne aber die Symbiose zwischen Mensch und Mikroflora in der Mundhöhle zu stören. Eine die mechanische Reinigung unterstützende Zahnpasta ist wichtig; es sollten Inhaltsstoffe beinhalten sein, welche die Plaquebildung und Karies durch Zusatz von Fluorid verlangsamen (160).

Die vorliegende Zahnbürstenstudie untersuchte die Zähne mithilfe von Mira-2-Ton® und dem TMQHPI, welcher hauptsächlich die Glattflächen der Zähne beurteilt und die schwer zugänglichen Approximalräume größtenteils außer Acht lässt. Hilfsmittel zur Reinigung der Approximalräume waren abgesehen von Zahnseide nicht zulässig. Unter Umständen wurde das Ergebnis der Studie durch dieses Verbot verschlechtert, da eine optimale Reinigung eine Pflege der Zwischenräume unbedingt einschließt. Die

Probanden gehören durch die aufgeklebten Brackets auf den Bukkalflächen der Zähne und die dadurch erschwerte Zahnreinigung zudem zu einer Risikogruppe (16). Die Studie sollte jedoch ausschließlich die Effektivität der Zahnbürsten widerspiegeln und nicht eine kaum vergleichbare Kombination aus vielen Hilfsmitteln. Laut Sjögren et al. (161) kann Zahnseide im Vergleich zur mechanischen Kontrolle ohne Zahnseide eine Zunahme der Reduktion der Plaque von über 30 % bewirken.

Durch die Multibracket-Apparaturen sind einige Stellen der Zähne jedoch auch für Zahnseide unzugänglich, sodass zu deren Reinigung andere Hilfsmittel, wie Zwischenraumbürstchen oder Mundspüllösungen, herangezogen werden müssten. Die Reinigung der Zahnzwischenräume erfordert viel Zeit, Motivation und Geschicklichkeit. Diese Faktoren könnten das Complianceverhalten von Probanden, denen eine tägliche Interdentalreinigung vorgeschrieben wird, negativ beeinflussen. Die elektrische Zahnbürste verspricht, aufgrund ihres kleinen Bürstenkopfes und schnellen Bewegungen, eine bessere Reinigung auch dieser schlecht zugänglichen Stellen im Vergleich zur klassischen Handzahnbürste.

Elektrische Zahnbürsten schneiden im direkten Vergleich zu klassischen Handzahnbürsten in den meisten Studien besser ab. Es sind viele unterschiedliche Typen von elektrischen Zahnbürsten auf dem Markt. Elektrische Zahnbürsten mit einer rotierend-oszillierenden Technologie gibt es seit 1991 auf dem Markt (162); diese schneiden als einzige kontinuierlich besser ab als Handzahnbürsten. Die im Folgenden hinterlegten Quellen sind Reviews, welche zahlreiche Studien mit Tausenden von Probanden genauer untersucht bzw. miteinander verglichen haben (20, 88, 163, 164).

Diverse Innovationen oder kleine Abwandlungen in Form, Farbe oder Sensorik verfolgen den Zweck, die Compliance der Patienten zu steigern und die tägliche Mundhygiene zu einem Erlebnis mit Spaßfaktor zu machen (97). Die der App vorangegangene Entwicklung ist der sogenannte SmartGuide[®], welcher 2005 eingeführt wurde. Dieser zeigt dem Benutzer die Putzzeit, den zu putzenden Quadranten, Batteriestatus, warnte vor zu großem Anpressdruck und zeigte an, wann der Zahnbürstenkopf gewechselt werden sollte. Der SmartGuide[®] wird im Blickfeld des Probanden aufgestellt und ist mit der Zahnbürste, nicht jedoch mit einem Smartphone verbunden (97). Diverse Studien untersuchten die Auswirkungen des SmartGuides[®] auf das Putzverhalten der Probanden bzw. die daraus resultierende Plaqueindex-Veränderung.

Walters et al. (97) untersuchten die Auswirkung der Oral-B® Triumph mit SmartGuide® im Vergleich zu einer Handzahnbürste. 40 Probanden verwendeten für 30 Tage die elektrische Zahnbürste oder die Handzahnbürste. Die Probanden mit SmartGuide® putzten im Durchschnitt 137 Sekunden, während die Nutzer der Handzahnbürsten nur 98 Sekunden pro Putzvorgang investierten; dies entspricht einem Unterschied von 38,9 %. Die Probanden mit der neuen Technologie gaben an, deutlich motivierter zu sein, zweimal pro Tag ihre Zähne zu reinigen; die Nutzer der elektrischen Zahnbürsten waren 5,1mal mehr compliant diesbezüglich.

Klukowska et al. (165) verglichen 2012 an 130 Personen die Oral-B® Triumph mit SmartGuide® mit der Sonicare® Diamond Clean. Nach 6 und 12 Wochen wurden Parameter für Gingivitis und Plaque erhoben. Die Zahnbürste von Oral-B® reduzierte die Gingivitis um 31 % (Woche 6) bzw. 32 % (Woche 12) besser als die Schallzahnbürste. Der Plaque-Index (hier mithilfe des nach Rustogi modifizierten Navy-Plaqueindex ermittelt) konnte von der rotierend-oszillierenden Zahnbürste ebenfalls besser entfernt werden als mit der Schallzahnbürste: Im direkten Produktvergleich betrug der Unterschied 15 % (Woche 6) bzw. 19 % (Woche 12).

Im Jahr 2012 verglichen Klukowska et al. (166) die Oral-B® TriZone mit SmartGuide® und die Philips® Sonicare® FlexCare über 8 Wochen an 128 Probanden. Beide Zahnbürsten verbesserten die Gingivitis- und Plaquewerte signifikant. Im Vergleich wies die TriZone jedoch signifikant bessere Ergebnisse auf: Der gingivale Blutungsindex war 29 % und der Plaqueindex (modifiziert nach Rustogi) 44 % besser als bei der Schallzahnbürste.

Im Jahr 2013 untersuchten Klukowska et al. (167) an 130 Probanden die Oral-B® Triumph mit SmartGuide® (rotierend-oszillierende Zahnbürste) und die Colgate® Pro Clinical A1500 (Schallzahnbürste) nach 4 und 12 Wochen Anwendungszeit bezüglich der Veränderungen von Gingivitis und Plaque. Beide Zahnbürsten verbesserten die Parameter statistisch signifikant, die rotierend-oszillierende Zahnbürste zeigte 48 % (Woche 4) und 30 % (Woche 12) weniger Blutpunkte bzw. 38 % (Woche 4) und 24 % (Woche 12) weniger Plaque auf den Zahnoberflächen des gesamten Mundes als bei den Probanden mit der Schallzahnbürste.

In ihrer Studie aus dem Jahr 2014 schlossen Klukowska et al. (168) 130 Probanden für 3 Monate in eine Studie ein, in der die Oral-B® Triumph mit SmartGuide® mit der

Sonicare® Flex Care Platinum verglichen wurde. Beide Zahnbürsten konnten signifikante positive Veränderungen der Mundhygiene bezüglich Gingivitis, Bluten des Zahnfleisches und Plaque erzielen. Die Oral-B® Zahnbürste konnte die Schallzahnbürste zu jedem Zeitpunkt der Studie übertreffen; nach 12 Wochen waren die Werte für Gingivitis 11,7 %, die Blutungswerte 19,8 % und die Plaquewerte 12,2 % besser als bei der Sonicare® Zahnbürste.

Klukowska et al. (169) verglichen 2014 die Oral-B® Triumph mit SmartGuide® erneut mit einer Schallzahnbürste, in dieser Studie mit der Sonicare® Diamond Clean. 130 Probanden, aufgeteilt auf zwei Gruppen, putzten 6 Wochen mit der zugeteilten Zahnbürste. Beide Zahnbürsten konnten statistisch signifikante Reduktionen von Gingivitis und Plaque bewirken. Im direkten Vergleich erzielte die rotierend-oszillierende Zahnbürste von Oral-B® jedoch signifikant bessere Ergebnisse: 32 % weniger Gingivitis, 22 % weniger Plaque auf den gesamten Zahnoberflächen und 33 % weniger Plaque auf den Approximalbereichen.

Janusz et al. (74) untersuchten 2008 den Anpressdruck und die Gründlichkeit beim Gebrauch der Oral-B® Triumph mit und ohne SmartGuide® an 61 Probanden. Die Probanden wurden beim Zähneputzen gefilmt und anschließend einer der beiden Gruppen zugeordnet. Nach 30 Tagen wurden sie erneut gefilmt und beim Putzen an Drucksensoren angeschlossen. Der Anpressdruck konnte durch den Gebrauch der elektrischen Zahnbürste in beiden Gruppen deutlich gesenkt werden. Ohne SmartGuide® wurde ein Rückgang um 53 % verzeichnet; während mit SmartGuide® eine Druckreduktion um 88 % gemessen und eine signifikant bessere Gründlichkeit beobachtet werden konnte. Durch starken Druck beim Putzen wird keine bessere Reinigung erzielt, es besteht jedoch das Risiko von Verletzungen (73) und keilförmigen Defekten (69).

All diese Studien stützen die Hypothese, dass mit einer elektrischen Zahnbürste insgesamt eine bessere und sanftere Reinigung als mit einer klassischen Handzahnbürste erreicht werden kann. Durch Innovationen wie den SmartGuide® können die Motivation und das Bewusstsein einer guten Mundhygiene nochmals gesteigert werden.

In der vorliegenden Studie wurde mit einer App auf dem Smartphone, die sich mit der Zahnbürste *via* Bluetooth-Technologie verbindet, die Weiterentwicklung des

SmartGuides® untersucht. Eine sehr ähnliche Studie an Jugendlichen ohne feste Zahnspange wurde bereits 2018 von Erbe et al. (1) an der Poliklinik für Kieferorthopädie Mainz durchgeführt. Aus dieser Studie entwickelte sich die Idee, eine weitere Studie mit Jugendlichen durchzuführen, die der täglichen Herausforderung einer effizienten Mundhygiene trotz Multibracket-Apparatur gegenüberstehen. Die vorliegende Studie ist also als Folgestudie des Teams um Erbe et al. zu betrachten.

In der ersten Studie von Erbe et al. (1) wurden 60 Jugendliche ohne festsitzende Elemente einer kieferorthopädischen Therapie auf zwei Gruppen aufgeteilt und nach 2 Wochen Gebrauch der neuen Zahnbürsten untersucht. Verglichen wurden die Oral-B® Indicator 35 Soft Handzahnbürste und die interaktive elektrische Oral-B® Professional Care 6000 mit Bluetooth-Technologie plus zugehöriger App. Beim Baseline-Termin konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des TMQHPI der beiden Gruppen festgestellt werden. Die Ergebnisse bzw. eine direkte Gegenüberstellung der beiden Studien findet sich in Tabelle 12. Es wurden Bereiche schlechter Plaqueverhältnisse (FCAs) ermittelt und den Probanden mündlich mitgeteilt sowie den Probanden der interaktiven elektrischen Zahnbürstengruppe direkt in der App hinterlegt, sodass diese 30 Jugendlichen nach der regulären Putzzeit von zwei Minuten auf dem Bildschirm und durch Vibration der Zahnbürste für jeweils 10 Sekunden an separates Putzen dieser Bereiche erinnert wurden. Die interaktive elektrische Zahnbürste konnte nach zwei Wochen signifikante Verbesserungen der Mundhygiene erzielen und war gleichzeitig signifikant besser als die Handzahnbürste: Der TMQHPI aller Zähne konnte mit der interaktiven elektrischen Zahnbürste im Vergleich zum Baseline-Termin um 34 % reduziert werden. Die FCAs wiesen einen um 38 % besseren Plaqueindex auf als zwei Wochen zuvor. Die Handzahnbürste reduzierte den TMQHPI um 1,7 % und die Werte der FCAs um 6,2 %. Untersucht wurde auch die Putzzeit der Probanden, indem vor und nach der Behandlungsphase beim Zähneputzen die Zeit in diskreter Weise gestoppt wurde. Die Probanden mit der interaktiven elektrischen Zahnbürste putzten im Schnitt 34 Sekunden länger als vor Beginn der Produktnutzung. Die Putzzeit der Probanden mit der Handzahnbürste steigerte sich dagegen nicht (1). Die erste Studie zeigt damit vergleichbare Beobachtungen wie die vorliegende Studie; der Unterschied im Studienaufbau bestand im Einschlusskriterium einer Multibracket-Apparatur in beiden Kiefern der Probanden und der verlängerten Studienzeit (sechs Wochen statt 2 Wochen). Der TMQHPI zu Beginn der Studie von Erbe et al. (1) liegt im Schnitt bei 2,55 und ist

deutlich niedriger als der Wert zu Beginn der vorliegenden Studie mit einem Baseline-Wert von ~3,90 Punktwerten. Diese unterschiedlichen Mundhygienewerte basieren vermutlich auf der erschwerten Mundhygiene der Probanden durch die Multibracket-Apparaturen (siehe Abschnitt 2.5). Die Ergebnisse nach zwei Wochen sind für die Nutzer der interaktiven elektrischen Zahnbürsten in beiden Studien mit 34 % (1) bzw. 36 % Veränderung des TMQHPI gegenüber dem Baseline-Termin (diese Studie) sehr ähnlich. Die Verbesserung des TMQHPI bei Nutzung einer konventionellen Handzahnbürste ist mit 1,7 % ohne feste Zahnsparren (1) jedoch deutlich schlechter als mit 16 % mit einer festen Zahnsparre (vorliegende Studie); dies dürfte, zumindest zum Teil, an einer intensiveren Anleitung der Jugendlichen durch das Studienpersonal liegen, das diese aufgrund ihrer erschwerten Mundhygienesituation bekamen.

Tab. 12: Ergebnisse der Studie von Erbe et al. (1) von 2018 und dieser Studie bezüglich TMQHPI und Putzzeit

Studie	Zahnbürste	Plaquewerte (TMQHPI)	Plaquewertveränderung	Putzzeit (sek)	Putzzeit (sek)
		Baseline	Woche 2	Baseline	Woche 2
Multibracket-Apparatur-Studie	Oral-B® Professional Care 6000	3,926	1,414	126	177
	Oral-B® Indicator 35 Soft	3,894	0,637	118	130
Studie ohne festsitzende kieferorthopädische Apparaturen (1)	Oral-B® Professional Care 6000	2,554	1,208	108	143
	Oral-B® Indicator 35 Soft	2,532	0,197	119	118

Apps mit gesundheitsförderndem Inhalt, wie die in dieser Studie angewandte Applikation in Kombination mit der elektrischen Zahnbürste, werden in zunehmendem Maße entwickelt und von zahlreichen Personen angewendet. Wie die vorliegende Studie belegt, können solche Apps – wie auch bereits in Abschnitt 2.7 erläutert – bei korrektem Gebrauch wesentliche Gesundheits- und Ernährungsgewinne erzielen (119). Die Weiterentwicklung des SmartGuides® hin zu einer Applikation auf dem Smartphone, welche während des Putzens detaillierte individuelle Informationen aufzeigt, können zu einer deutlich verbesserten Mundhygiene bei Patienten führen. Aufschlussreich für zukünftige Forschung wäre ein direkter Vergleich zwischen drei gleichen rotierend-oszillierenden Zahnbürsten mit SmartGuide®, mit App und ohne zusätzliches Hilfsmittel, um den direkten Einfluss der visuellen Anzeige auf das Putzverhalten beurteilen zu können.

Aufgrund der erhöhten Kariesanfälligkeit von Zähnen während einer kieferorthopädischen Behandlung mit festsitzenden Apparaturen wurden diverse Studien mit kieferorthopädischen Probanden durchgeführt, um festzustellen, welche Zahnbürsten für diese Patienten eine gute Mundhygiene gewährleistet. So bestätigt z.B. auch die Studie von Erbe et al. (170) aus dem Jahr 2013 die Überlegenheit der elektrischen Zahnbürste gegenüber einer klassischen Handzahnbürste: In dieser Studie wurden Jugendliche ab einem Alter von 12 Jahren mit Multibracket-Apparaturen in beiden Kiefern auf drei Gruppen aufgeteilt. Getestet wurde die Oral-B® Triumph mit einem Bürstenkopf speziell für Kieferorthopädiepatienten, die Oral-B® Triumph mit einem normalen Bürstenkopf und eine klassische Handzahnbürste. Beide elektrischen Zahnbürstengruppen konnten das Ergebnis der Handzahnbürste signifikant übertreffen. Der kieferorthopädische Bürstenkopf konnte eine Verbesserung der Reinigung der Zahnoberflächen um 2,2 % erzielen.

Eine *in vitro*-Studie von Schätzle et al. (171) widerspricht jedoch dieser positiven Einschätzung des Ortho-Bürstenkopfes von Oral-B®: In dieser Studie wurden 12 verschiedene elektrische Zahnbürstenköpfe unterschiedlicher Marken an einem Oberkieferfrontzahnmodell mit Multibracket-Apparatur getestet. Mit einer gereinigten Zahnoberfläche von 81,7 % schnitt der Sonicare® Bürstenkopf Compact ProResults am besten ab. Der Ortho-Bürstenkopf der Oral-B® Zahnbürste konnte 45,5 % der Zahnoberflächen erreichen. Andere Bürstenköpfe der Marke Oral-B® wie die Precision Clean (68,7 %) und die Micro Pulse EB 25 (72,8 %) konnten deutlich mehr artifizielle Plaque entfernen. Auch Sander et al. (172) belegen mit ihren *in vitro*-Ergebnissen an

Zähnen mit Multibracket-Apparatur aus dem Jahr 2006 deutliche Schwachstellen der bisher entwickelten Zahnbürstenköpfe. Selbst die beste getestete Zahnbürste gibt in ihren Augen kein zufriedenstellendes Bild ab.

Sowohl Silvestrini et al. (173) als auch Ousehal et al. (174) unterstützen mit den Ergebnissen ihrer Studien an Multibracket-Patienten die These, dass elektrische Zahnbürsten die Zähne, die von kieferorthopädischen Apparaturen bedeckt sind, deutlich besser putzen als klassische Handzahnbürsten. Beim Putzen mit Handzahnbürsten, so der Vorschlag von Ousehal et al. (174), sollte dies durch Chlorhexidin-Spülungen ergänzt werden, da auch diese Putzmethode eine deutlich bessere Reinigung als eine Handzahnbürste alleine erzielen konnte.

Molaren mit kieferorthopädischen Bändern sind ein optimales Gebiet zur Vermehrung von subgingivaler Plaque, da die Reinigung nochmals schwieriger ist und Apparaturen bis nah an die Gingiva reichen. Weder Ultraschall noch elektrische oder manuelle Zahnbürsten konnten in einer Studie von Costa et al. (175) aus dem Jahr 2010 eine wesentliche Verbesserung der subgingivalen Flora an behandelten Molaren erzielen. Molaren mit Bändern wurden in dieser Studie nicht in die Bewertung einbezogen, da der TMQHPI hier nicht angewendet werden kann.

Insgesamt belegt die Mehrheit der zitierten Untersuchungen ebenso wie die vorliegende Arbeit eindeutig einen positiven Effekt einer elektrischen Zahnbürste auf die Mundhygiene von Patienten mit Multibracket-Apparatur. Zeigen Patienten bereits vor Beginn einer Studie eine sehr gute Mundhygiene und somit auch Compliance, kann der Vorteil der elektrischen Zahnbürste durch eine gute Technik mit einer Handzahnbürste aufgehoben werden. Die stärkste Variable der Mundhygiene sind der Putzer selber und nicht zwingend die verwendeten Artikel (176). Eine Studie von Hellstadius et al. (177) untersuchte die Auswirkungen einer elektrischen Zahnbürste auf die Mundhygiene von Probanden mit explizit niedriger Compliance und inadäquater Mundhygiene. Hier konnte eine elektrische Zahnbürste allerdings wesentliche Verbesserungen bewirken. Die Patienten empfanden das Putzen mit der elektrischen Zahnbürste als einfach und zeitsparend. Wie große vergangene Mundhygienestudien zeigen konnten (11, 12), ist sehr gute Mundhygiene nicht als Durchschnitt anzusehen und schon gar nicht vorauszusetzen. Eine weitere Verbreitung elektrischer Zahnbürsten in Kombination mit innovativem Zubehör sollte das durchschnittliche Mundhygieneniveau der Bevölkerung deutlich verbessern.

5.4.2 Plaqueindex der individuellen Problembereiche (FCAs)

Konventionelle Hilfsmittel können durchaus zu einer sehr guten Mundhygiene führen. Jedoch gibt es Bereiche der Zähne, die schwer zu erreichen sind und daher einer speziellen Putztechnik bedürfen. Patienten mit eingeschränkter Mundhygienefähigkeit, sei es durch ihr Alter und damit verbundene reduzierte manuelle Geschicklichkeit oder schwierig zu reinigende intraorale Bereiche durch Parodontitisprobleme, Implantate oder kieferorthopädische Apparaturen, haben besondere Schwierigkeiten. Aufgrund der gestiegenen Lebenserwartung und einer Gesellschaft, deren Anspruch auf Ästhetik deutlich steigt, nehmen Patienten, die Probleme mit einer optimalen Mundhygiene haben könnten, zu (21, 135). Vielen Menschen ist nicht bewusst, dass sie manche Bereiche ihres Gebisses weniger intensiv putzen als andere. Bei den Jugendlichen der vorliegenden Studie kommt ihre feste Zahnspange auf den labialen Flächen der Zähne als besonderes Hindernis hinzu.

Zu Beginn der vorliegenden Untersuchung wurden Bereiche definiert, welche erfahrungsgemäß weniger intensiv geputzt werden und daher vermehrt Plaque aufwiesen. Vor allem auf den bukkalen Zahnoberflächen und lingual der Unterkieferfront waren bei der Anamnese große Mengen Plaque sichtbar. Diese Regionen wurden für jeden Probanden individuell gespeichert und diesem mündlich mitgeteilt. Zudem wurden diese Problembereiche (FCAs) in den Smartphones der Testgruppe hinterlegt und hierdurch nach jedem regulären Putzvorgang von zwei Minuten ein Zusatzprogramm gestartet, welches dem Putzer die zu reinigende Stelle bildlich darstellt und ihn dazu anhält, diese für weitere 10 Sekunden intensiv zu putzen. Hiervon versprach man sich ein gesteigertes Bewusstsein für diese kritischen Bereiche und wollte dieses durch ständige Erinnerung spielerisch in die tägliche Mundhygiene integrieren. Beim Baseline-Termin lag der TMQHPI der FCAs durchschnittlich bei 4,49 in der Testgruppe und bei 4,53 in der Kontrollgruppe mit Handzahnbürsten. Nach zwei Wochen Produktnutzung ergab die Untersuchung einen um 1,69 (Testgruppe) bzw. 0,815 (Kontrollgruppe) Punktwerte reduzierten TMQHPI. Die interaktive elektrische Zahnbürste konnte damit in den FCAs eine doppelt so starke Reduktion erreichen. Nach sechs Wochen Produktnutzung konnte diese Verbesserung in beiden Gruppen ausgebaut werden: Die Testgruppe wies einen um 2,11 Punktwerte reduzierten TMQHPI auf, was einer Veränderung von 46,8 % entspricht. Die Kontrollgruppe konnte den TMQHPI um 1,12 Punktwerte im Vergleich zum Baseline-Wert reduzieren (24,9 %). Die interaktive elektrische Zahnbürste ist damit der Handzahnbürste in der

Reinigungsleistung für die FCAs zu beiden Untersuchungsterminen signifikant überlegen. Nach sechs Wochen wurde erneut abgeschätzt, welche Bereiche als Problemstellen eingeordnet werden müssen. Es ergab sich eine deutlich reduzierte FCA-Anzahl (Details siehe Abschnitt 4.3).

Direkt vergleichen lassen sich die Werte dieser Studie mit den Ergebnissen der vorangegangenen Studie von Erbe et al. (1) an Jugendlichen ohne Multibracket-Apparaturen. Auch in dieser Studie wurden die Lingualflächen der Unterkieferfront und die Bukkalflächen der Oberkiefermolaren mit bis zu 32,2 % als FCAs festgelegt. Der TMQHPI zeigte eine Verbesserung der FCAs nach zwei Wochen: Die Testgruppe (interaktive elektrische Zahnbürste) wies einen um 1,21 reduzierten Punktwert auf, die Kontrollgruppe (Handzahnbürste) konnte den TMQHPI der FCAs um 0,19 verbessern. Die interaktive elektrische Zahnbürste entfernte die Plaque in den FCAs signifikant besser (38,2 %) als die Handzahnbürste (6,2 %). Teilweise dürfte die Verbesserung durch die Umstände der Studie zustande gekommen sein; die Jugendlichen fühlten sich eventuell beobachtet und wollten besonders gut abschneiden; der Hawthorne-Effekt beeinflusst die Ergebnisse einer Studie zu Beginn stärker.

Die vorliegende Studie ergab bessere Werte als die von Erbe et al. (1) im Jahr 2018, was vermutlich auf ein größeres Verbesserungspotenzial infolge eines höheren Start-TMQHPI und eine überdurchschnittliche Motivation von Jugendlichen mit festen Zahnspangen zurückzuführen sein dürfte. Ohne Motivation und den Wunsch nach schönen, geraden Zähnen würden diese Probanden weder an einer 6-wöchigen Studie teilnehmen noch eine mehrjährige feste Zahnspange tragen. Eine tägliche Erinnerung, beispielsweise durch eine App, könnte dieses Bewusstsein zusätzlich fördern. Grundsätzlich ist es natürlich sehr wichtig, die Patienten auf individuelle Problembereiche hinzuweisen und ihnen adäquate Hilfsmittel zur Verbesserung dieser Bereiche zur Verfügung zu stellen.

5.4.3 Beobachtungen zur Putzzeit mit den unterschiedlichen Zahnbürsten

Die gefühlte und die wahre Zahnputzzeit stimmen oft nicht überein (178). In der Regel wird eine Putzzeit von zwei Minuten zweimal pro Tag empfohlen (80, 151). Die Studie von MacGregor et al. (114) aus dem Jahr 1985 zeigte mit einer durchschnittlichen Putzzeit von 33 Sekunden bei jungen Erwachsenen zwischen 18 und 22 Jahren eine

erschreckend kurze Mundhygienezeit. Die Probanden wurden vor dem Putzen nicht instruiert und diskret gefilmt. Auch wenn nach 2 Minuten circa 50 % der Plaque entfernt wurden (179), lässt dies auf einen hohen verbliebenen Plaquewert schließen. Laut Creeth et al. (80) konnten durch eine Putzzeitsteigerung von 45 Sekunden auf 120 Sekunden 26 % mehr Plaque entfernt werden.

Die Probanden der vorliegenden Studie wurden beim Screening-Termin und bei den beiden Untersuchungsterminen nach zwei und sechs Wochen Produktnutzung beim Putzen diskret beobachtet, und es wurde die Zeit protokolliert, die für die Reinigung der Zähne aufgewendet wurde. Bereits zu Beginn der Studie zeigte sich eine der Empfehlung von zwei Minuten sehr nahe durchschnittliche Putzzeit von 126 (spätere Testgruppe) bzw. 118 Sekunden (spätere Kontrollgruppe). Die Kontrollgruppe blieb mit 130 bzw. 114 Sekunden nach 2 bzw. 6 Wochen Produktnutzung in der Nähe des anfänglichen Wertes. Mit 177 bzw. 181 Sekunden nach 2 bzw. 6 Wochen stiegen die Putzzeiten der Nutzer der interaktiven elektrischen Zahnbürste dagegen stark an.

Die Handzahnbürste liefert naturgemäß keine Information darüber, wie lange bereits geputzt wurde. Die interaktive elektrische Zahnbürste hingegen bietet zwei Möglichkeiten zur Zeitkontrolle: Das Handstück signalisiert dem Nutzer durch Vibrationen, wann der Quadrant gewechselt werden soll bzw. wann das zusätzliche Putzen einer FCA beendet ist. Zusätzlich dazu bildet die App das Zeitmuster optisch ab. Trotz der Hilfestellung der interaktiven elektrischen Zahnbürste muss dieses Zeitschema nicht zwingend angenommen werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen allerdings, dass die Jugendlichen die vorgeschriebenen Zeiten relativ präzise eingehalten hatten. Dem Nutzer der App ist es möglich, sich selbst zu kontrollieren, da die Putzzeiten mit Uhrzeit in der App hinterlegt sind. Auch Eltern hätten damit ein gutes Kontrollinstrument.

Erbe et al. (1) konnten in ihrer Studie 2018 ähnliche Veränderungen der Putzzeiten feststellen. Zu Beginn der Studie wurde durchschnittlich 108 Sekunden (spätere Testgruppe) bzw. 119 Sekunden (spätere Kontrollgruppe) geputzt. Diese Werte verbesserten sich mit der interaktiven elektrischen Zahnbürste deutlich auf 143 Sekunden. Die Handzahnbürste hatte wenig Einfluss auf die Putzzeit und blieb bei durchschnittlich 118 Sekunden. Die Studie von Erbe et al. (1) aus dem Jahr 2018 und die vorliegende Untersuchung liefern für die Kontrollgruppe sehr ähnliche Werte. Die erhöhte Putzzeit der Nutzer der interaktiven elektrischen Zahnbürste in der aktuellen

Studie erklärt sich vermutlich durch die Hinterlegung der FCAs in der App (Eingabe von bis zu 6 FCAs, was bei fast allen Probanden wahrgenommen wurde, sodass die geforderte Gesamtputzzeit von 3 Minuten wohl meist erreicht wurde).

Um die Nachhaltigkeit des Einflusses der Nutzung einer elektrischen Zahnbürste plus App auf die Putzzeit zu ermitteln, wäre es sinnvoll, nach einer längeren Zeitspanne nach Abschluss der Studie die Apps auszulesen, um so die realen Putzzeiten der ehemaligen Probanden im Alltag nach längerem Gebrauch zu erfassen.

5.4.4 Bewertung des Fragebogens zur Motivation der Probanden

Die heutige Gesellschaft lebt den Jugendlichen ein gesteigertes Gesundheitsbewusstsein und erhöhte Ansprüche an Ästhetik vor: Zähne sollen möglichst weiß, gerade und makellos sein. Keiner möchte aus der Masse durch sichtbare Lücken, metallfarbigen Zahnersatz oder schiefe Zähne herausstechen. Die Medien unterstützen dieses Bewusstsein zusätzlich mit entsprechender Werbung. Optische Hilfsmittel in Kombination mit ansprechendem Design und moderner Technologie, wie bei der hier in dieser Studie eingesetzten interaktiven elektrischen Zahnbürste von Oral-B®, versprechen eine bessere Mundhygiene. Die Ausgangshypothese der vorliegenden Studie war, dass diese Zahnbürste die Motivation der Probanden steigern kann, so dass diese ihre Zähne länger und gründlicher putzen. Beim letzten Untersuchungstermin wurden die Putzzeiten der Probanden diskret gestoppt und ausgewertet. Die Nutzer der interaktiven elektrischen Zahnbürste hielten die vorgeschlagenen Zeiten der App, auch für die individuellen FCAs, tatsächlich weitgehend ein, zeigten also eine sehr gute Compliance.

Vor dem Gebrauch der Testzahnbürsten und nach sechs Wochen Gebrauch wurde ein Fragebogen ausgeteilt, welcher Motivation und Compliance der Probanden der Testgruppe ermitteln sollte. Vor der Produkttestung bewerteten die Probanden ihre Motivation, sich zweimal täglich ihre Zähne zu putzen, zu 43 % mit sehr oder stark motiviert; nach der sechswöchigen Produkttestung stieg der Anteil auf 86 % an. Auch die Motivation, die Zähne länger als zwei Minuten zu putzen, stieg von 56 auf 73 % an. Insgesamt bestätigten über 90 % der Probanden die Aussage, dass sie mit der App mehr für ihre Mundhygiene tun könnten und die Zeit beim Zähneputzen deutlich schneller vergeht. Weitere Studien bestätigen eine gesteigerte Patientenmotivation durch eine elektrische Zahnbürste, indem ebenfalls eine gesteigerte Putzzeit und -

frequenz mit gesteigerter Motivation korrelieren (1, 96, 99). Insbesondere auch Studien mit Patientenbefragungen nach dem Behandlungszeitraum bestätigen das gute „Putzgefühl“ mit der elektrischen Zahnbürste im Vergleich zur Nutzung einer klassischen Handzahnbürste. Die Probanden gaben an, durch diese mehr Motivation für die tägliche Mundhygiene zu haben (1, 98, 99, 180). Die Studie von Walters et al. (97) mit dem SmartGuide[®], ergab eine um 39 % längere Putzzeit mit der elektrischen Zahnbürste. Eine 5mal größere Zahl der Probanden gab an, 2mal pro Tag ihre Zähne für zwei Minuten zu putzen.

Es stellt sich die Frage, welche Eigenschaften der elektrischen Zahnbürste und der zugehörigen App die Motivation und Compliance steigern. In Betracht zu ziehen sind hierfür die Verknüpfung modernster, auch visueller Techniken, der mit der Nutzung des Smartphones verbundene Spielfaktor, eine leicht zu erlernende Handhabung, die stetige Erinnerung an das Putzen der Zähne bzw. an das Einhalten der optimalen Putzzeit seitens der App. Auch der Hawthorne-Effekt muss bei der Auswertung bedacht werden, da Spaß und Interesse an Neuem im Rahmen einer kontrollierten Studie einer zeitlichen Begrenzung unterliegen. Die Nutzung des Smartphones kommt den Jugendlichen entgegen, da das Smartphone heute stark in den Alltag integriert ist (116, 117). Bereits 62 % der Smartphone-Besitzer analysierten laut der Studie von Smith (115) aus dem Jahr 2016 ihren Gesundheitszustand mithilfe von Applikationen auf dem Handy.

Zur Verbesserung der Mundhygiene wurden weitere digitale Hilfsmittel entwickelt; ein Beispiel hierfür sind die Serious Games. Hier werden Monster oder Ähnliches durch gezielte Bewegungen der Zahnbürste eingefangen und auf diese Weise möglichst viele Punkte erzielt. Es gibt bisher wenige Untersuchungen bezüglich der Plaqueveränderungen der Anwender solcher Apps. Kritisch ist jedoch, dass es keinerlei Erklärungen zur Nutzung der Zahnbürste und zur Putztechnik gibt und auch die Bewegungen außerhalb des Mundes zur Punktvergabe führen, da die Zahnbürste nicht erkennen kann, wo und was aktiv geputzt wird. Zweifellos stellen solche Spiele Motivationsspielzeug für Putzverweigerer dar; ein gründliches Zähneputzen und Erklärungen durch die Eltern oder in der Zahnarztpraxis können solche Hilfsmittel jedoch nicht ersetzen (181).

Eine realitätsnahe Compliance lässt sich nur über eine Registrierung des Putzverhaltens ohne offensichtliche Beaufsichtigung im Alltag bewerten. Da dies

innerhalb einer normalen Studie nicht möglich ist, muss, den Antworten des Fragebogens an dieser Stelle vertraut werden. Zudem konnte die vorliegende Studie anhand der objektiven Veränderungen der TMQHPI-Werte zeigen, dass die subjektive Bewertung des eigenen Putzverhaltens mit den objektiv ermittelten Beobachtungen der klinischen Untersuchung übereinstimmen.

Muhler (182) untersuchte die Zahnputzfrequenz seiner Probanden (elektrische Zahnbürste *versus* Handzahnbürste) über einen Zeitraum von bis zu einem Jahr. Nach zwei Monaten ließ sich für die elektrische Zahnbürste zunächst ein starker Anstieg auf bis zu 2,9 Putzeinheiten verzeichnen; die Frequenz reduzierte sich jedoch anschließend bis auf das Ausgangsniveau von unter einer Putzeinheit pro Tag. Der Reiz des Neuen und das Verhalten in einer Studie (Hawthorne-Effekt) lassen also nach einiger Zeit tatsächlich stark nach und der Putzer nähert sich seiner vorherigen Routine.

Jugendliche und Patienten mit kieferorthopädischen Apparaturen weisen häufig eine unterdurchschnittliche Mundhygiene auf und bedürfen daher einer größeren Compliance bezüglich der Anweisungen und Tipps der behandelnden Ärzte (113, 114, 183). Die Auswertung des Fragebogens im Rahmen der vorliegenden Studie belegt jedoch eindrucksvoll, dass die Kombination aus einer modernen interaktiven elektrischen Zahnbürste und einer zugehörigen App Compliance und Motivation gerade auch dieser Risikogruppe deutlich steigern kann.

5.5 Klinische Relevanz der vorliegenden Studie

Die Ergebnisse jeder Studie, welche die Effektivität einer Zahnbürste untersucht, müssen kritisch hinterfragt werden, da Voraussetzungen der Probanden und Durchführung der Studie nie zu 100 % dem Durchschnitt einer Alterskohorte entsprechen. Ohne Kontrolle und eingehender Instruktionen vor der Anwendungsperiode würde vermutlich anders mit dem Produkt umgegangen werden. Statistische Signifikanz der Befunde sagt nicht notwendigerweise etwas darüber aus, ob die Ergebnisse auch tatsächlich klinisch relevant sind.

Es stellt sich auch die grundsätzliche Frage, welche prozentuale Reduktion der Indices im Vergleich zum Baseline-Wert im Verlauf einer Studie als klinisch relevant anzusehen ist. Die hier vorgestellte Studie ergab für jede Gruppe zu jedem Zeitpunkt

eine Reduktion um mehr als 15 %. Nach zwei Wochen Nutzung der elektronischen Zahnbürste konnte ein signifikanter Unterschied in den Indices von 36,2 % belegt werden; für die Nutzung der Handzahnbürste war ein Unterschied von 16,3 % zu verzeichnen; nach einer Studiendauer von 6 Wochen stieg die Differenz auf 46,2 % (interaktive elektrische Zahnbürste) bzw. 24,9 % (Handzahnbürste) an. Dass auch die Probanden mit der Handzahnbürste ihre Mundhygiene erheblich verbessern konnten, obwohl bis dato mit einer ähnlichen Handzahnbürste geputzt wurde, ist sicher auf die genauen Instruktionen und die ständige Motivation der Jugendlichen durch das Studienpersonal sowie den Hawthorne-Effekt zurückzuführen.

Das Ausmaß der Reduktion der untersuchten Indices legt den Schluss nahe, dass die vorliegende Studie nicht nur die Überlegenheit der elektrischen gegenüber der Handzahnbürste statistisch belegen kann, sondern dass die objektiven Vorteile der Nutzung einer elektrischen Zahnbürste auch eine klinische Relevanz haben dürften. Da es durchaus wahrscheinlich ist, dass das erreichte hohe Niveau der Mundhygiene nach Abschluss der Studie eine gewisse Verschlechterung erfahren wird, wäre eine Analyse der in der App gespeicherten Daten nach einem längeren Zeitraum ohne Beobachtung zu erwägen.

5.6 Schlussfolgerung, Ausblick und Empfehlungen

Sowohl die in der vorliegenden Studie verwendete Kombination aus einer interaktiven elektrischen Zahnbürste und der zugehörigen App, als auch die als Kontrolle dienende Handzahnbürste sind zur Plaquerreduktion geeignet. Die interaktive elektrische Zahnbürste führte zu signifikant besseren Ergebnissen als die klassische Handzahnbürste. Die interaktive elektrische Zahnbürste ist daher der Handzahnbürste vorzuziehen, was die Ausgangshypothese der vorliegenden Studie bestätigt. Die subjektive Bewertung der interaktiven elektrischen Zahnbürste deckt sich mit den objektiven Daten der klinischen Untersuchung: Die verwendete interaktive elektrische Zahnbürste findet großen Zuspruch und fördert die Motivation der Probanden im Hinblick auf eine gründliche tägliche Reinigung der Zähne. Wenn die elektrische Zahnbürste weitere Verbreitung finden wird und eine stetige Motivation und Hilfestellung auch von Seiten der Fachkräfte gewährleistet wird, kann womöglich eine nachhaltige Steigerung der Mundhygiene in der Bevölkerung generell und der Träger von Multibracket-Apparatur im Speziellen erzielt werden.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende einfach-blinde Studie vergleicht im Paralleldesign über einen Zeitraum von 6 Wochen die Effektivität der Plaquereduktion zwischen der interaktiven elektrischen Zahnbürste Oral-B® Professional Care 6000 (D36) mit Oral-B® Precision Clean Aufsteckbürste (EB20) in Kombination mit der Oral-B® App Version 2.1 und der Handzahnbürste Oral-B® Indicator 35 Soft. Die 60 Probanden waren zwischen 13 und 17 Jahre alt und trugen sowohl im Ober- als auch Unterkiefer eine Multibracket-Apparatur. Zu den Zeitpunkten „Screening“, „Baseline“, „Woche 2“ und „Woche 6“ wurde der TMQHPI erhoben. Zusätzlich wurde den Probanden der Testgruppe (elektrische Zahnbürste) beim Baseline-Termin und nach 6 Wochen ein Fragebogen zur Motivation bei der Mundhygiene ausgehändigt.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten ergab sowohl nach 2 als auch nach 6 Wochen Produktnutzung eine hoch signifikante Reduktion ($p < 0,001$) des TMQHPI des gesamten Mundes für beide Gruppen der Studie bei den Untersuchungen: Der TMQHPI der Testgruppe (elektrische Zahnbürste) verringerte sich ausgehend von 3,93 um 1,41 (Woche 2) bzw. 1,81 (Woche 6) Punkte auf einen durchschnittlichen TMQHPI von 2,12. Die Kontrollgruppe (Handzahnbürste) startete mit einem TMQHPI von 3,89, der um 0,64 (Woche 2) bzw. 0,97 (Woche 6) Punkte auf durchschnittlich 2,92 gesenkt werden konnte. Der direkte Vergleich der beiden Zahnbürsten zeigt, dass die elektrische Zahnbürste in Kombination mit der App aber auch signifikant bessere Plaquewerte als die Handzahnbürste erreicht ($p < 0,001$).

Die separate Analyse der FCAs ergab für beide Zahnbürsten eine signifikante Verbesserung ($p < 0,001$) des TMQHPI: Die Gruppe mit der interaktiven elektrischen Zahnbürste zeigte zu Beginn der Studie (Baseline) einen TMQHPI von 4,49, welcher um 1,69 bzw. 2,11 Punkte nach 2 bzw. 6 Wochen reduziert werden konnte. In der Kontrollgruppe (Handzahnbürste) reduzierte sich der TMQHPI von 4,53 um 0,82 (Woche 2) bzw. 1,12 (Woche 6) Punkte. Auch in den FCAs war die elektrische Zahnbürste der Handzahnbürste signifikant überlegen ($p < 0,001$).

Die diskrete Messung der Putzzeiten ergab für die elektrische Zahnbürste einen signifikanten Anstieg ($p < 0,001$) im Vergleich zur Putzzeit der Probanden mit der Handzahnbürste. Die Testgruppe putzte zu Beginn 126 Sekunden und steigerte sich auf 177 (Woche 2) bzw. 181 (Woche 6) Sekunden ($p \leq 0,013$). Die Kontrollgruppe ließ

keine signifikante Veränderung erkennen: Ausgehend von 118 Sekunden (Woche 0) wurden nach 2 bzw. 6 Wochen Produktnutzung 130 bzw. 114 Sekunden protokolliert.

Die Auswertung des Fragebogens ergab einen signifikanten Motivationsanstieg bezüglich der Parameter „zweimal tägliche Zahnreinigung“ ($p \leq 0,0005$) und „zweiminütige Reinigung“ ($p \leq 0,0054$) bei der Nutzung der interaktiven elektrischen Zahnbürste. Die objektive Bewertung der Mundhygiene durch die Studienärztin stimmte damit mit der subjektiven Wahrnehmung der Probanden (ermittelt über den Fragebogen) überein.

Die vorliegende Studie konnte damit die Arbeitshypothese, dass die getestete interaktive elektrische Zahnbürste in Kombination mit der App die Zähne besser reinigt und zur täglichen Mundhygiene motiviert, bestätigen. Dieses Ergebnis unterstützt den Befund der vorangegangenen Studie an 60 Jugendlichen ohne Multibracket-Apparatur (1) und diverse andere Studien, welche elektrische Zahnbürsten mit Handzahnbürsten verglichen (19, 20, 22-25, 88, 97, 184). Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass eine interaktive elektrische Zahnbürste die Motivation des Benutzers steigert und von entscheidendem Vorteil auch für Risikogruppen wie Jugendliche oder Patienten mit Multibracket-Apparatur ist.

7. Literaturverzeichnis

1. Erbe C, Klees V, Ferrari-Peron P, Ccahuana-Vasquez RA, Timm H, Grender J, et al. A comparative assessment of plaque removal and toothbrushing compliance between a manual and an interactive power toothbrush among adolescents: a single-center, single-blind randomized controlled trial. *BMC oral health*. 2018;18(1):130.
2. Pieper K. Epidemiologische Begleituntersuchung 2009 <http://www.daj.de/Studien.29.0.html>: DAJ Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e.V.; 2010 [08.10.2017].
3. Pieper K, Lange J, Jablonski-Momeni A, Schulte AG. Caries prevalence in 12-year-old children from Germany: results of the 2009 national survey. *Community dental health*. 2013;30(3):138-42.
4. Lindhe J, Hamp S, Loe H. Experimental periodontitis in the beagle dog. *Journal of periodontal research*. 1973;8(1):1-10.
5. Horch HH. Zahnärztliche Chirurgie. Praxis der Zahnheilkunde. München: Urban & Fischer Verlag; 2003.
6. Von der Fehr FR, Loe H, Theilade E. Experimental caries in man. *Caries research*. 1970;4(2):131-48.
7. Loe H, Theilade E, Jensen SB. Experimental gingivitis in man. *Journal of periodontology*. 1965;36:177-87.
8. Theilade E, Wright WH, Jensen SB, Loe H. Experimental gingivitis in man. II. A longitudinal clinical and bacteriological investigation. *Journal of periodontal research*. 1966;1:1-13.
9. Petersson GH, Bratthall D. The caries decline: a review of reviews. *European journal of oral sciences*. 1996;104(4 (Pt 2)):436-43.
10. Schmid MO, Balmelli OP, Saxer UP. Plaque-removing effect of a toothbrush, dental floss, and a toothpick. *Journal of clinical periodontology*. 1976;3(3):157-65.
11. Jordan AR, Micheelis W. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Köln: deutscher zahnärzte Verlag DÄV; 2016.
12. Micheelis W, Schiffner U. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV; 2006.
13. Rebelo MA, Lopes MC, Vieira JM, Parente RC. Dental caries and gingivitis among 15 to 19 year-old students in Manaus, AM, Brazil. *Brazilian oral research*. 2009;23(3):248-54.
14. Botero JE, Rosing CK, Duque A, Jaramillo A, Contreras A. Periodontal disease in children and adolescents of Latin America. *Periodontology 2000*. 2015;67(1):34-57.
15. Dye BA, Thornton-Evans G, Li X, Iafolla TJ. Dental caries and sealant prevalence in children and adolescents in the United States, 2011-2012. *NCHS data brief*. 2015(191):1-8.
16. Atassi F, Awartani F. Oral hygiene status among orthodontic patients. *The journal of contemporary dental practice*. 2010;11(4):E025-32.
17. Zachrisson BU, Zachrisson S. Gingival condition associated with partial orthodontic treatment. *Acta odontologica Scandinavica*. 1972;30(1):127-36.
18. Chang HS, Walsh LJ, Freer TJ. Enamel demineralization during orthodontic treatment. Aetiology and prevention. *Australian dental journal*. 1997;42(5):322-7.
19. Stoltze K, Bay L. Comparison of a manual and a new electric toothbrush for controlling plaque and gingivitis. *Journal of clinical periodontology*. 1994;21(2):86-90.
20. Robinson PG, Deacon SA, Deery C, Heanue M, Walmsley AD, Worthington HV, et al. Manual versus powered toothbrushing for oral health. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2005(2):Cd002281.
21. Haffajee AD, Smith C, Torresyap G, Thompson M, Guerrero D, Socransky SS. Efficacy of manual and powered toothbrushes (II). Effect on microbiological parameters. *Journal of clinical periodontology*. 2001;28(10):947-54.
22. Klukowska M, White DJ, Barker ML, Bartizek RD. Effect of an oscillating rotating power toothbrush on plaque removal and regrowth. *American journal of dentistry*. 2008;21(6):346-50.

23. van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E, Danser MM, Mantel MS, Nijboer A, et al. The long-term effect of an oscillating/rotating electric toothbrush on gingivitis. An 8-month clinical study. *Journal of clinical periodontology*. 1994;21(2):139-45.
24. Sharma NC, Klukowska M, Mielczarek A, Grender JM, Qaqish J. A 4-week clinical comparison of a novel multi-directional power brush to a manual toothbrush in the reduction of gingivitis and plaque. *American journal of dentistry*. 2012;25 Spec No A(A):14a-20a.
25. Sharma NC, Qaqish J, Klukowska M, Grender J, Rooney J. The plaque removal efficacy of a novel power brush head. *The Journal of clinical dentistry*. 2011;22(1):19-22.
26. Aas JA, Paster BJ, Stokes LN, Olsen I, Dewhirst FE. Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. *Journal of clinical microbiology*. 2005;43(11):5721-32.
27. Marsh PD. Das mikrobielle Milieu der Mundhöhle und seine Bedeutung für die orale und die allgemeine Gesundheit. *PROPHYLAXE dialog*. 2008;1:4-7.
28. Leach SA, Critchley P, Kolendo AB, Saxton CA. Salivary glycoproteins as components of the enamel integuments. *Caries research*. 1967;1(2):104-11.
29. Mayhall CW. Concerning the composition and source of the acquired enamel pellicle of human teeth. *Archives of oral biology*. 1970;15(12):1327-41.
30. Meckel AH. The formation and properties of organic films on teeth. *Archives of oral biology*. 1965;10(4):585-98.
31. Passerini L, Lam K, Costerton JW, King EG. Biofilms on indwelling vascular catheters. *Critical care medicine*. 1992;20(5):665-73.
32. Nolden R. *Zahnerhaltungskunde*. Stuttgart: Thieme Verlag; 1994. 28-33 p.
33. Netuschil L. Die dentale Plaque - ein Paradebiofilm. *Plaque N Care*. 2006;2:6-8.
34. Crall JJ. Optimising oral health throughout childhood: the importance of caries risk assessment and strategic interventions. *International Dental Journal*. 2007;57:221-6.
35. Theilade E. The non-specific theory in microbial etiology of inflammatory periodontal diseases. *Journal of clinical periodontology*. 1986;13(10):905-11.
36. Loe H, Anerud A, Boysen H, Morrison E. Natural history of periodontal disease in man. Rapid, moderate and no loss of attachment in Sri Lankan laborers 14 to 46 years of age. *Journal of clinical periodontology*. 1986;13(5):431-45.
37. Slots J, Listgarten MA. *Bacteroides gingivalis*, *Bacteroides intermedius* and *Actinobacillus actinomycetemcomitans* in human periodontal diseases. *Journal of clinical periodontology*. 1988;15(2):85-93.
38. Slots J, Emrich LJ, Genco RJ, Rosling BG. Relationship between some subgingival bacteria and periodontal pocket depth and gain or loss of periodontal attachment after treatment of adult periodontitis. *Journal of clinical periodontology*. 1985;12(7):540-52.
39. Slots J. Microflora in the healthy gingival sulcus in man. *Scandinavian journal of dental research*. 1977;85(4):247-54.
40. Caton JG, Quinones CR. Etiology of periodontal diseases. *Current opinion in dentistry*. 1991;1(1):17-28.
41. Eke PI, Dye BA, Wei L, Thornton-Evans GO, Genco RJ. Prevalence of periodontitis in adults in the United States: 2009 and 2010. *Journal of dental research*. 2012;91(10):914-20.
42. Lang NP, Kiel RA, Anderhalden K. Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. *Journal of clinical periodontology*. 1983;10(6):563-78.
43. Marsh PD. Microbial ecology of dental plaque and its significance in health and disease. *Advances in dental research*. 1994;8(2):263-71.
44. Marsh PD. Contemporary perspective on plaque control. *British dental journal*. 2012;212(12):601-6.
45. Müller HP. *Checkliste Parodontologie*. Stuttgart: Thieme Verlag; 2001.
46. Bergstrom J, Persson L, Preber H. Influence of cigarette smoking on vascular reaction during experimental gingivitis. *Scandinavian journal of dental research*. 1988;96(1):34-9.
47. Saxe SR, Greene JC, Bohannon HM, Vermillion JR. Oral debris, calculus, and periodontal disease in the beagle dog. *Periodontics*. 1967;5(5):217-25.
48. Lang NP, Schatzle MA, Loe H. Gingivitis as a risk factor in periodontal disease. *Journal of clinical periodontology*. 2009;36 Suppl 10:3-8.

49. Ismail AI, Morrison EC, Burt BA, Caffesse RG, Kavanagh MT. Natural history of periodontal disease in adults: findings from the Tecumseh Periodontal Disease Study, 1959-87. *Journal of dental research*. 1990;69(2):430-5.
50. Jenkins WM, Papapanou PN. Epidemiology of periodontal disease in children and adolescents. *Periodontology 2000*. 2001;26:16-32.
51. Bradshaw DJ, McKee AS, Marsh PD. Effects of carbohydrate pulses and pH on population shifts within oral microbial communities *in vitro*. *Journal of dental research*. 1989;68(9):1298-302.
52. Bergholtz A, Gustafsson LB, Segerlund N, Hagberg C, Ostby N. Role of brushing technique and toothbrush design in plaque removal. *Scandinavian journal of dental research*. 1984;92(4):344-51.
53. Frandsen AM, Barbano JP, Suomi JD, Chang JJ, Burke AD. The effectiveness of the Charters', scrub and roll methods of toothbrushing by professionals in removing plaque. *Scandinavian journal of dental research*. 1970;78(6):459-63.
54. Joybell C, Krishnan R, Kumar S. Comparison of Two Brushing Methods- Fone's vs Modified Bass Method in Visually Impaired Children Using the Audio Tactile Performance (ATP) Technique. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(3):19-22.
55. Bass CC. An effective method of personal oral hygiene. *The Journal of the Louisiana State Medical Society : official organ of the Louisiana State Medical Society*. 1954;106(2):57-73; contd.
56. Bass CC. An effective method of personal oral hygiene; part II. *The Journal of the Louisiana State Medical Society : official organ of the Louisiana State Medical Society*. 1954;106(3):100-12.
57. Sander FM, Sander C, Völker K, Sander FG. Putzeffizienz verschiedener Zahnbürsten mit der Stillman- und der Schrubbertechnik. *zm-online*. 2006;12.
58. Fones AC. *Mouth hygiene; a text-book for dental hygienists*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1934.
59. Leonard HJ, Baker SC, Bell DG, Lyons H, Merritt AH, Mosher D, et al. In our option: Home technics for the care of the teeth. *Journal of periodontology*. 1949;20(1):27-38.
60. Roß-Daum C. Was Hänchen lernt... *zm Zahnärztliche Mitteilungen*. 2006;13:86.
61. Tezel A, Canakci V, Cicek Y, Demir T. Evaluation of gingival recession in left- and right-handed adults. *The International journal of neuroscience*. 2001;110(3-4):135-46.
62. Renton-Harper P, Addy M, Newcombe RG. Plaque removal with the uninstructed use of electric toothbrushes: comparison with a manual brush and toothpaste slurry. *Journal of clinical periodontology*. 2001;28(4):325-30.
63. Wie Sie Plaque entfernen und Zahnstein vermeiden <https://www.oralblendamed.de/de-de/oral-b-institut/plaque-und-zahnsteinentfernung/wie-sie-plaque-entfernen-und-zahnstein-vermeiden>: Procter & Gamble; 2017 [08.10.2017].
64. Rajapakse PS, McCracken GI, Gwynnett E, Steen ND, Guentsch A, Heasman PA. Does tooth brushing influence the development and progression of non-inflammatory gingival recession? A systematic review. *Journal of clinical periodontology*. 2007;34(12):1046-61.
65. Kassab MM, Cohen RE. The etiology and prevalence of gingival recession. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2003;134(2):220-5.
66. Batenhorst KF, Bowers GM, Williams JE, Jr. Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys. *Journal of periodontology*. 1974;45(9):660-8.
67. Reitan K. Some factors determining the evaluation of the forces in orthodontics. *Am J Orthodont*. 1957;43(1):32-45.
68. Hirschfeld I. A study of skulls in the American. *Museum of Natural History in relation to periodontal disease*. *J Dent Res*. 1923;5(4):241.
69. Nolden R. Der keilförmige Defekt - Ursachen und Therapie <http://www.dgzmk.de/zahnaerzte/wissenschaft-forschung/leitlinien/details/document/der-keilfoermige-defekt-ursachen-und-therapie.html>: DGZMK; 1985 [08.10.2017].
70. Ott RW, Neudert T, Raab WH, Boegershausen HM. [The influence of brushing methods on wedge-shaped defects]. *Deutsche Stomatologie (Berlin, Germany : 1990)*. 1991;41(12):463-5.

71. Ganss C, Schlueter N, Preiss S, Klimek J. Tooth brushing habits in uninstructed adults--frequency, technique, duration and force. *Clinical oral investigations*. 2009;13(2):203-8.
72. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Danser MM, Van der Velden U. Relationship between the plaque removal efficacy of a manual toothbrush and brushing force. *Journal of clinical periodontology*. 1998;25(5):413-6.
73. Graetz C, Plaumann A, Heinevetter N, Salzer S, Bielfeldt J, Dorfer CE. Bristle splaying and its effect on pre-existing gingival recession - a 12-month randomized controlled trial. *Clinical oral investigations*. 2017;21(6):1989-95.
74. Janusz K, Nelson B, Bartizek RD, Walters PA, Biesbrock AR. Impact of a novel power toothbrush with SmartGuide technology on brushing pressure and thoroughness. *The journal of contemporary dental practice*. 2008;9(7):1-8.
75. Fischman SL. The history of oral hygiene products: how far have we come in 6000 years? *Periodontology 2000*. 1997;15:7-14.
76. Bass CC. The optimum characteristics of toothbrushes for personal oral hygiene. *Dental items of interest*. 1948;70(7):697-718.
77. Claydon N, Leech K, Addy M, Newcombe RG, Ley F, Scratcher C. Comparison of a double-textured prototype manual toothbrush with 3 branded products. A professional brushing study. *Journal of clinical periodontology*. 2000;27(10):744-8.
78. Rugg-Gunn AJ, Macgregor ID. A survey of toothbrushing behaviour in children and young adults. *Journal of periodontal research*. 1978;13(4):382-9.
79. Lang NP, Cumming BR, Loe H. Toothbrushing frequency as it relates to plaque development and gingival health. *Journal of periodontology*. 1973;44(7):396-405.
80. Creeth JE, Gallagher A, Sowinski J, Bowman J, Barrett K, Lowe S, et al. The effect of brushing time and dentifrice on dental plaque removal in vivo. *Journal of dental hygiene : JDH*. 2009;83(3):111-6.
81. Koch C, Auschil IT, Arweiler N. Wann sollte eine Zahnbürste ausgewechselt werden? *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde*. 2007;29:150-8.
82. Zimmer S, Strauss J, Bizhang M, Krage T, Raab WH, Barthel C. Efficacy of the Cybersonic in comparison with the Braun 3D Excel and a manual toothbrush. *Journal of clinical periodontology*. 2005;32(4):360-3.
83. Elliott JR. A comparison of the effectiveness of a standard and an electric toothbrush *Journal of Periodontology*. 1963;34(4):375-9.
84. Boyd RL, Murray P, Robertson PB. Effect on periodontal status of rotary electric toothbrushes vs. manual toothbrushes during periodontal maintenance. I. Clinical results. *Journal of periodontology*. 1989;60(7):390-5.
85. Glavind L, Zeuner E. The effectiveness of a rotary electric toothbrush on oral cleanliness in adults. *Journal of clinical periodontology*. 1986;13(2):135-8.
86. Chilton NW, DiDio A, Rothner JT. Comparison of the clinical effectiveness of an electric and a standard toothbrush in normal individuals. *JADA*. 1962;64(6):777-82.
87. Boyd RL, Murray P, Robertson PB. Effect of rotary electric toothbrush versus manual toothbrush on periodontal status during orthodontic treatment. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1989;96(4):342-7.
88. Warren PR. The scientific evidence behind oscillating-rotating-pulsating brush technology http://www.dentalcare.com/media/en-US/research_db/pdf/OralB/OralBPowerClinicalCompendium2012.pdf 2012 [09.10.2017].
89. van der Weijden GA, Timmerman MF, Piscaer M, Ijzerman Y, van der Velden U. Oscillating/rotating electric toothbrushes compared: plaque removal and gingival abrasion. *Journal of clinical periodontology*. 2001;28(6):536-43.
90. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Piscaer M, Y IJ, Van der Velden U. Plaque removal by professional electric toothbrushing compared with professional polishing. *Journal of clinical periodontology*. 2004;31(10):903-7.
91. Rosema NA, Timmerman MF, Versteeg PA, van Palenstein Helderma WH, Van der Velden U, Van der Weijden GA. Comparison of the use of different modes of mechanical oral

- hygiene in prevention of plaque and gingivitis. *Journal of periodontology*. 2008;79(8):1386-94.
92. He T, Biesbrock AR, Walters PA, Bartizek RD. A comparative clinical study of the plaque removal efficacy of an oscillating/rotating power toothbrush and an ultrasonic toothbrush. *The Journal of clinical dentistry*. 2008;19(4):138-42.
93. Rosema NA, Timmerman MF, Piscoer M, Strate J, Warren PR, Van der Velden U, et al. An oscillating/pulsating electric toothbrush versus a high-frequency electric toothbrush in the treatment of gingivitis. *Journal of dentistry*. 2005;33 Suppl 1:29-36.
94. Sharma NC, Galustians J, Qaqish J, Cugini M. A comparison of two electric toothbrushes with respect to plaque removal and subject preference. *American journal of dentistry*. 1998;11(Spec No):S29-33.
95. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E, Snoek CM, Van der Velden U. Comparison of an oscillating/rotating electric toothbrush and a 'sonic' toothbrush in plaque-removing ability. A professional toothbrushing and supervised brushing study. *Journal of clinical periodontology*. 1996;23(4):407-11.
96. Milleman K, Putt M, Master A, Jenkins W, Souza S, Sturm D. Comparison of brushing compliance with Sonicare Xtreme e3000 Series versus a manual toothbrush in preteens and teens. *Brushing Duration of Manual Versus Sonic Toothbrushes in Preteens/Teens*. *Journal of dental research*. 2006;85 (Spec Iss B):1306.
97. Walters PA, Cugini M, Biesbrock AR, Warren PR. A novel oscillating-rotating power toothbrush with SmartGuide: designed for enhanced performance and compliance. *The journal of contemporary dental practice*. 2007;8(4):1-9.
98. Stalnacke K, Soderfeldt B, Sjodin B. Compliance in use of electric toothbrushes. *Acta odontologica Scandinavica*. 1995;53(1):17-9.
99. Warren PR, Ray TS, Cugini M, Chater BV. A practice-based study of a power toothbrush: assessment of effectiveness and acceptance. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2000;131(3):389-94.
100. Arab S, Nouhzadeh Malekshah S, Abouei Mehrizi E, Ebrahimi Khanghah A, Naseh R, Imani MM. Effect of fixed orthodontic treatment on salivary flow, pH and microbial count. *Journal of dentistry (Tehran, Iran)*. 2016;13(1):18-22.
101. Forsberg CM, Oliveby A, Lagerlof F. Salivary clearance of sugar before and after insertion of fixed orthodontic appliances. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1992;102(6):527-30.
102. Peros K, Mestrovic S, Anic-Milosevic S, Slaj M. Salivary microbial and nonmicrobial parameters in children with fixed orthodontic appliances. *The Angle orthodontist*. 2011;81(5):901-6.
103. Trombello L, Scabbia A, Griselli A, Zangari F, Calura G. Clinical evaluation of plaque removal by counterrotational electric toothbrush in orthodontic patients. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*. 1995;26(3):199-202.
104. Vanobbergen J, Martens L, Lesaffre E, Bogaerts K, Declerck D. Assessing risk indicators for dental caries in the primary dentition. *Community dentistry and oral epidemiology*. 2001;29(6):424-34.
105. Wei SH, Shi Y, Barmes DE. Needs and implementation of preventive dentistry in China. *Community dentistry and oral epidemiology*. 1986;14(1):19-23.
106. Durward CS, Wright FA. The dental health of Indo-Chinese and Australian-born adolescents. *Australian dental journal*. 1989;34(3):233-9.
107. Hugoson A, Koch G, Rylander H. Prevalence and distribution of gingivitis-periodontitis in children and adolescents. Epidemiological data as a base for risk group selection. *Swedish dental journal*. 1981;5(3):91-103.
108. Cancro LP, Fischman SL. The expected effect on oral health of dental plaque control through mechanical removal. *Periodontology 2000*. 1995;8:60-74.
109. Babey SH, Wolstein J, Goldstein H. Still bubbling over: California adolescents drinking more soda and other sugar-sweetened beverages
<http://healthpolicy.ucla.edu/publications/search/pages/detail.aspx?PubID=1228> UCLA Center for Health Policy Research and California Center for Public Health Advocacy; 2013 [14.10.2017].

110. Bourke E. Australians still eating too much sugar, teenagers particularly at risk, research shows <http://www.abc.net.au/news/2016-03-21/australian-sugar-intake-remains-high-research/7263200>: The World Today; 2016 [14.10.2017].
111. Broughton D, Fairchild RM, Morgan MZ. A survey of sports drinks consumption among adolescents. *British dental journal*. 2016;220(12):639-43.
112. McMurray C. Teens and Teeth: Most Brush, Few Floss <http://www.gallup.com/poll/13009/teens-teeth-most-brush-few-floss.aspx>: Gallup; 2004 [15.10.2017].
113. Macgregor ID, Balding JW, Regis D. Flossing behaviour in English adolescents. *Journal of clinical periodontology*. 1998;25(4):291-6.
114. Macgregor ID, Rugg-Gunn AJ. Toothbrushing duration in 60 uninstructed young adults. *Community dentistry and oral epidemiology*. 1985;13(3):121-2.
115. Smith A. U.S. Smartphone Use in 2015, Nearly two-thirds of Americans now own a smartphone. 19% of Americans rely to some extent on a smartphone for internet access, but the connections to digital resources that they offer are tenuous for many of these users <http://www.pewinternet.org/2015/04/01/us-smartphone-use-in-2015/>: Pew Research Center; 2015 [16.10.2017].
116. Lenhart A. Teens, Social media & Technology Overview 2015, Smartphones facilitate shifts in communication landscape for teens <http://www.pewinternet.org/2015/04/09/a-majority-of-american-teens-report-access-to-a-computer-game-console-smartphone-and-a-tablet/>: Pew Research Center; 2015 [16.10.2017].
117. Poushter J. Smartphone ownership and internet usage continues to climb in emerging economies <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-and-internet-usage-continues-to-climb-in-emerging-economies/>: Pew Research Center; 2016 [16.10.2017].
118. Jahns R. 500m people will be using healthcare mobile applications in 2015 <https://research2guidance.com/500m-people-will-be-using-healthcare-mobile-applications-in-2015-2/>: Research 2 Guidance; 2010 [16.10.2017].
119. Blake H. Innovation in practice: mobile phone technology in patient care. *British journal of community nursing*. 2008;13(4):160, 2-5.
120. P&G. Kronberg, Deutschland 2017.
121. Turesky S, Gilmore ND, Glickman I. Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamin C. *Journal of periodontology*. 1970;41(1):41-3.
122. Quigley GA, Hein JW. Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 1962;65:26-9.
123. Kossack C, Jost-Brinkmann PG. 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 = Fortschritte der Kieferorthopädie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie*. 2005;66(1):20-38.
124. Chilton NW, Fleiss JL. Design and analysis of plaque and gingivitis clinical trials. *Journal of clinical periodontology*. 1986;13(5):400-10.
125. Bortz J. *Statistik für Sozialwissenschaftler*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1999.
126. Van der Weijden GA. Models for assessing powered toothbrushes. *Advances in dental research*. 2002;16(1):17-20; discussion 1.
127. Höfer M. Kariesprophylaxe mit der App <https://www.zm-online.de/archiv/2017/12/zahnmedizin/kariesprophylaxe-mit-der-app/seite/alle/>: zm online; 2017 [23.03.2018].
128. Robertson PB, Armitage GA, Buchanan SA, Targat EV. The design of trials to test the efficacy of plaque control agents for periodontal diseases in humans. *Journal of Dental Research*. 1989;68:1667-71.
129. Niemi ML. Gingival abrasion and plaque removal after toothbrushing with an electric and a manual toothbrush. *Acta odontologica Scandinavica*. 1987;45(5):367-70.
130. Sharma NC, Galustians J, McCool JJ, Rustogi KN, Volpe AR. The clinical effects on plaque and gingivitis over three-month's use of four complex-design manual toothbrushes. *The Journal of clinical dentistry*. 1994;5(4):114-8.
131. ADA. Acceptance Program Guidelines Toothbrushes. Council of Scientific Affairs. 1998.

132. van der Weijden GA, Danser MM, Nijboer A, Timmerman MF, van der Velden U. The plaque-removing efficacy of an oscillating/rotating toothbrush. A short-term study. *Journal of clinical periodontology*. 1993;20(4):273-8.
133. Khocht A, Spindel L, Person P. A comparative clinical study of the safety and efficacy of three toothbrushes. *Journal of periodontology*. 1992;63(7):603-10.
134. Heintze SD, Jost-Brinkmann PG, Loundos J. Effectiveness of three different types of electric toothbrushes compared with a manual technique in orthodontic patients. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1996;110(6):630-8.
135. Ainamo J, Xie Q, Ainamo A, Kallio P. Assessment of the effect of an oscillating/rotating electric toothbrush on oral health. A 12-month longitudinal study. *Journal of clinical periodontology*. 1997;24(1):28-33.
136. Danser MM, Timmerman MF, Y IJ, van der Velden U, Warren PR, van der Weijden FA. A comparison of electric toothbrushes in their potential to cause gingival abrasion of oral soft tissues. *American journal of dentistry*. 1998;11(Spec No):S35-9.
137. Procter&Gamble. blend-a-med Classic Zahnpasta <https://www.oralblendamed.de/de-de/produkte/blend-a-med-classic-original-zahnpasta2017> [15.01.2018].
138. Russell AL. A system of classification and scoring for prevalence surveys of periodontal disease. *Journal of dental research*. 1956;35(3):350-9.
139. Greene JC, Vermillion JR. The simplified oral hygiene index. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 1964;68:7-13.
140. Geurtsen W, Hellwig E, Klimek J. S2k-Leitlinie (Langversion) Kariesprophylaxe bei bleibenden Zähnen – grundlegende Empfehlungen <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-021.html>: AWMF online; 2016 [22.01.2018].
141. Di Murro C, Paolantonio M, Gerboni G, De Leonardis D. [The reliability of different groups of sample teeth in assessing the status of periodontal disease in epidemiological studies]. *Minerva stomatologica*. 1990;39(2):123-7.
142. Renton-Harper P, Addy M, Warren P, Newcombe RG. Comparison of video and written instructions for plaque removal by an oscillating/rotating/reciprocating electric toothbrush. *Journal of clinical periodontology*. 1999;26(11):752-6.
143. Waerhaug J. Effect of toothbrushing on subgingival plaque formation. *Journal of periodontology*. 1981;52(1):30-4.
144. Gibson JA, Wade AB. Plaque removal by the Bass and Roll brushing techniques. *Journal of periodontology*. 1977;48(8):456-9.
145. Harnacke D, Stein K, Stein P, Margraf-Stiksrud J, Deinzer R. Training in different brushing techniques in relation to efficacy of oral hygiene in young adults: a randomized controlled trial. *Journal of clinical periodontology*. 2016;43(1):46-52.
146. Harnacke D, Beldoch M, Bohn GH, Seghaoui O, Hegel N, Deinzer R. Oral and written instruction of oral hygiene: a randomized trial. *Journal of periodontology*. 2012;83(10):1206-12.
147. Deinzer R, Schmidt R, Harnacke D, Meyle J, Ziebolz D, Hoffmann T, et al. Finding an upper limit of what might be achievable by patients: oral cleanliness in dental professionals after self-performed manual oral hygiene. *Clinical oral investigations*. 2018;22(2):839-46.
148. Deinzer R, Granrath N, Spahl M, Linz S, Waschul B, Herforth A. Stress, oral health behaviour and clinical outcome. *British journal of health psychology*. 2005;10(Pt 2):269-83.
149. ADA. Oral health topics toothbrushes <https://www.ada.org/en/member-center/oral-health-topics/toothbrushes>: Center for Scientific Information, ADA Science Institute; 2017 [23.03.2018].
150. Van der Weijden FA, Timmerman MF, Snoek IM, Reijerse E, Van der Velden U. Toothbrushing duration and plaque removing efficacy of electric toothbrushes. *American journal of dentistry*. 1996;9 Spec No:S31-6.
151. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Nijboer A, Lie MA, Van der Velden U. A comparative study of electric toothbrushes for the effectiveness of plaque removal in relation to toothbrushing duration. *Timerstudy*. *Journal of clinical periodontology*. 1993;20(7):476-81.
152. Honkala E, Nyysönen V, Knuutila M, Markkanen H. Effectiveness of children's habitual toothbrushing. *Journal of clinical periodontology*. 1986;13(1):81-5.

153. Huber B, Rüeger K, Hefti A. Der Einfluß der Zahnreinigungsdauer auf die Plaquereduktion. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* (1985). 1985;94:572-9.
154. Schmalz G, Kiehl K, Schmickler J, Rinke S, Schmidt J, Krause F, et al. No difference between manual and different power toothbrushes with and without specific instructions in young, oral healthy adults-results of a randomized clinical trial. *Clinical oral investigations*. 2017.
155. Jongenelis AP, Wiedemann W. A comparison of plaque removal effectiveness of an electric versus a manual toothbrush in children. *ASDC journal of dentistry for children*. 1997;64(3):176-82, 65.
156. Nyssonen V, Honkala E. Toothbrushing frequency in 4 consecutive studies of Finnish adolescents. *Journal of clinical periodontology*. 1984;11(10):682-8.
157. Glavind L, Zeuner E. Evaluation of a television-tape demonstration for the reinforcement of oral hygiene instruction. *Journal of clinical periodontology*. 1986;13(3):201-4.
158. Colaizzi LR, Tomar SL, Urdegar SM, Kass SH. Does the Structure of Dental Hygiene Instruction Impact Plaque Control in Primary School Students? *Journal of dental hygiene : JDH*. 2015;89(3):180-9.
159. Kielbassa AM, Reister JP. Zur Frage der Indikation elektrischer Zahnbürsten im Kindesalter. *Oralprophylaxe* 2001;23:2.
160. Holt RD, Murray JJ. Developments in fluoride toothpastes--an overview. *Community dental health*. 1997;14(1):4-10.
161. Sjogren K, Lundberg AB, Birkhed D, Dudgeon DJ, Johnson MR. Interproximal plaque mass and fluoride retention after brushing and flossing - a comparative study of powered toothbrushing, manual toothbrushing and flossing. *Oral health & preventive dentistry*. 2004;2(2):119-24.
162. Warren PR, Chater B. The role of the electric toothbrush in the control of plaque and gingivitis: a review of 5 years clinical experience with the Braun Oral-B Plaque Remover [D7]. *American journal of dentistry*. 1996;9 Spec No:S5-11.
163. Deacon SA, Glenny AM, Deery C, Robinson PG, Heanue M, Walmsley AD, et al. Different powered toothbrushes for plaque control and gingival health. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2010(12):Cd004971.
164. Heanue M, Deacon SA, Deery C, Robinson PG, Walmsley AD, Worthington HV, et al. Manual versus powered toothbrushing for oral health. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2003(1):Cd002281.
165. Klukowska M, Grender JM, Goyal CR, Mandl C, Biesbrock AR. 12-week clinical evaluation of a rotation/oscillation power toothbrush versus a new sonic power toothbrush in reducing gingivitis and plaque. *American journal of dentistry*. 2012;25(5):287-92.
166. Klukowska M, Grender JM, Goyal CR, Qaqish J, Biesbrock AR. 8-week evaluation of anti-plaque and anti-gingivitis benefits of a unique multi-directional power toothbrush versus a sonic control toothbrush. *American journal of dentistry*. 2012;25 Spec No A(A):27a-32a.
167. Klukowska M, Grender JM, Conde E, Goyal CR. A 12-week clinical comparison of an oscillating-rotating power brush versus a marketed sonic brush with self-adjusting technology in reducing plaque and gingivitis. *The Journal of clinical dentistry*. 2013;24(2):55-61.
168. Klukowska M, Grender JM, Conde E, Ccahuana-Vasquez RA, Goyal CR. A randomized 12-week clinical comparison of an oscillating-rotating toothbrush to a new sonic brush in the reduction of gingivitis and plaque. *The Journal of clinical dentistry*. 2014;25(2):26-31.
169. Klukowska M, Grender JM, Conde E, Goyal CR, Qaqish J. A six-week clinical evaluation of the plaque and gingivitis efficacy of an oscillating-rotating power toothbrush with a novel brush head utilizing angled CrissCross bristles *versus* a sonic toothbrush. *The Journal of clinical dentistry*. 2014;25(2):6-12.
170. Erbe C, Klukowska M, Tsaknaki I, Timm H, Grender J, Wehrbein H. Efficacy of 3 toothbrush treatments on plaque removal in orthodontic patients assessed with digital plaque imaging: a randomized controlled trial. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2013;143(6):760-6.

171. Schatzle M, Sener B, Schmidlin PR, Imfeld T, Attin T. In vitro tooth cleaning efficacy of electric toothbrushes around brackets. *European journal of orthodontics*. 2010;32(5):481-9.
172. Sander FM, Sander C, Toth M, Sander FG. Dental care during orthodontic treatment with electric toothbrushes. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*. 2006;67(5):337-45.
173. Silvestrini Biavati A, Gastaldo L, Dessi M, Silvestrini Biavati F, Migliorati M. Manual orthodontic vs. oscillating-rotating electric toothbrush in orthodontic patients: a randomised clinical trial. *European journal of paediatric dentistry : official journal of European Academy of Paediatric Dentistry*. 2010;11(4):200-2.
174. Ousehal L, Lazrak L, Es-Said R, Hamdoune H, Elquars F, Khadija A. Evaluation of dental plaque control in patients wearing fixed orthodontic appliances: a clinical study. *International orthodontics*. 2011;9(1):140-55.
175. Costa MR, da Silva VC, Miqui MN, Colombo AP, Cirelli JA. Effects of ultrasonic, electric, and manual toothbrushes on subgingival plaque composition in orthodontically banded molars. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2010;137(2):229-35.
176. Claydon N, Addy M, Scratcher C, Ley F, Newcombe R. Comparative professional plaque removal study using 8 branded toothbrushes. *Journal of clinical periodontology*. 2002;29(4):310-6.
177. Hellstadius K, Asman B, Gustafsson A. Improved maintenance of plaque control by electrical toothbrushing in periodontitis patients with low compliance. *Journal of clinical periodontology*. 1993;20(4):235-7.
178. Saxer UP, Barbakow J, Yankell SL. New studies on estimated and actual toothbrushing times and dentifrice use. *The Journal of clinical dentistry*. 1998;9(2):49-51.
179. Rosa M, Sturzenberger OP. Clinical reduction of gingivitis through the use of a mouthwash containing two quaternary ammonium compounds. *Journal of periodontology*. 1976;47(9):535-7.
180. van der Weijden FA, Timmerman MF, Piscaer M, Y IJ, Warren PR, van der Velden U. A comparison of the efficacy of a novel electric toothbrush and a manual toothbrush in the treatment of gingivitis. *American journal of dentistry*. 1998;11(Spec No):S23-8.
181. Wölber JP. Können Seroius Games die Oralprophylaxe unterstützen? *zm Zahnärztliche Mitteilungen*. 2017;107(20):26-8.
182. Muhler JC. Comparative frequency of use of the electric toothbrush and hand toothbrush. *Journal of periodontology*. 1969;40(5):268-70.
183. Kasmaei P, Amin Shokravi F, Hidarnia A, Hajizadeh E, Atrkar-Roushan Z, Karimzadeh Shirazi K, et al. Brushing behavior among young adolescents: does perceived severity matter. *BMC public health*. 2014;14:8.
184. Haffajee AD, Socransky SS, Lindhe J, Kent RL, Okamoto H, Yoneyama T. Clinical risk indicators for periodontal attachment loss. *Journal of clinical periodontology*. 1991;18(2):117-25.

8. Anhang

Anhang 1: Anleitung Handzahnbürste

Studienanweisungen

Oral-B® Indicator soft Handzahnbürste

Du hast heute ein Studienset erhalten, das Deine zugewiesene Zahnbürste und Zahnpasta enthält. Bitte benutze ab heute für die Dauer der Behandlungsphase (6 Wochen) ausschließlich diese Produkte statt Deiner normalen Mundpflegeprodukte. Bitte befolge die unten stehenden Anweisungen.

Die Benutzung der Testprodukte ist nur für Dich und nicht für andere Mitglieder zu Hause vorgesehen. Bitte bringe alle Testprodukte am Ende der Studie wieder mit zurück in die Klinik.

Putzanleitung:

- Befeuchte den Bürstenkopf, bevor Du Zahnpasta aufträgst.
- Putze Deine Zähne für 2 Minuten mit der Zahnbürste und Zahnpasta so wie Du es normalerweise tust.
- Nach Erreichen der empfohlenen 2-minütigen Putzzeit putze weitere 10 Sekunden in jedem von der Zahnärztin identifizierten Problembereich.
- Spüle Deinen Mund nach dem Zähneputzen mit Wasser aus.
- Putze Deine Zähne zweimal täglich (morgens und abends), verwende dafür NUR die Dir zugewiesenen Produkte.

Vor Deinen nächsten Studienterminen denke bitte an Folgendes:

- **Putze am Morgen Deines Termins nicht später als 8:00 Uhr Deine Zähne;**
- **2 Stunden vor dem Termin nicht mehr essen, trinken oder Kaugummi kauen; (kleine Mengen Wasser sind bis 45 Minuten vor dem Termin erlaubt).**

Bitte bringe zu Deinem nächsten Termin alle Testprodukte mit in die Klinik!

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Im unwahrscheinlichen Fall eines Notfalls rufe bitte gemeinsam mit Deinen Eltern während der Geschäftszeiten die Nummer 06131-173030 oder 0174-1665191 an. Außerhalb der Geschäftszeiten rufe bitte die generelle Notfallnummer 112 an.

Anhang 2: Anleitung elektrische Zahnbürste

Studienanweisungen

Elektrische Zahnbürste von Oral-B® mit Smartphone App

Du hast heute ein Studienset erhalten, das Deine zugewiesene Zahnbürste, Zahnpasta und die Smartphone App enthält. Bitte benutze ab heute für die Dauer der Behandlungsphase (6 Wochen) nur diese Produkte statt Deiner normalen Mundpflegeprodukte. Bitte befolge die unten stehenden Anweisungen.

Die Testprodukte sind nur für Deine Verwendung und nicht für andere Familienmitglieder vorgesehen. Bitte bringe alle Testprodukte am Ende der Studie wieder mit zurück in die Klinik.

Putzanleitung:

- Positioniere Dein Smartphone in unmittelbarer Nähe, so dass Du das Display während des Zähneputzens gut sehen kannst. Sobald Du die Zahnbürste von der Ladestation nimmst oder einen beliebigen Knopf drückst, verbindet sich die Zahnbürste mit der Smartphone App. Bitte befolge die App-Anleitung, während Du Dir deine Zähne putzt.
- Befeuchte den Bürstenkopf mit Wasser und bedecke die Borsten des Bürstenkopfs mit Zahnpasta.
- Verschlucke keine Zahnpasta während des Zähneputzens.
- Um ein Verspritzen der Zahnpasta zu vermeiden, führe die Bürste an die Zähne, bevor Du das Gerät einschaltest.
- Führe nun die Zahnbürste langsam von Zahn zu Zahn und halte den Bürstenkopf für einige Sekunden auf der Zahnoberfläche, bevor Du zum nächsten Zahn übergehst.
- Putze das Zahnfleisch ebenso wie die Zähne; zuerst die Außenseiten, dann die Innenseiten und zuletzt die Kauflächen. Vergiss nicht, dass es sehr wichtig ist ober- und unterhalb der Brackets zu putzen!
- Drücke nicht zu fest auf, überlasse der Zahnbürste das Putzen.
- Ein kurzes, stotterndes Geräusch der Zahnbürste und das Display der Smartphone App erinnert Dich in 30-Sekunden-Intervallen, alle vier Kieferquadranten gleich lang zu putzen.
- Ein längeres, stotterndes Geräusch der Zahnbürste und das Display der Smartphone App zeigt Dir das Erreichen der 2-minütigen Putzzeit an.
- Abhängig von Deinen persönlichen Bedürfnissen, zeigt Dir das Display der Smartphone App an, in welchen von Deiner Zahnärztin identifizierten Problembereichen Du jeweils zusätzlich 10 Sekunden putzen sollst.

- Spüle den Mund nach dem Zähneputzen mit Wasser aus.
- Spüle die Aufsteckbürste nach jedem Gebrauch bei eingeschaltetem Handstück gründlich unter fließendem Wasser für einige Sekunden ab.
- Schalte das Handstück aus und entferne die Aufsteckbürste. Spüle beide Teile separat unter fließendem Wasser und trockne diese dann ab.
- **Putze Deine Zähne zweimal täglich (morgens und abends), verwende dafür NUR die Dir zugewiesenen Produkte.**

Vor Deinen nächsten Studienterminen denke bitte an Folgendes:

- **Putze am Morgen Deines Termins nicht später als 8:00 Uhr Deine Zähne;**
- **2 Stunden vor Deinem Studientermin darfst Du nicht mehr essen, trinken (Ausnahmen: kleine Mengen Wasser sind bis 45 min vorher erlaubt) oder Kaugummi kauen.**

Bitte bringe zu Deinem nächsten Termin die gesamten Testprodukte und Dein Handy mit in die Klinik!

Im unwahrscheinlichen Fall eines Notfalls rufe bitte gemeinsam mit deinen Eltern während der Geschäftszeiten die Nummer 06131-173030 oder 0174-1665191. Außerhalb der Geschäftszeiten rufe bitte die generelle Notfallnummer 112 an.

Bitte beachte: Das Handstück ist bereits aufgeladen. Stecke den Stecker der Ladestation in eine Steckdose. Stelle das Handstück auf die Ladestation. **Bitte bewahre das Handstück stets auf der Ladestation auf, um es während der gesamten Studiendauer in vollgeladenem Zustand zu halten.**

Beachte außerdem: Wenn Du noch niemals zuvor eine elektrische Zahnbürste benutzt hast, kann es sein, dass Dein Zahnfleisch zu Beginn etwas empfindlich reagiert. Diese Empfindlichkeit sollte nach den ersten Anwendungen merklich nachlassen.

Achte darauf, dass Dein Smartphone sicher im Badezimmer während des Zähneputzens an einem trockenen Platz positioniert ist.

Wichtig

- Prüfe gelegentlich, ob das Netzkabel Schädstellen aufweist. Eine beschädigte oder defekte Ladestation darf nicht mehr benutzt werden. Bringe die Ladestation in diesem Fall umgehend in die Klinik.
- Das Gerät ist für Kinder unter 3 Jahren nicht geeignet.
- Kinder und Personen mit eingeschränkten physischen, sensorischen oder geistigen Fähigkeiten dürfen dieses Gerät nicht benutzen, es sei denn, sie werden durch eine für ihre Sicherheit zuständige Person beaufsichtigt. Grundsätzlich raten wir, das Gerät außerhalb der Reichweite von Kindern aufzubewahren.
- Kinder sollten beaufsichtigt werden, um sicherzustellen, dass sie nicht mit dem Gerät spielen.
- Falls das Gerät fallen gelassen wurde, solltest Du die Aufsteckbürste vor dem nächsten Gebrauch wechseln, auch wenn kein sichtbarer Schaden zu erkennen ist.
- Platziere die Ladestation so, dass sie nicht ins Wasser fallen kann.
- Halte die Ladestation von Wasser oder sonstigen Flüssigkeiten fern.
- Berühre die Ladestation nicht, wenn sie ins Wasser gefallen ist. Ziehe sofort den Stecker.
- Nehme keine Veränderungen am Gerät vor. Es kann sonst Brand-, Stromschlag- und Verletzungsgefahr bestehen.
- Öffne das Gerät nicht.
- Stecke niemals Kleinteile in irgendwelche Öffnungen des Gerätes und der Ladestation.
- Berühre den Stecker nicht mit feuchten Händen. Es besteht sonst Stromschlaggefahr.
- Ziehe den Stecker nie am Kabel aus der Steckdose.
- Nutze dieses Produkt nur wie in dieser Gebrauchsanweisung beschrieben. Nutze keine Zubehörteile, die nicht durch den Hersteller empfohlen worden sind.
- Verwende das Gerät nicht mehr, sollte es beschädigt sein oder nicht mehr ordnungsgemäß funktionieren. Kontaktiere bitte umgehend das Klinikpersonal (06131-173030 oder 0174-1665191), so dass Dir ein Ersatzgerät zur Verfügung gestellt werden kann.

Vielen Dank für Deine Teilnahme an der Studie!

Im unwahrscheinlichen Fall eines Notfalls rufe bitte gemeinsam mit Deinen Eltern während der Geschäftszeiten die Nummer 06131-173030 oder 0174-1665191. Außerhalb der Geschäftszeiten rufe bitte die generelle Notfallnummer 112 an.

Anhang 3: Fragebögen zur Motivation bezüglich der Zahnpflege

A) Fragebogen vor der Benutzung der Produkte

Bitte lies dir die Fragen gut durch und kreuze jeweils die Aussage oder Antwort an, die am besten bei dir zutrifft! *Bitte immer nur eine Aussage/Antwort pro Frage auswählen:*

Frage A1: Wie **oft** putzt du **2x täglich** deine Zähne?

- Immer []
- Sehr oft []
- Oft..... []
- Nicht sehr oft..... []
- Nie []

Frage A2: Wie **oft** putzt du deine Zähne jeweils für **mindestens 2 Minuten**?

- Immer []
- Sehr oft []
- Oft..... []
- Nicht sehr oft..... []
- Nie []

Frage A3: Wie **motiviert** bist du deine Zähne 2x täglich zu putzen?

- Sehr motiviert..... []
- Eigentlich ganz motiviert []
- Einigermaßen motiviert..... []
- Nicht sehr motiviert []
- Überhaupt nicht motiviert []

Frage A4: Wie **motiviert** bist du, deine Zähne jeweils immer für mindestens 2 Minuten zu putzen?

- Sehr motiviert..... []
- Eigentlich ganz motiviert []
- Einigermaßen motiviert..... []
- Nicht sehr motiviert []
- Überhaupt nicht motiviert []

Frage A5: Wie **zufrieden** bist du mit dem, was du momentan für deine Zähne und Mundpflege tust?

- Ich bin damit sehr zufrieden []
- Ich bin damit eigentlich ganz zufrieden []
- Ich bin damit einigermaßen zufrieden []
- Ich bin damit nicht sehr zufrieden..... []
- Ich bin damit überhaupt nicht zufrieden []

B) Fragebogen nach der Benutzung

Bitte lies dir die Fragen gut durch und kreuze jeweils die Aussage oder Antwort an, die am besten bei dir zutrifft! *Bitte immer nur eine Aussage/Antwort pro Frage auswählen:*

Frage B1: Wie motiviert warst du, deine Zähne **2x täglich zu putzen**, wenn du die Oral B App dabei verwenden konntest?

- Sehr motiviert..... []
- Eigentlich ganz motiviert..... []
- Einigermaßen motiviert..... []
- Nicht sehr motiviert []
- Überhaupt nicht motiviert []

Frage B2: Wie motiviert warst du, deine Zähne jeweils **mehr als 2 Minuten** zu putzen, wenn du die Oral B App dabei verwenden konntest?

- Sehr motiviert..... []
- Eigentlich ganz motiviert..... []
- Einigermaßen motiviert..... []
- Nicht sehr motiviert []
- Überhaupt nicht motiviert []

Frage B3: Wie sehr hat die Oral B App dir bei deiner Zahnpflege geholfen?

- Hat mir sehr dabei geholfen []
- Hat mir ganz gut dabei geholfen []
- Hat mir einigermaßen dabei geholfen []
- Hat mir nicht dabei geholfen..... []
- Hat mir gar nicht dabei geholfen..... []

Frage B4: Bitte kreuze in der folgenden Tabelle an, inwiefern du den Aussagen zustimmst oder nicht!

Bitte immer nur eine Antwort pro Aussage auswählen

AUSSAGEN	Ich stimme voll und ganz zu	Ich stimme zu	Weder noch	Ich stimme nicht zu	Ich stimme absolut nicht zu
Die Oral B App motiviert mich zum häufigeren Zähneputzen					
Die Oral B App motiviert mich dazu, länger zu putzen					
Mit der Oral B App wird Zähneputzen und die Zahnpflege insgesamt viel einfacher					
Mit Hilfe der Oral B App hat man das Gefühl, dass die Zeit viel schneller vergeht beim Zähneputzen					
Mit Hilfe der Oral B App glaube ich, dass ich mehr für meine Zähne und Mundpflege tun kann					
Mit der Oral B App macht Zähneputzen mehr Spaß					
Ich werde die Oral B App vermissen, wenn ich sie nicht mehr verwenden kann					

Wir möchten uns für deine Teilnahme ganz herzlich bei dir bedanken.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt all denen, die stets an mich geglaubt haben und mir zu jeder Tages- und Nachtzeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Tabellarischer Lebenslauf